

Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Hastane Yolculuklarının Yanlı ve Sağlam Regresyon  
Teknikleriyle Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

Çağdaş Kara

**DOKTORA TEZİ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2019

Development of Estimation Models of Hospital Travels with Biased and Robust  
Regression Techniques in Urban Transportation Planning

Çağdaş Kara

**DOCTORAL DISSERTATION**

Department of Civil Engineering

April 2019

Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Hastane Yolculuklarının Yanlı ve Sağlam Regresyon  
Teknikleriyle Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi

Çağdaş Kara

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

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şafak Bilgiç

“Bu Tez, ESOGÜ BAP tarafından 2017-1565 No’lu proje çerçevesinde desteklenmiştir.”

Nisan 2019

## ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Çağdaş KARA'nın DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Hastane Yolculuklarının Yanlı ve Sağlam Regresyon Teknikleriyle Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

**Danışman :** Dr. Öğr. Üyesi Şafak BİLGİÇ

**Doktora Tez Savunma Jürisi:**

**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi Şafak BİLGİÇ

**Üye :** Doç. Dr. Murat KARACASU

**Üye :** Doç. Dr. Arzu ALTIN YAVUZ

**Üye :** Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN

**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi Polat YALINIZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Dr. Öğr. Üyesi Şafak BİLGİÇ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Hastane Yolculuklarının Yanlı ve Sağlam Regresyon Teknikleriyle Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi” başlıklı DOKTORA 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, kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.

Tez kapsamında yürütülen hastanelerde yapılan tüm anketler görüşmeleri için, ESOĞÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’ndan, (050.99-E.53150 Sayı No’lu karar) ve Eskişehir İl sağlık Müdürlüğü’nden (28345694-604.12 Sayı No’lu komisyon kararı) gerekli izinler alınmıştır. 09/04/2019

Çağdaş Kara

İmza

## ÖZET

Bu çalışmada, giderek artan hastane hizmeti gereksinimleriyle oldukça önemli hale gelen hastane yolculuklarının, farklı bir yolculuk amacı olarak yolculuk üretim ve çekim modellerine kazandırılması ve klasik yöntemlerden daha tutarlı sonuçlar veren yöntemlerle, bireylerin gelecekteki hastane yolculuğu davranışlarına ışık tutacak analizlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada ev tabanlı hastane yolculukları için yolculuk üretim ve çekim modellerinde, hastanelerden alınan veriler ve 2001 yılına ait hane halkı anket verileri (HAV) eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Verilerin geçerliliği, tahminlerin karşılaştırılması ve test edilmesi için, 2015 HAV, hastanelerden alınan hasta kayıt verileri ve 2018 yılında proje kapsamında hastanelerde yapılan anketlere ait veriler kullanılmıştır.

Verilerde aykırı değerlerin ve çoklu doğrusal bağlantı (ÇDB) probleminin olması nedeniyle etkinliği azalan En Küçük Kareler (EKK) tekniği ve buna alternatif olabilecek Ridge Regresyonu (RR), En Küçük Budanmış Kareler (EKBK) ve En Küçük Budanmış Kareler Ridge (EKBK-Ridge) teknikleri ev tabanlı hastane yolculukları üretim modelleri için kullanılmıştır. Çekim modelinde ise EKK tekniği kullanılmıştır. Çalışmada, gelecek tahminlerinde yardımcı olacak bir hastane talebi katsayısı (HTK) geliştirilmiştir. 2001 HAV ve HTK ile kurulan tahmin modellerinin kestirim başarıları, zonların 2015 yılı üretim tahmin değerleri yardımıyla, Hata Kareler Ortalaması (HKO) bakımından karşılaştırılmıştır. Üretim modellerinde en tutarlı ve başarılı sonuçlar EKBK-Ridge, en tutarsız sonuçlar ise EKK kestiriminden elde edilmiştir. Üretim için EKBK-Ridge, çekim için EKK teknikleri ile 2035 yılına kadar ev tabanlı hastane yolculukları için tahmin değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada geliştirilen HTK projeksiyonunun, gelecek tahminlerinde yardımcı parametre olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür. Ayrıca bu çalışmada, ulaştırma planlamasında doğru değişkenlerin ve yöntemlerin belirlenmesi ile arada uzun zaman dilimleri olmasına rağmen gelecek tahminlerinde daha etkin kestirimlerin yapılabileceği ispatlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ulaştırma planlaması, hastane yolculukları, yolculuk üretimi ve çekimi, aykırı değer, çoklu doğrusal bağlantı

## SUMMARY

In this study, it is aimed to evaluate hospital trips, which is increasing with each passing day and has become increasingly important as a disaggregated trip production-attraction model, and to put forth analyzes which will provide an insight into the future hospital behaviors of individuals. In the study, Eskişehir City Master Plan 2001 (EUAP) household survey data (HAV) were used as training data for home-based hospital trips' production-attraction models. 2015 EUAP data, patient record system data from hospitals and 2018 survey data were used for data validity and comparison (testing).

When multicollinearity (ÇDB) occurs or outliers exist in the data set, effective prediction capability of the Least Square estimator (EKK) decreases. EKK estimator, Ridge Regression (RR), Least Trimmed Squares (EKBK) and Ridge-Least Trimmed Squares (EKBK-Ridge) estimators have been used for home-based hospital trip production models. EKK estimator is used in the attraction model. In the study, a hospital mobility coefficient (HTK) projection was developed to assist the production and attraction model estimators in the future estimates. The prediction results of the models established with 2001 HAV were compared with 2015 HAV in terms of Mean Square Error (HKO). The most consistent and effective results in the production models were obtained with EKBK-Ridge estimator. The most inconsistent results were obtained from the EKK model. Future production and attraction values related the zones for home-based hospital trips estimated until 2035 with EKBK-Ridge estimator.

It is possible to say that HTK developed in this study can easily be used as a supportive parameter in future estimations. In addition, it is proved that more accurate predictions can be obtained in future estimations from a transportation planning perspective when correct variables and methods selected, even though the longer time spans were chosen.

**Keywords:** Transportation planning, hospital trip, trip production and attraction, outliers, multicollinearity

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım ve derslerimde beni yönlendirerek, her türlü olanağı sağlayan birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan doktora tez danışmanım ve çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Şafak BİLGİÇ'e, çalışmalarım süresince bilimsel yardım ve katkılarını esirgemeyerek sabırla destek olan değerli hocam Doç Dr. Arzu ALTIN YAVUZ'a, ihtiyacım olduğunda yorumlarını, vaktini ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. H. Onur TEZCAN'a, tez izleme komitesinde yorumlarıyla çalışmamı yönlendiren kıymetli hocalarım Doç Dr. Murat KARACASU ve Dr. Öğr. Üyesi Polat YALINIZ'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren, tüm eğitim hayatım ve çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında küçük veya büyük yardımını esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

Tez çalışmamı 2017-1565 numaralı proje kapsamında destekleyen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Komisyonu'na teşekkürlerimi sunarım.

Arş. Gör. Çağdaş Kara



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>viii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. YÖNTEM</b> .....	<b>11</b>
3.1. Ulaştırma Planlaması .....	11
3.2. Ulaştırma (Ulaşım) Ana Planı .....	12
3.3. Dört Aşamalı Ulaştırma Modeli.....	16
3.3.1. Yolculuk üretimi .....	16
3.3.2. Yolculuk dağıtımını .....	17
3.3.3. Türel ayırım .....	18
3.3.4. Trafik ataması .....	21
3.4. Ulaştırma Planlamasında Kullanılabilecek Parametre Kestirim Teknikleri.....	23
3.4.1. En küçük kareler tahmincisi.....	23
3.4.1.1. <u>Doğrusal regresyon analizi</u> .....	25
3.4.1.2. <u>ÇDR modelinde parametre kestirimleri için uygunluk kontrolü</u> .....	26
3.4.2. Yanlı tahmin yöntemlerinin kullanılması .....	27
3.4.2.1. <u>Çoklu doğrusal bağlantı (iç ilişki) problemi</u> .....	27
3.4.2.2. <u>Çoklu doğrusal bağlantı (iç ilişki) nedenleri ve sonuçları</u> .....	27
3.4.2.3. <u>Çoklu doğrusal bağlantı sorununun belirlenmesi</u> .....	28
3.4.2.4. <u>Çoklu doğrusal bağlantı probleminin çözülmesi</u> .....	29
3.4.2.5. <u>Ridge tahmin edicisi</u> .....	30
3.4.2.6. <u>“k” yanlılık parametresi seçim yöntemleri</u> .....	32
3.4.3. Sağlam (Robust) regresyon tahmin edicilerinin kullanılması.....	33
3.4.3.1. <u>Aykırı değer tanımı</u> .....	33
3.4.3.2. <u>Aykırı değer tespiti</u> .....	35
3.4.3.3. <u>En küçük budanmış kareler tahmin edicileri</u> .....	37

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4.4. Yanlı ve sağlam regresyonu tahmin edicileri.....	39
3.5. Model Değerlendirme Kriterleri .....	41
3.5.1. EKK tahmincisi için $HKO_E$ .....	41
3.5.2. RR tahmincisi için $HKO_E$ .....	41
3.5.3. EKBK tahmincisi için $HKO_E$ .....	42
3.5.4. EKBK-Ridge tahmincisi için $HKO_E$ .....	42
3.5.5. Test verileri için $HKO_T$ hesabı.....	43
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>44</b>
4.1. Eskişehir'in Konumu .....	44
4.2. Eskişehir Merkez İlçelerinde Arazi Kullanımı ve Sosyoekonomik Karakteristikler .....	45
4.2.1. Arazi kullanımı .....	45
4.2.2. Nüfus ve demografik yapı.....	50
4.2.3. İstihdam .....	52
4.2.4. Öğrenci sayıları.....	53
4.2.5. Otomobil sahipliği .....	54
4.2.6. Gelir dağılımı .....	56
4.3. Üretim ve Çekim Modelleri ve Veriler .....	57
4.3.1. Hane halkı ve hastane anket verilerinin toplanması ve düzenlenmesi .....	57
4.3.2. Yolculuk üretim ve çekim modeli.....	63
4.3.2.1. <u>Yolculuk üretim modeli</u> .....	65
4.3.2.2. <u>Yolculuk çekim modeli</u> .....	73
4.4. Üretim ve Çekim Modeli Analizleri .....	74
4.4.1. Anket verilerinin geçerliliği .....	75
4.4.2. Korelasyon analizi .....	77
4.4.3. Üretim modeli analizleri .....	77
4.4.3.1. <u>Çoklu doğrusal regresyon analizi</u> .....	77
4.4.3.2. <u>Ridge regresyon analizi</u> .....	79
4.4.3.3. <u>En küçük budanmış kareler tekniği</u> .....	81
4.4.3.4. <u>EKBK-Ridge regresyon analizi</u> .....	83
4.4.4. Çekim modeli analizi .....	84
4.5. Modellerin Test Edilmesi ve Doğrulanması .....	87
4.6. Üretim ve çekim Modellerinin Dengelenmesi .....	90
4.7. Gelecek Tahminleri.....	92

**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>107</b>
<b>EK AÇIKLAMALAR.....</b>	<b>115</b>
Ek Açıklama-A: TC Eskişehir Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü Bilimsel Araştırma İzni.....	116
Ek Açıklama-B: ESOGÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu İzni.....	117
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>119</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Ampirik türel ayırım eğrisi .....	20
4.1. Eskişehir ilinin yeri.....	45
4.2. Eskişehir kent merkezi ve Köprübaşı Bölgesi .....	46
4.3. Eskişehir İli kent merkezi (Köprübaşı) ve çekim noktaları .....	47
4.4. Eskişehir kent merkezinde yer alan bazı önemli merkezler .....	48
4.5. Eskişehir’de mevcut ve inşaatı devam eden tramvay hatları haritası .....	50
4.6. Eskişehir’de okullarda kayıtlı öğrenci sayıları .....	54
4.7. Eskişehir İli otomobil sahipliği değerleri .....	55
4.8. Eskişehir İli Otomobil Sahipliği .....	55
4.9. 2015 EUAP HAV için kullanılan zon haritası.....	61
4.10. Ev tabanlı hastane yolculukları üretim ve çekim modelinin DAUM sürecindeki yeri .....	64
4.11. Üretim ve çekim modeli şeması .....	65
4.12. Hastane yolculukları yaratımı modeli, yapılan analizler ve hesaplamalar, izlenen yöntem ve basamaklara ait işleyiş süreci şeması .....	67
4.13. Nüfusun yaş gruplarına göre dağılımı .....	75
4.14. RR için Ridge izi grafiği.....	80
4.15. Hızlı en küçük kovaryans-determinantı yöntemine göre 2001 verilerindeki aykırı değerler.....	81
4.16. RR için Ridge izi grafiği.....	84
4.17. Yıllara bağlı HTK değerleri.....	94
4.18 Yıllara bağlı yaş ortalaması değişim grafiği.....	95

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Eskişehir ili'ne ait ilçelerin nüfus değerleri (2016).....	51
4.2. Eskişehir ili nüfus artış oranı değerleri.....	52
4.3. Eskişehir İli 2011-2013 yılları İstihdam Durumu.....	53
4.4. Eskişehir'de Okullarda Kayıtlı Öğrenci Sayıları.....	53
4.5. Hanedeki Otomobil Sahipliği .....	56
4.6. Hanelerin aylık ortalama gelirleri ve gelir grupları .....	56
4.7. 2001 EUAP hane halkı anket verileri için kullanılan değerler .....	57
4.8. 2001, 2015 yıllarına ait kullanılan ve 2018 de yapılan anketlere ilişkin bilgiler .....	58
4.9. 2001 yılına ait çalışma zonu olarak kullanılan verilere ilişkin bilgiler .....	59
4.10. 2015 yılına ait çalışma zonu olarak kullanılan verilere ilişkin bilgiler .....	60
4.11. 2001 ve 2015 HAV'lere ilişkin değerler ve kesitler arasındaki değişimler .....	61
4.12. 2001 hastane yolculuğu yapan bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullanılan ulaşım türü tercihleri ve sayıları.....	62
4.13. 2015 hastane yolculuğu yapan bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullanılan ulaşım türü tercihleri ve sayıları.....	63
4.14. Hesaplamalar için 2015 ve 2018 anketlerinden ve hastanelerden elde edilen veriler ve veri kaynakları.....	76
4.15. 2001 verilerine ait korelasyon analizi tablosu .....	77
4.16. Modele ait ÇDR için açıklayıcılık ( $R^2$ ) değerleri .....	78
4.17. Anova Test sonuçları .....	78
4.18. ÇDR analizi sonucunda belirlenen katsayılar, t testi ve VIF değerleri .....	78
4.19. RR yöntemine göre bulunan katsayı değerleri .....	80
4.20. EKBK yöntemine göre bulunan katsayı değerleri.....	83
4.21. EKBK-Ridge yöntemine göre bulunan katsayı değerleri.....	84
4.22. Çekim modeli için kullanılan 2001 verileri.....	85
4.23. Modele ait ÇDR için açıklayıcılık ( $R^2$ ) değerleri .....	86
4.24. Anova Test sonuçları.....	86
4.25. 2001 HAV'a göre hesaplanan $HKO_E$ değerleri .....	87
4.26. Kullanılan yöntemlere ait $HKO_T$ değerleri.....	88
4.27. Eskişehir merkezde 2015 anketlerine göre toplam HYS yolculukları ve model tahmin sonuçları .....	90
4.28. 2001 Model dengeleme için oluşturulan tablo .....	91
4.29. Yıllara bağlı olarak nüfus, yıllık hasta kayıt sayısı, günlük değerlere dönüştürülmüş hasta kayıtları bilgisi ve bu verilere karşılık gelen HTK değerleri .....	93
4.30. Yıllara bağlı olarak tahmin edilen HTK değerleri.....	94
4.31. Eskişehir'de yıllara bağlı yaş grupları ve nüfus verilerinden elde edilen değerler (TÜİK, 2019).....	95
4.32. Yıllara bağlı YO projeksiyonu değerleri .....	96
4.33. Gelecek tahminleri için elde edilen HYS (Üretim) modelleri.....	96
4.34. Gelecekteki HYS tahminleri (Senaryo 1).....	97
4.35. Yıllara bağlı çekim modelleri .....	99
4.36. Eskişehir merkez ilçelerdeki zon üretim ve çekim değerleri tahmini (Senaryo 2)...	100

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\alpha$	Budanma Oranı
$\hat{\alpha}$	$\alpha$ 'nın herhangi bir tahmin edicisi
$\beta_0$	Sabit terim
$\beta_i$	Regresyon katsayıları
$\sigma$	Standart hata
$\varepsilon_i$	Hata terimleri
$I$	Birim matris
$\varepsilon^*$	Kırılma noktası
$R^2$	Açıklayıcılık oranı
$S_0$	Kovaryans matrisi
$S_R$	Sağlam değerlere ait kovaryans matrisi
$T_0$ :	Aritmetik ortalama
$T_R$	Sağlam değerlere ait aritmetik ortalama
$k$	Ridge parametresi
$\lambda$	Özdeğer vektörü
$\Sigma$	Toplam sembolü

### Kısaltmalar

### Açıklama

ÇDB	Çoklu Doğrusal Bağlantı
ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
DAM	Dört Aşamalı Model
DAUM	Dört Aşamalı Ulaştırma Modeli
EKK	En Küçük Kareler
EKBK	En Küçük Budanmış Kareler
EKBK-Ridge	En Küçük Budanmış Kareler Ridge
EUAP	Eskişehir Ulaştırma Ana Planı
EOSB	Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)****Kısaltmalar****Açıklama**

GA	Genetik Algoritma
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
HAV	Hane Halkı Anket Verileri
HÇS	Hastane Çekim Sayısı
HTK	Hastane Talebi Katsayısı
HKO	Hata Kareler Ortalaması
HMKD	Hızlı Minimum Kovaryans Determinantı
HYS	Hastane Yolculukları Sayısı
HYAS	Hastane Yatak Sayısı
OEB	Otomobil Eşdeğerlik Birimi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
RR	Ridge Regresyonu
SOS	Sağlık Ocağı Sayısı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UAP	Ulaştırma Ana Planı
YSA	Yapay Sinir Ağları

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tüm dünyada teknolojinin ve ulaştırma sistemlerinin gelişmesi ile birlikte motorlu araç kullanımı da sürekli olarak artmaktadır (Hidalgo ve Huizenga, 2013). Bu gelişim ve değişim ile kentsel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ulaştırma sistemlerinin etkin bir şekilde planlanması zorunluluk haline gelmiş ve sektördeki çalışmalar son yıllarda arttırılmıştır (Salehi vd., 2017; Sun ve Yin, 2017; Cleophas vd., 2018; Grazia Speranza, 2018). Bu noktada ulaştırma planlaması ve kentsel planlama bir bütün olarak karşımıza çıkmaktadır. Kent içi ve kentler arası ulaştırma planlamaları yapılırken göz önüne alınan temel parametrelerden birisi “ihtiyaç” tır. İyi bir kent içi ulaştırma planlaması iş, okul, konaklama, sosyal ve günlük aktiviteler, seyahat, sağlık gibi yaşam ihtiyaçlarına ekonomik ölçütler çerçevesinde en iyi şekilde karşılık verecek yapıya sahip olmalıdır (de Almeida Guimarães ve Leal Junior, 2017; Yu vd., 2017). Planlamada “ihtiyaç” değeri talep durumlarıyla belirlenmekte ve talep tahminleri göz önünde bulundurularak kısa, orta ve uzun vade için planlamalar yapılarak yatırım kararları alınmaktadır. Talep tahminleri bu noktada büyük rol oynamaktadır. Tahminlemelerdeki yanlışlıklar, yapılacak yatırımların etkinliğini azaltmakta ve yanlış yatırım kararlarının alınmasıyla ülke ekonomisine büyük zararlar verebilmektedir (Khisty ve Arslan, 2005). Bunların yanında yanlış tahminleme ve yanlış kararların alınması, kent içlerinde gereksiz trafik yoğunluğu yaşanması, çevre kirleticilerinin artması ile insan sağlığının ve hatta psikolojisinin bozulması gibi birçok zararlı etkiye de sebep olabilmektedir.

Dört aşamalı ulaştırma modeli (DAUM) kent içi ulaştırma planlamasında ve tahminlerde en çok kullanılan makro ölçekli planlama yöntemidir ve verilerin toplanmasındaki kolaylıklar, basit ve anlaşılır yapısından dolayı trafik tahminleme modellerinde etkili ve hala geçerliliğini koruyan bir yöntemdir (Boyce vd., 1994; Wang vd., 2013; Teodorović ve Janić, 2017). DAUM, yolculuk üretim ve çekimi, yolculuk dağıtımı, tür seçimi ve trafik atama aşamaları olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır. Bu kapsamda bir bireyin bir başlangıç noktasından bir varış noktasına herhangi bir sistemi (yaya olarak veya araçla) kullanarak ulaşım sağlamasına “yolculuk” adı verilmektedir. DAUM yapısında ilk olarak çalışma bölgesi olarak belirlenen bölge birçok alt bölgeye ayrılmaktadır. Söz konusu her bir alt çalışma bölgesine “zon” adı verilmektedir. Her bir zondan farklı bir zona



yapılan yolculuklar ve bu yolculukların geri dönüşleri “üretim” olarak adlandırılırken, diğer zonlardan belirli bir amaçla belirli bir zona yapılan yolculuklar ve bunların geri dönüşleri çekim olarak adlandırılmaktadır. DAUM’daki ilk aşama olan yolculuk üretim ve çekim modelinin oluşturulması için öncelikle zonlar arasında yapılan yolculuklar amaçlarına göre ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırma esnasında genellikle, yolculuk amaçlarına göre ev tabanlı iş, ev tabanlı okul, ev tabanlı diğer (alışveriş, eğlence, hastane vb.), ev tabanlı olmayan yolculuklar olmak üzere dört farklı sınıf incelenmektedir (Gonzalez-Feliu ve Peris-Pla, 2017; Goel, 2018; Prasad ve Maitra, 2019). “Ev tabanlı diğer yolculuklar” başlığı altında ev tabanlı alışveriş ve eğlence amaçlı yolculuklarla ev tabanlı hastane yolculukları aynı sınıfta incelenmektedir. Ancak hastane yolculuklarını gerçekleştiren bireylerin yolculuk davranışları ve bunları etkileyen parametre özelliklerinin iş, okul veya diğer amaçlı yolculuklardan çok daha farklı olduğu ve hastane amaçlı yolculukların azımsanmayacak miktarda olduğu görülmektedir (%4-5). Bu sebeple bu çalışmada hastane yolculukları ayrı bir sınıf olarak incelenmiştir. Bunun yanı sıra dünya ülkelerinde sağlık sektörü büyük ölçüde gelişmekte ve bireylere sağlanan sağlık olanakları artmakta, dünya nüfusu da yaşlanmaktadır. Tüm bu gelişmelerle birlikte insanların sağlık hizmeti ihtiyacının artması ve sağlık hizmetlerinin daha sık alınması gereksinimi ortaya çıkmıştır. Günümüzde dünya nüfusunun artmasıyla sağlık sektörünün ve insan sağlığına verilen önemin de arttığı ve paralelinde hastaneler için çok büyük yatırımların yapıldığı bir gerçektir (Naser ve Faris, 2015). Bu yatırımların devlet bütçesinde önemli bir yere sahip olması, yatırım kararları alınırken doğru ve hassas planlamayı zorunlu kılmaktadır. Sağlık sektörüne yapılan yatırımların başında hastane yatırımları gelmekte ve bu yatırımlardaki doğru kararların alınması gerekliliği, hastanelerin hızlı ve güvenli şekilde ulaşılabilirliğinin sağlanması konusunu da gündeme getirmektedir. Bu yüzden hem hastane hem de hastaneye ulaşım için yapılan yatırım kararlarının birlikte alınması ve planlamaların etkin bir şekilde yapılması gerekmektedir. Hastane yolculuk taleplerinin daha doğru tahmin edilmesi ile hastanelerin nerede, ne zaman yapılması gerektiği, hastane kapasitesinin belirlenmesi ve hastaneye ulaşımın sağlanması konusunda daha iyi bir planlama sistemi oluşturulabilmesi sağlanabilmektedir (Sinuany-Stern vd., 1995; Moscelli vd., 2016). Tüm bunlar düşünüldüğünde çalışmadaki amaçlardan biri, ev tabanlı hastane yolculuklarının farklı bir yolculuk sınıfı olarak ve ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve gelecekte bireylerin hastane davranışlarına ışık tutacak makro planlama analizlerinin ortaya konulmasıdır. Ayrıca, DAUM un ilk aşaması olan “Yolculuk Üretim ve Çekim” için ev tabanlı hastane

yolculuklarının ayrı bir sınıfta incelenmesi ile yolculuk amaçlarının daha detaylı ve hassas şekilde sınıflandırılması sağlanarak yolculuk üretim ve çekim modelindeki tahmin hatalarının en aza indirgenmesi amaçlardan bir diğeridir.

Geleneksel yöntemlerle yolculuk üretim ve çekim değerleri belirlenirken yolculuk yapan bireylerin yolculuk davranışlarını etkileyecek önemli parametreler göz ardı edilmemelidir. Özellikle de büyükşehirlerde, analizler için gerekli örneklem büyüklüğündeki verilerin elde edilmesinin maliyetli olması verilerin yeterli ve doğru şekilde toplanmasını büyük ölçüde engellemektedir. Bu tip veriler yalnızca büyük ölçekli ulaştırma planlamalarında yüksek maliyetlerle elde edilebilmektedir. Gerek verilerin elde edilmesindeki mali sebeplerden dolayı veri toplanmasındaki zorluklar, gerekse iyi bir analiz için doğru parametrelerin ve kestirim yöntemlerinin kullanılmaması sonucu tahmin değerlerinde büyük hatalar meydana gelebilmektedir. Bir analiz için doğru parametrelerle ve doğru yöntemlerle çalışarak daha etkin ve doğru sonuçları elde etmek mümkündür. Bu bağlamda çalışmadaki diğer bir amaç, kent içinde yolculuk yapan bireylerin ve arazi kullanım karakteristikleri çerçevesinde, verilere uygun olarak seçilen istatistikî yöntemler kullanılarak, tahmin hatalarını en aza indirgeyebilecek doğrusal modeller kurulmasıdır. Böylelikle, kent içi ulaşımında günlük yolculuklarda azımsanmayacak ölçüde yer tutan hastane yolculukları için tahmin modellerinin üretilmesi, bu modellerin karşılaştırılarak, veriye uyum ve kestirimdeki başarıları açısından en uygun modelin belirlenmesi ve gelecekteki oluşabilecek yolculuk talepleri için tahminlerde bulunulması sağlanmıştır. Bunların yanı sıra doğru yöntemler, değişkenler ve sınıflandırmalar kullanılarak, diğer üç aşamada (Yolculuk Dağıtım, Tür Seçimi ve Trafik Atama) üretilen modeller ve hesaplamalar için daha güvenilir bir veri seti altyapısı oluşturulması sağlanarak, DAUM için daha tutarlı ve başarılı tahminler yapılması hedeflenmektedir.

Çalışma kapsamında, 2003 ve 2017 Eskişehir Ulaştırma Ana Planı (EUAP) Raporlarının hazırlanması için yapılan anketler kullanılmıştır ve trafik sayımları, Sağlık İl Müdürlüğü ve hastanelerden alınan hasta kayıt verileri ve 2018 yılında Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) desteği kapsamında gerçekleştirilen hastane anketleri kullanılmıştır. 2003 EUAP ve 2017 EUAP Raporlarına ait HAV ve trafik sayım verileri ile belediyelerden ve diğer kurumlardan alınan veriler sırasıyla 2001 ve 2015 yıllarına ait olup, tüm analizlerde bu yıllarda toplanan veriler kullanılmıştır. Dolayısıyla sonraki bölümlerde EUAP Raporu

hazırlanması kapsamında kullanılan verilerden sırasıyla “2001 verileri” ve “2015 verileri” olarak bahsedilecektir.

Çalışmada, sosyoekonomik ve yapısal özelliklerinin benzer olduğu düşünölen bir veya daha fazla mahallenin birleşmesiyle oluşturulan analiz bölgeleri için “zon” tanımlaması kullanılmıştır. Çalışma bölgesinde, Eskişehir Merkez İlçeleri (Odunpazarı ve Tepebaşı) içerisinde yer alan mahallelerden oluşan, 2001 HAV’dan elde edilen üretim ve çekim modelleri için 63 farklı zon, 2015 HAV’dan elde edilen 65 farklı zon kullanılmıştır. Bu doğrultuda üretim modelleri için, ev tabanlı hastane yolculuk davranışlarında etkili olabileceği öngörölen, hastane yolculuğu yapan bireylerin ikamet zonlarına ve yolculara ait bazı sosyoekonomik faktörlerin yolculuk talepleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çekim modelinde ise, yolculukların yapıldığı sağlık kurumlarındaki hastane yatak sayıları ve bölgede bulunan sağlık ocağı sayısını göz önüne alan bir regresyon modeli kurulmuştur. RR, EKBK ve EKBK-Ridge tahmincileri ile günümüzde kullanımı çok yaygın olan Çoklu Doğrusal Regresyona (ÇDR) alternatif olabilecek modellerin tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve en etkin modelle gelecekte ortaya çıkabilecek hastane yolculuklarının zonlara bağı üretim ve çekim değerleri tahmin edilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, DAUM'un tarihçesi, çeşitli ulaştırma planlaması çalışmalarındaki yolculuk üretim ve çekim modellerinde, dikkate alınan ve yolculuk davranışlarını etkileyen karakteristikler ve tahmin yöntemlerine ait geçmişte yapılan çalışmalarla bunların teorik çerçeveleri incelenmiştir.

Ulaşım, insanların ve nesnelerin belirli bir amaca yönelik olarak yer değiştirmeleri, ulaştırma ise yararlı olduğu varsayılan bu yer değiştirme işlemlerinin yerine getirilmesidir (Yayla, 2011).

Kentlerde hızla artan nüfus, işgücü, artan araç sahipliği, kentsel kullanım alanlarının genişlemesi ve çeşitlenmesi gibi etkenler, günümüzde önemli bir sorun olan kent içi ulaşımın çevre, enerji, sürdürülebilirlik, sosyal denge gibi konular dikkate alınarak bilimsel yöntemlerle çözümlenmesi ve düzenlenmesini gerekli kılmaktadır (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014). Ulaştırmanın geçmişi insanlık tarihi kadar eskidir. Bu eskilik, gelişen teknoloji ile ulaştırmanın modern bir hal almasını sağlamış ve sektör olarak önemli bir konuma gelmesini beraberinde getirmiştir (Beşirli, 2016).

Ulaştırma planlaması ile ilgili analitik modeller ilk olarak 1950'lerde geliştirilmiştir. 1954'te dönüm noktası sayılabilecek ilk çalışma Mitchell ve Rapkin (1954) tarafından yapılmıştır. Çalışmada yalnızca yolculuk, etkinlik ve arazi kullanım bağlantılarını kurmakla kalınmamış, yolcuların davranışı üzerine de detaylı ve kapsamlı bir araştırma yapılmıştır (Mitchell ve Rapkin, 1954). 1950'lerin başlarındaki, yolculuk üretim, dağıtım ve atama modellerinin bu ilk gelişimlerinde, 1997'de (Plummer, 1997) Chicago Bölgesi Ulaştırma Çalışması kapsamında, dört aşamalı model (DAM) sisteminin ilk kapsamlı uygulamasına, arazi kullanımı projeksiyonu ve ekonomik değerlendirme çerçevesinde alt yapı oluşturmuştur. Çalışmada, trafik mühendisliğindeki gelişmeler çerçevesinde otoyol odaklı yeni sistem ve olanakların değerlendirilmesi konusuna değinilmiştir (Weiner, 1997). 1960'lı yıllarda, DAM'ı tamamen kurumsallaştıran "Sürekli, kapsamlı ve işbirliğine dayalı" kentsel ulaşım planlaması gerektiren federal yasa getirilmiştir. 1970'lerdeki diğer mevzuatlar, planlama, modellemeye ve çok tipli planlamaya olan ihtiyaca yönelik çevresel kaygıları da

beraberinde getirmiştir. Mevcut model sisteminin, politika kaygılarının yaşanmasını önleme konusunda uygun olmayabileceğine vurgu yapılmış ve “İlk Seyahat Modeli Geliştirme Programı” kapsamında, araştırmalar DAM ile iyi entegre olabilen ayrışık yolculuk talep tahmini ve denge ataması yöntemlerini geliştirme yönünde teşvik edilmiştir (McNally, 2000). 1970 li yılların sonunda, seyahat tahminlemelerinde “hızlı tepki” yaklaşımı kullanılmış (Sosslau vd., 1978) ve bu da aktivite tabanlı yaklaşımların kullanılmasının yolunu açmıştır. 1980'lerde DAM ve ilgili politika sorularının uyumsuzluğunun gittikçe artması, 1991'de (ikinci, ancak resmi) “Seyahat Modeli İyileştirme Programı” uygulamasının yolu açılmış ve böylelikle 1990'ların sonuna kadar, araştırmacılar, geleneksel modele göre uygulama düzeyini geliştirmek ve teknolojiyi ilerletmek için yeni yöntemlerle araştırma ve geliştirmeye teşvik edilmiştir. Sonraki yıllarda DAM geliştirilerek günümüzde kullanılan klasik, ama geçerliliğini sürdüren bir ulaştırma planlaması olan DAUM analiz sistemi haline gelmiştir (McNally, 2000).

Ulaştırma planlamalarında ulaşım talebi, DAUM ve özellikle de üretim ve çekim aşaması ile ilgili geçmişte birçok çalışma yapılmıştır.

Bayes regresyon tahmin modelinin kullanıldığı bir çalışmada bisiklet sistem altyapısı, nüfus ve istihdam, arazi kullanımı, mevsimsel, haftalık ve günlük değişimlerinin ve kullanıcı tipinin bisiklet istasyonlarındaki yolculuk üretim değerlerine etkileri analiz edilmiştir. 2014 yılı bisiklet paylaşım istasyonundan elde edilen anket verileri ile 2015 yılı için yeni yapılacak istasyondan oluşacak talepler analiz edilmiştir. Konut bölgelerindeki insanların bisiklet yolculuklarına daha eğilimli olduğu ve bu insanların özellikle çalışma günleri dışında bisiklet kullandıkları saptanmıştır. Ayrıca kullanım oranının kalabalık bölgelerde, metro istasyonları ve transit yollara yakın bölgelerde arttığı görülmüştür (Noland vd., 2016).

Bir tez çalışmasında, Türkiye’de şehirlerarası yük, yolcu ve taşıt yolculuk taleplerinin, hava kirliliği, enerji tüketimi ve trafik kazalarına etkileri GA yaklaşımı ile modellenmiştir. Sonrasında, 2025 yılına kadar oluşabilecek hava kirliliği, enerji tüketimi ve trafik kazaları tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, ulaştırma talebi modellerinde genetik algoritma yaklaşımının klasik yöntemlere göre daha başarılı olduğu ve bu yöntemle

hesaplanan, şehirlerarası yolculuk taleplerinin ilerleyen yıllarda mevcut sistemle karşılanmasının olanaklı görülmediği belirlenmiştir (Haldenbilen, 2003).

Bir çalışmada gelir seviyesi ile ilgili parametrelerin (ücret, ulaşım mesafesi, gelir, araç sahipliği) kent içindeki toplu taşıma talebi üzerindeki etkileri Ekonometrik İlk Fark Yöntemi ile modellenmiştir. İsveç'te bulunan 26 farklı şehirdeki değişken değerleri incelenerek bunların kent içlerindeki yapılan toplam toplu taşıma kullanım sayılarına etkilerini açıklamak amacıyla üretilen modelde parametre katsayıları belirlenmiştir. Ekonomik ve sosyal özelliklerin toplu taşıma kullanımını doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği sonucu ortaya çıkmıştır (Holmgren, 2013).

İstanbul ilindeki toplu taşıma yolculuk taleplerinin YSA ile modellendiği bir çalışmada, üç farklı yapay sinir ağı algoritması ve dört farklı veri kümesi üzerinde çalışılmıştır. Veriler doğrusal regresyonla da modellenmiş ve YSA'nın tahminlemede regresyona karşı üstün olduğu görülmüştür (Topuz, 2008).

YSA ile ulaştırma taleplerinin modellenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, Denizli-Aydın Otoyolunda ulaştırma talep tahmin modeli geliştirilmiştir. Değişkenleri nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve otomobil sayısı olmak üzere çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) analizi yapılmış ve modelde bazı problemler yaşandığı görülerek çok katmanlı YSA uygulanmıştır. Sonuçta ÇDR ile yapılan analizin gerçekten biraz daha uzaklaştığı YSA sonuçlarının daha kabul edilebilir limitlerde çıktığı görülmüştür (Demir, 1997).

Kent içinde yapılan yolculuklarla ilgili özellikleri göz önüne alınarak ayrıştırma teorisine göre yolculuk taleplerinin hesaplandığı bir çalışmada, zonların çekimleri belirlenirken yolcu, yolculuk ve trafik hizmet düzeyi verileri kullanılarak, geleneksel yöntemlerde kullanılan zonlar arası mesafe, uzman görüşleriyle belirlenen trafik avantaj indeksi ve zonların arazi kullanım yüzölçümü değerleri gibi özelliklerine seçenek olabilecek değişkenler kullanılmıştır. Sonuçlara göre, ayrıştırma modelinden, geleneksel yöntemlere göre daha doğru tahmin değerleri elde edilmiş, yolculuk yapılan bölgenin ve yolculuk yapan bireylerin özelliklerinin (yaş, gelir, amaç, araba sahibi veya olmamak, ödeme şekli, yolculuk süresi ve maliyet) yolculuk hacimlerinde büyük ölçüde etkili olduğu görülmüştür (Yao vd., 2008).

Türkiye’de 81 ildeki 2007, 2008, 2009 yılları için şehirlerarası yollardaki yolculuk üretimi talepleri ileri beslemeli sinir ağı ile modellendiği bir çalışmada, bağımlı değişken olarak günlük yolculuklar, bağımsız değişken olarak da nüfus, gayri safi milli hâsıla (GSMH) ve araç sahipliği değerleri kullanılmıştır. Doğrusal regresyon modellerine alternatif olarak geliştirilmeye çalışılan yapay sinir ağları (YSA) modelinde oluşturulan tanjant fonksiyonunun ve logaritmik fonksiyonun birbirine üstünlüklerinin net olmadığı belirlenmiştir (Bağırman ve Yenice, 2012).

Çin’de Handan Kenti’ne ait şehirlerarası trafik verileri kullanılarak yolculuk yaratımı tahmin modelinin geliştirildiği bir çalışmada, modelde bağımsız değişken olarak GSMH ve nüfus parametreleri, bağımlı değişken olarak ise şehirlerarası yolculuk yaratımı verileri kullanılmış, evrensel boyutta araştırma niteliği olan YSA ve GA ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Sonuçta değişken ve gözlem sayılarının arttırılmasıyla, YSA ve GA yaklaşımları ile kurulabilecek tahmin modellerinin çok daha iyi sonuçlar verebileceği ve tahminlerin geliştirilebileceği ortaya konulmuştur (Peng vd., 2010).

Bir tez çalışmasında, Alabama’daki üç farklı şehir için yolculuk üretimi analizi yapılmıştır. Yolculukların, Ev tabanlı-diğer, ev tabanlı-iş ve ev tabanlı olmayan yolculuklar şeklinde 3 sınıfta analiz edildiği çalışmada açıklayıcı değişkenler olarak, nüfus, gelir ve farklı yaş grupları (5 yaş altı, 5-21 yaş, 22-64 yaş, 65 yaş ve üstü, ortanca yaş) kullanılmıştır. Orta büyüklükteki bir kentsel topluluk için, gelir dâhil edilmesinin toplam seyahat üretimini tahmin etme yeteneğini arttırmada yararlı olmadığını göstermiştir (Sankuri, 2003).

Nijerya’nın Enugu şehrindeki üç farklı özelliğe sahip bölge için yolculuk üretimi analizinin yapıldığı bir çalışmada, günlük seyahatleri araç sahipliği ve nüfus ile; günlük iş yolculuklarını da araç sahipliği ve bölgedeki istihdam sayıları ile açıklayan %5 güven aralığında, 2 farklı regresyon tabanlı yolculuk üretim modeli değerlendirilmiştir. Regresyon modellerine göre, nüfusun artmasıyla hem günlük seyahat sayısı hem de iş yolculukları artmaktadır. İş tabanlı olmayan seyahatlerin en yüksek nispi oranı (iş seyahatlerinin en az nispi oranı), en fazla sayıda yüksek gelirli çalışanın bulunduğu bölge için kaydedilmiştir. Genel olarak, tüm bölgeler için özel otomobil kullanım sayısı ile otomobil sahipliği arasında

önemli bir ilişki kurulmadığı ve bunun o dönemdeki ekonomik bunalımla ilgili olduğu açıklanmıştır (Osula, 1991).

GA yaklaşımı kullanılarak yolculuk çekimi modeli oluşturmaya yönelik yapılan bir araştırmada, çekilen yolculuklar; bölgenin nüfusu, bölgedeki otel ve restoranlar, alışveriş merkezleri gibi bölgesel özellikler ile ilişkilendirilerek kurulan modelde, 2003 ve 2004 verileri ile tahmin modeli oluşturulup 2005 yılındaki değerler ile doğrulama yapılmıştır. Tahmin için yapılan doğrulama sonucunda, GA yaklaşımı ile % 0,8 gibi küçük hata payı ile tahminleme yapıldığı görülmüştür (Goel, 2015).

Bir tez çalışmasında, mevcut Kentsel Ulaşım Modelleme Sistemi'ndeki yolculuk üretim analizi için Büyük Toronto Bölgesi'nde bazı metodolojik sorunlar ele alınmış, mekânsal faktörlerin ve erişilebilirliğin yolculuk üretimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda bir tür ayırık seçim modeli olan sıralı yanıt modeli kullanılarak üç analiz üzerinde durulmuştur. Bunlardan ilki coğrafik konumun ev tabanlı-alışveriş yolculukları üzerindeki etkisinin incelenmesi kapsamındadır. Sonuç olarak eski kentsel alanda yaşayanların banliyölerde yaşayanlardan daha az alışveriş yolculuğu yaptığı görülmüştür. İkincisinde, Toronto metropol bölgesinde erişilebilirlik çekim özellikleri hesaplanarak Sıralı Yanıt Modeli tahmini için sosyoekonomik karakteristikler kullanılmış ve erişilebilirlik ölçütünün metropol bölgelerde önemli bir girdi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Üçüncü olarak sıralı yanıt modeli doğrudan mekânsal transferi incelenmiş ve doğrudan transfer modelinin insanların alışveriş yolculuklarında seçim olarak tahmin etmede üstün performans gösterdiği sonucuna varılmıştır (Agyemang-Duah, 1995; Agyemang-Duah ve Hall, 1997)

Ürdün'ün başkenti Amman'da hastane yolculuklarının incelendiği çalışmada, hastane talepleri için çekim modeli çok katmanlı algılama yöntemi ile oluşturulmuştur. Yolculuk taleplerini modellemek için hafta içinde belirli günlerde 21 hastanede anket çalışması yapılmıştır. Hastanelere ait çimli zemin alanı, hastane yatak sayısı, mevcut otopark sayısı bağımsız değişken; hastane yolculukları ise bağımlı değişken olarak modelde kullanılmıştır. Model sonuçları, toplanan hastane verileri ile karşılaştırıldığında en iyi sonuçları Çok Katmanlı Algılama Yöntemi ile çözümlenen model vermiştir (Naser ve Faris, 2015).



Nijerya'nın kırsal kesimlerindeki hastane yolculuk sıklığını etkileyen sosyo ekonomik ve demografik faktörlerle ilgili yapılan bir çalışmada, Afenmai kırsal bölgesindeki hastanelere gelen kısıtlı sayıdaki hastalara yapılan anketlerle hastaların, yaş, cinsiyet, meslek, eğitim durumları gibi gelen hasta profili özelliklerinin hastane hizmetini kullanma sıklığı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçta işçilerin, ticaretçilerin ve esnafın memur ve öğretmenlerden daha seyrek hastaneyi kullandığı, okuma yazma bilmeyen veya ilkokul mezunlarının daha yüksek eğitim derecesine sahip olanlardan daha seyrek hastane hizmetlerini kullandığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında en çok 20 yaşın altı ve 50 yaşın üzerindeki bireylerin hastane hizmetlerini kullandığı ve kadınların erkeklere göre çok az bir miktarda daha sıklıkla hastaneye gittiği görülmüştür. Özellikle de kırsal alandaki hastane talepleri olarak düşünüldüğünde hastanelerin bireylerin hanelerine olan uzaklıklarının da en önemli etkenlerden biri olduğuna değinilmiştir (Okafor, 1983).

Hastane yolculukları için seyahat planı seçim davranışını değiştirmede seyahat planlarının başarısını etkileyen faktörleri tanımlamak adına yapılan çalışmada Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmetleri kurumunda çalışan seyahat planı yöneticilerinin seyahat planları hakkındaki görüşleri araştırılmıştır. Spearman Korelasyon testi sonuçlarına göre yürümeyi teşvik etmek ile araba kullanımını azaltmak için alınan önlemlerin pozitif ilişkili olduğu ve seyahat tür seçimlerinde yürümeye teşvik edici faktörlerin ve önlemlerin alınmasının önemli olduğu ortaya konulmuştur. Vardiyalı çalışma şekilleri, kişisel koşullar, araç kullanımına yönelik personel tutumu, hastane personeli arasında seyahat türü seçim davranışını değiştirmek için kilit engeller olarak görülmüştür. Kullanılan yöntemlerin verilere uygun ve etkili olması, seyahat planı önlemlerinin geliştirilmesi ve izlenmesinin seyahat planlarının başarısının anahtar belirleyicileri olarak belirlenmiştir (Khandokar vd., 2017).

### 3. YÖNTEM

Bu kısımda öncelikle Ulaştırma Planlaması ve bazı temel kavramlar üzerinde durulmuş, bu kapsamda kullanılan dört aşamalı ulaştırma modeli ve yapısından bahsedilerek, bu modelin kurulması için kullanılmış klasik ve alternatif olabilecek bazı istatistikî yöntemler teorik olarak anlatılmıştır.

#### 3.1. Ulaştırma Planlaması

Ulaştırma Planlaması;

- Gelecekte kurulabilecek ulaşım sistemlerine ait kararları verirken karar vericilere yardımcı olabilecek birçok bilgiyi sağlayan bir süreç,
- Kent içi ulaşım altyapısında mevcut durumun değerlendirildiği ve analizlerinin yapıldığı, gelecekte (hedef yıl veya yıllar) yapılabilecek düzenlemelerin, yatırımların ve işletme yaklaşımlarının tespit edildiği, bazı öngörülerin sürdürülebilir planlama çerçevesinde elde edildiği bir yöntem veya araç olarak tanımlanabilmektedir.

Günümüzde, ulaştırma mühendisleri veya planlamacıları aşağıdaki maddeler doğrultusunda hareket etmektedirler:

- Ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi için ayrılan kaynakların verimli ve etkin bir biçimde kullanımının planlanması,
- Ulaşım talebi ve trafik sıkışıklığının yönetilmesi,
- Güzergâh ve tür seçimine etkiyen unsurların belirlenmesi,
- Toplu taşımaya öncelik verilmesi,
- Seyahat eden bireyler için konforlu ve güvenli ulaşım sistemlerin oluşturulması,

- Hava ve gürültü kirliliğinin azaltılması,
- Toplu taşımada verimlilik, kapasite ve işletme maliyeti gibi konularda eniyileme yapılması,
- Türler arası entegrasyonun mantıklı uygulanabilir ve etkili olması.

Türkiye’de yapılan Ulaştırma Planlama Çalışmaları 3 temel başlık etrafında toplanabilir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014):

- 1- Ulaştırma Ana Planı (UAP) Hazırlanması
- 2- Acil Eylem Ulaşım ve Trafik İyileştirme Plan, Proje ve Etütlerinin Hazırlanması
- 3- Raylı Sistem, Kablolu Sistem, Metrobüs Hatları Ön ve Kesin Projeleri ile Fizibilite Etütlerinin Hazırlanması

### **3.2. Ulaştırma (Ulaşım) Ana Planı**

Hızla artan nüfus, köyden kente göç, plansız ve çarpık kentleşme, araç sahipliğindeki hızlı artış gibi etkenler günümüzde önemli hale gelen kent içi ulaşım sorunlarını meydana getirmiştir. Öncelikle büyük kentler olmak üzere, tüm belediyeler, ulaşım, sürdürülebilirlik, çevre, sosyal denge, enerji gibi konularla ilgili problemlerin, bilimsel yöntemlerle çözümlenip düzenlenmesi sorumluluğu ile karşı karşıyadır. Bu çerçevede kent içi ulaşımın, bugün ve belirlenen hedef yıllar için; mevcuttaki stratejik ve fiziki plan kararları dikkate alınarak, yaya/bisiklet ve toplu taşım sistemleri gibi çevreci ulaşım sistemlerine öncelik verilerek, ulaşım ve trafik sorunlarının iyi analiz edilmesi, çözümler getirilmesi, düzenlenmesi ve bunun paralelinde; ara-toplu taşım ve toplu taşım türlerinin entegrasyonu ile bunların terminal ve durak bölgelerinin düzenlenmesi, çeşitli ulaşım türlerinin aktarma imkânlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu söz konusu düzenlemeler ancak bilimsel yöntemlerle hazırlanacak bir UAP ile mümkün olabilmektedir. UAP Çalışmaları, kentsel ulaşımın, Nazım İmar Planı çerçevesinde bulunan strateji ve gelişim önerileri kapsamında yeniden düzenlenmesi, trafik, ulaştırma altyapısı ve işletmeciliğinin yeniden çözümlenmesi,

toplu taşıma sistem öncelikli, kent içinde yaşanan ve gelecekte meydana gelmesi beklenen ulaşım problemlerinin uzun vadeli yaklaşımlar ile çözülmesine yönelik geliştirilen planlama karar ve ilkelerinin tümünü kapsamaktadır. UAP hazırlanma çalışmaları kapsamında detaylı olarak trafik sayımları, anketler vb. saha araştırmaları, ulaşım için talep tahmin modellerinin hazırlanması ve seçenekli planlama çalışma ve süreçlerinin yer aldığından teknik anlamda detaylı, ağır ve uzun süreçler içermektedir. Bu nedenle, bu çalışmaların istenilen nitelikte hazırlanması için öncelikli olarak, 250.000 nüfusun üzerindeki belediyeler ve büyükşehir belediyelerinin yapması daha verimli olacaktır. Nüfusu 100000 ile 250000 arasında olan belediyelerin daha öncelikli olarak kısa vadeli planlama yapmasının hem zaman, hem ekonomik hem de teknik anlamda daha etkin bir uygulama olması beklenmektedir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014).

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak 09.06.2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” kısmında Kent içi ulaşım planları konusunda düzenlemelere yer verilmiştir. Yönetmeliğin Kentsel ulaşım planları başlığı altında; “Madde 10 – (1) Büyükşehir belediyeleri ve belediye sınırları dışındaki belediyelerden nüfusu 100000’in üzerinde olanlar, UAP hazırlarlar. Bu planlar on beş yıllık süreler için yapılır ve her beş yılda bir yenilenir. Şehir planları ile sürdürülebilir kentsel ulaşım planları birlikte ele alınır” şeklinde ifade bulunmaktadır (Ulaştırma Bakanlığı, 2008). UAP, imar planına dayandırılmadıkça yeterli çözüm olmaktan uzak kalacaktır. Sık aralıkla değiştirilen imar planları karşısında ulaşım yatırımları ve planları çok yetersiz kalmaktadır. UAP dayanağı olmadan yapılan harcamalar, belediyelerin maddi kaynaklarının yetersiz olması, yeterli ve yetkin çalışan eksikliği, kent içi toplu taşıma plan ve yatırımlarının önündeki en büyük engeli oluşturmakta ve yatırımların eksik kalması, halkın hizmetine sunulamaması gibi problemlere neden olmaktadır (İlçalı vd., 2012).

Kapasitesi yüksek ve hızlı toplu taşıma yatırımlarına temel oluşturabilecek UAP’nin, gerçekçi yolculuk kestirim modelleri ile oluşturulması, belediyelerin sınırlarındaki toplu taşıma ve ulaşım sisteminin, bütün olarak kısa, orta ve uzun vadede planlama kararları alma doğrultusunda revize edilmesi açısından önem kazanmaktadır. Kısa vadeli öneriler doğrultusunda; trafik ve ulaşım sistemindeki mevcut yetersizliklerin ve sorunların çözülmesi ve mevcuttaki sistem kapasitelerin daha etkin ve verimli kullanılmasına yönelik trafik

düzenleme ve ulaşım talep idaresi önerileri geliştirilmelidir. Orta ve uzun vadeli öneriler geliştirilirken ise, nazım imar planlarında öngörülen kentsel gelişim stratejileri kapsamında kentin gelecekte oluşması istenen trafik ve ulaşım sisteminin esas kararları saptanmalıdır. UAP, bu kararların gerçekleştirilebilmesi için gerekli ulaşım yatırımları ve bunların önceliklerini, trafik ve ulaşım sistemlerinin, işletme, yönetim, politika ve ilkelerini, hedef yılı itibariyle orta ve uzun vadede oluşması beklenen yolculuk taleplerinin toplu taşıma ağırlıklı bir ulaşım sistemi ile karşılanabilmesini sağlamalıdır (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014).

Ulaştırma Planlamalarında kent içi ulaşım taleplerini etkileyen karakteristikler temel üç unsur etrafında toplanır. Bahsedilen bu üç temel faktör, çoğu ulaşım talep tahmin çalışmalarında bir arada düşünülmektedir (Anonim, 2018).

1. Yerleşim konumları ve nüfus yoğunluk dereceleri,

Yerleşim karakteristikleri ve arazi kullanım yapısı, seyahat talebini belirleyen temel bileşenlerdendir. Herhangi bir arazinin, ne kadar seyahat ve trafik üreteceği, o arazinin nasıl değerlendirildiği ve kullanıldığı ile doğrudan ilişkilidir.

2. Yerleşim birimlerinde yaşayan insanların sosyoekonomik karakteristikleri,

Şehirde yaşayanların sosyoekonomik özellikleri de o kente ait ulaşım talebi özelliklerini de etkileyecektir. Kişilere ait değerler ve yaşam biçimleri, kişilerin kaynaklarını ulaşım amacıyla nasıl kullanacakları konusunda alacakları kararlarda etkili olmaktadır. Örneğin, gelir grubu yüksek bir bölgede yapılan seyahatlerde özel araç kullanımının daha fazla olması beklenmekte iken, emeklilerin yoğun yaşadıkları bölgelerde daha düşük olması beklenmektedir.

3. Mevcuttaki ulaşım hizmetleri ile bunların kalitesi, erişilebilirliği ve boyutu,

Mevcuttaki ulaşım imkânları seyahat talepleri üzerinde etkili olmaktadır. Alternatifli ve çeşitli ulaşım türlerinin sağlandığı, hizmet kalitesine (konfor, güvenlik, maliyet,

erişilebilirlik, seyahat süresi vs.) duyarlı olan bireyler, yolculuklarında, bu noktalara dikkat edeceklerdir.

Kente ait sosyoekonomik gelişmişliğin göstergeleri olarak değerlendirilen parametreler: Demografik ve mali göstergeler ile istihdam, eğitim, sağlık, sanayi, tarım, mali, altyapı ve diğer refah göstergeleri gibi başlıklar altında tanımlanmaktadır (Dincer vd., 2003).

Ulaştırma planlamasında süreç, 7 temel unsurdan oluşmaktadır. Bu unsurlar birbiri ile etkileşim halindedir ve herhangi birinden sağlanacak veri ve bilgiler, sonraki basamağı oluşturan bir alt yapı sağlayacak şekilde kullanılabilir. Bu işleyiş genelde şu sırayla gerçekleşmektedir (Anonim, 2018):

1. Durumun Tespiti
2. Problemin Tanımlanması
3. Çözümler için Yapılan Araştırmalar
4. Performans Analizleri
5. Alternatif Değerlendirmeler
6. Projenin Seçilmesi
7. Detay Çalışmaları ve Yapım-İnşaat ve Uygulamalar

Yolculuk talebi, arazi kullanım yapısının, çevresel ve sosyoekonomik özellikleri belli olan bir ulaşım sisteminin veya şebekesinin belli bir kesiminde, birim zamanda yolculuk yapması beklenen araç veya yolcu sayısı olarak ifade edilebilir. Maliyet ve zamanın kısıtlı olmasından dolayı, yolculuk talebi düzeyindeki hacim değerleri ulaşım sistemi üzerindeki bütün bağlantı yolları için sürekli olarak gözlemlenemez (Fusun vd., 2009). Şehirlerarası yollarda yolculuk hacimleri, günümüzde ana arterlerde yol üzerindeki sabit cihazlarla (Basınçlı sensörler vb.) büyük oranda tespit edilebilmekte ve planlama yapılabilmektedir. Ancak kent içi yolculuk hacimlerinin saptanması, kent içerisinde farklı türden ulaşım sistemlerinin (yaya ve toplu taşıma gibi) de kullanılabilir olması, son noktaya yapılan yolculuklar için fazla sayıda alternatif yol kullanılabilmesi, arazi kullanım yapısının sürekli olarak değişmesi, kent içi trafik planlamasının karmaşık yapıda olmasına neden olmaktadır. Özel araç, yaya ve toplu taşıma sistemlerinde taleplerin tümü için ve sürekli olarak veri

alınabilmesini sağlayan bir sistem, çok yüksek maliyetli, zaman alan ve günümüzde uygulaması pek mümkün olmayan bir sistemdir. Bu bakımdan, ulaştırma planlamasının yapılabilmesi için toplumu temsil eden örnek veriler ile yolculukların, başlangıç ve varış noktalarını bağlayan karayolu bağlantılarındaki hacim değerleri, gerçeğe en yakın değerleri yansıttak şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

DAUM Ulaştırma Planlamasında sık kullanılan makro ölçekli planlama modeli dört aşamalı ulaştırma modelidir ve verilerin toplanmasındaki kolaylıklar, basit ve anlaşılır yapısından dolayı ulaştırma planlamalarında, trafik tahminleme modellemelerinde etkili ve hala geçerliliğini koruyan bir yöntemdir (Haluk Gerçek vd., 2003; Öğüt vd., 2017).

### 3.3. Dört Aşamalı Ulaştırma Modeli

DAUM modellemesine ve teknik çalışmalara başlamadan önceki ilk adım, çalışma alanının “zon” denilen daha küçük trafik analiz bölgelerine ayrılmasıdır. Böylelikle ilgili zonların kendi içerisindeki yapılan yolculuk miktarları ve bu zonlara giriş ve zondan çıkış yapan yolcuların yolculuk miktarları ile ilgili detaylı analizler yapılabilecektir.

Zonlar oluşturulurken şu hususlara dikkat edilmelidir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014):

- Her bir zonun kendi içerisindeki sosyoekonomik karakteristikleri mümkün olduğunca benzer ve homojen olmalıdır.
- İdari, tarihi ve coğrafi sınırlara mümkün olduğunca dikkat edilmeli ve uyulmalıdır.
- Zonların nüfus sayım sınırlarıyla uyumuna dikkat edilmelidir.

DAUM, yolculuk üretimi, yolculuk dağıtım, türel ayırım ve trafik atama olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır.

#### 3.3.1. Yolculuk üretimi

Yolculuk üretimi, DAUM’un ilk adımı (de Dios OrtÃozar ve Willumsen, 2011) olmakla birlikte sonraki aşamalar için kritik, etkin tahminlemeler için önemli analizler içermektedir (Bwambale vd., 2017). Yolculuk üretim modellerinde, genellikle yolculuk

miktarları veya oranları ile bireylere ya da hane halkına ait özellikler arasında matematiksel ilişkisi kurulur (Bwambale vd., 2015).

DAUM'un ilk basamağı olan yolculuk üretim/çekim kısmında her bir zondan üretilen ve zona çekilen yolculuklar bu zonların nüfus, gelir düzeyi, öğrenci sayıları, istihdam miktarları, hastanelerde bulunan yatak sayıları, sosyoekonomik vb. parametrelere bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Yapılan yolculuklar amaçlarına göre:

- a) Ev-İş yolculukları
- b) Ev-Okul yolculukları
- c) Ev-Diğer yolculukları
- d) Ev tabanlı Olmayan (Diğer) Yolculuklar

olmak üzere en az dört gruba ayrılarak analizler yapılır, her yolculuk amacı için zonlarda üretilen ve çekilen yolculuklar günlük olarak hesaba katılır.

Yolculuk yaratımı için geleneksel olarak iki temel yöntem kullanılmaktadır. İlki İngiltere'de "Kategori Analizi" ABD'de "Çapraz Sınıflama" olarak bilinen yöntemdir. Bu yöntemle kişiler çalışıp çalışmama, gelir düzeyleri (düşük, orta, yüksek vb.), özel otomobil sahibi olma veya olmama gibi gruplara ayrılıp bu gruplar üzerinden işlemler ve hesaplamalar yapılmaktadır (Douglas ve Lewis, 1970; Caldwell III ve Demetsky, 1980; Stopher ve McDonald, 1983; Walker ve Peng, 1991). İkincisinde ise genellikle bir doğrusal regresyon analizi modeli kurulmakta ve bölgelerin demografik, sosyoekonomik bazı özellikleri ile yolculuk sayıları arasındaki ilişkiyi veren regresyon model katsayıları aranmaktadır (Haluk Gerçek vd., 2003).

### **3.3.2. Yolculuk dağıtımı**

Modelin ilk aşamasında belirlenen zonal seyahat üretim verilerine bağlı olacak şekilde, modelin bu aşamasında her bir zonda üretilen toplam yolculuk miktarları, çalışma



alanında bulunan diğer zonlara dağıtılıp, zonlar arasında beklenen karşılıklı yolculuk etkileşimleri belirlenir.

Bir başka ifadeyle, zonlar arası yolculuk değerlerinin elde edildiği başlangıç-varış matrisleri, bu aşamada ortaya koyulmaktadır. Eğer yolculuklar çalışma alanının belirlendiği zonlardan birinde başlayıp, çalışma alanındaki diğer bir zonda bitiyorsa, bu yolculuklar içsel (alan içi) yolculuklar olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte, çalışma alanı içerisinde bir zondan başlayıp, çalışma alanı dışındaki farklı bir noktada ya da zonda biten yolculuklar da, dışsal (alan dışı) yolculuklar olarak adlandırılmaktadır.

Genel olarak yolculuk dağıtım modellerinde üç ana yaklaşım bulunmaktadır (Lenormand vd., 2016). İlki geleneksel çekim modeli yasasına dayanan, bölgelerin nüfusuyla ve bölgelerin arasındaki mesafelere dayalı bir fonksiyona bağlı olan ve en sık tercih edilen modeldir (Zipf, 1946; Wilson, 2013). İkincisi ise çekim kanunu aksine, göç tercihleri söz konusu olduğunda, göç için cezbedici fırsatların, konum seçimlerinde mesafeye göre daha önemli bir rol oynadığı ilkesine dayanan Kesişen Fırsatlar Teorisi'dir (Stouffer, 1940). Stouffer'in önerdiği orijinal yasa Schneider tarafından yeniden formüle edilmiş (Schneider, 1959) ve o zamanlardan bu yana kapsamlı bir şekilde üzerinde çalışılmıştır (Heanue ve Pyers, 1966; Ruiters, 1967; Akwawua ve Pooler, 2001). Kullanılan modellerden üçüncüsü ise Büyüme Faktörü Modeli'dir. Temel alınan yıla ait başlangıç-varış matrislerinin ve seyahat artış oranlarına ait bir ortalama değer biliniyor olması, analizler ve çözümler için gerekmektedir (Schneider, 1959; McNally, 2000).

### 3.3.3. Türel ayırım

Bir önceki aşama olan yolculuk dağıtım aşaması ile zonlar arasındaki üretim ve çekim değerlerine göre hesaplanmış zon bazlı seyahat matrisi oluşturulmaktadır. DAUM'un türel ayırım aşamasında, zonlarla ilgili hedef yılda yapılacak yolculuklarda, tercih edilecek ulaşım türleri ve her bir türün hangi oranlarda kullanılacağı belirlenir. Dolayısı ile aşamanın sonunda, çalışma alanı ile ilgili olarak ne kadar yolculuğun toplu taşıma sistemleriyle, ne kadarının özel araçlarla olabileceğine dair tahmin değerleri elde edilmiş olacaktır. Bu özel araç ve toplu taşıma atamalarına ait model ve yöntemlerle yapılmaktadır.

Temelde türel dağılım modelleri, bir ulaşım türünün kullanılma olasılığını, bağımsız değişkenler ve parametrelerle ilişkisini veren matematiksel bağıntılar içermektedir. Bu anlamda, türel ayırım modelinde kullanılan veriler, detaylı ve kapsamlı bir şekilde yapılan başlangıç-varış odaklı hane halkı anket çalışmalarından sağlanır.

Türel ayırımı etkileyen faktörler üç ana grupta toplanmaktadır (Banks, 2002; Mathew ve Rao, 2006):

1. Yolculuk yapacakların karakteristikleri:

- Otomobil sahipliği
- Sürücü belgesi olup olmaması
- Hane yapısı (genç karı-koca, çocuklu aile, emeklilik durumları vs.)
- Gelir
- Hane dışında alınan bazı kararlar (Örneğin, işyerinde bir araba kullanma ihtiyacı, çocukları okula götürmek gibi)

2. Yolculuk özellikleri:

- Yolculuk amacı (iş, okul, alışveriş amaçlı vs.)
- Yapılacak yolculuğun gün içerisindeki zaman aralığı
- Seyahatin varış noktası

3. Ulaşım sisteminin özellikleri: Nicel ve nitel özellikler olarak iki tür özellik vardır.

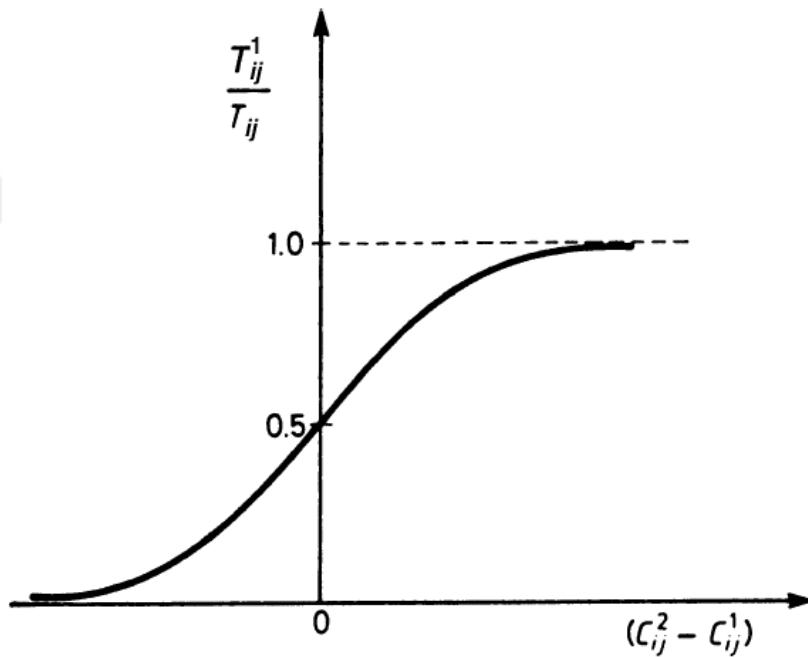
Nicel Özellikler:

- Seyahat süresi
- Seyahat maliyeti (Ücretler, yakıtlar gibi)
- Otopark durumu
- Otopark ücretleri

### Nitel Özellikler:

- Konfor ve rahatlık
- Güvenilirlik ve düzenlilik
- Koruma, güvenlik

İlk türel ayırım modellerinde, genellikle yolculuk süresi olmak üzere yalnızca yolculuğun bir veya iki özelliği dikkate alınmaktaydı. S-Biçimli eğrinin (Şekil 3.1), tür ayırımı noktasında, zaman oranları ve yolculuk maliyetleri farkı gözeterek, ilgili türün seçilme olasılığı ile ilgili yolculuk davranışlarını daha iyi tanımlayabildiği görülmüştür (de Dios Ortuzar ve Willumsen, 2011).



Şekil 3.1. Ampirik türel ayırım eğrisi

Burada  $C_{ij}^1$ : i noktasından j noktasına yapılan yolculuğun maliyetini,  $T_{ij}^1/T_{ij}$ : i noktasından j noktasına yapılan 1 türündeki yolculuk sayısının toplam türlerdeki yolculuk sayılarına oranını belirtmektedir.

### 3.3.4. Trafik ataması

Türel dağılım ile özel araç, ara ve toplu taşıma araçları ile zonlar arasındaki yolculuk matrisleri tahmin edilmektedir. Ancak, gerek şehirlerarası devlet yollarının kent içinde bulunması sebebi ile oluşacak trafik, gerekse kent içerisindeki yük trafiğinin de modele yansıtılabilmesi amacıyla, çalışma esnasında toplanacak verilerin analizleri sonucu, belirlenen bir yöntem ile yük trafiği ve transit trafik için de bir matris tahmin edilip oluşturulmalıdır. Tüm bu matrisler toplu taşıma ve karayolu ağlarına seyahat atama modelleriyle atanarak toplu taşıma sistemleri ve bağlantılar üzerindeki trafik akımları tahmin edilmektedir.

Trafik atama sistemi, ilgili güzergâhların trafik akım değerleri hakkında bilgi verir. Eğer tüm araçlar, başlangıç-varış arasındaki yolculuk süresi en kısa olan güzergâhı seçer ve hepsi aynı güzergâhı kullanırsa, en kısa yolculuk süresine sahip güzergâhta trafik tıkanıklığı oluşarak, en uzun yolculuk süresine sahip hale gelebilmektedir. Bu durumda da, bazı yol kullanıcıları alternatif güzergâhları kullanmaya başlayacaklardır. Benzer şekilde düşünebilecek sürücülerin artışı ile alternatif bir güzergâhta da bir süre sonra sıkışıklık meydana geleceğinden, diğer güzergâhlar kullanım açısından daha uygun hale gelmektedir. Benzer döngü, bir süre sonra bu alternatifler için de söz konusu olabilecektir. Zirve saatlerdeki trafik akım değerlerinin tespit edilmesi için yapılacak bu atamalarda, güzergâh ya da yol seçimi seyahat edeceklerin seyahat maliyetlerini en aza indirgeyecekleri varsayımına dayanmalıdır. Dolayısı ile trafik ataması, seçim yapılan güzergâhlarda oluşabilecek trafik akımlarının tespit edilmesi, talep-performans dengesi sağlanması konusunda karşılaşılabilecek probleminin çözümünün elde edilmesi ile yapılabilmektedir (de Dios Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Yolculuk maliyetleri olarak, yolculuk esnasında geçen sürenin parasal değeri ile yolculuk ücretlerinin toplamından oluşan "genelleştirilmiş maliyet" kullanılabilir. Yolculuk ücreti, toplu taşıma sistemlerinde bilet ücretleri, özel araçlarda ise yakıt bedeli olarak hesap edilmektedir (Allsop, 1974; Nguyen ve Pallottino, 1988). Trafik atama modellerindeki süreç şu esaslara dayanmaktadır (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014):

- Yol kesimlerinin üzerindeki hacim miktarlarına ve kapasitelerine bağlı olarak yolun tıkanma potansiyelini göz önünde bulundurularak yapılan karayolu atamasında, tüm matrisler otomobil eşdeğerlik birimine (OEB) dönüştürülür.
- Önerilen ve mevcuttaki toplu taşıma koridorlarında zirve saatlerdeki olası bir toplu taşıma ağındaki durak ve istasyonlar bazında yapılacak yüklemeler ve sistem tasarım öncelikleri belirlenmelidir.
- Trafik atamalarında doğrulama, kordon noktalarında yapılan saha sayımlarından tespit edilen, günlük-zirve saatteki yolculuk/OEB sayıları ile atama modeli sonucunda aynı noktalardan geçeceği tahmin edilen yolcu/OEB sayısının karşılaştırılması ile yapılmaktadır.
- Kalibrasyon, optimum (en uygun) sonuç alınana kadar tekrar edilmelidir

Tür seçimi ve trafik atama aşamalarında kullanılan yöntemlerden biri, elektrik alanında, Kirchhoff formülünün bir versiyonunun kullanılmasıyla elde edilen bir yaklaşımdır.  $k$  genelleştirilmiş maliyet fonksiyonunu kullanan,  $i$  başlangıç noktası ve  $j$  varış noktası arasındaki yolculuk türünün maliyetleri  $C_{ij}^k$ , toplam maliyete oranı  $P_{ij}^k$  olmak üzere, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$P_{ij}^k = \frac{(C_{ij}^k)^{-n}}{\sum_1^k (C_{ij}^k)^{-n}} \quad (3.1)$$

Burada  $n$ , farklı bir zaman veya bölge için uygulanabilecek kalibrasyon katsayısı değeridir ve bu nitelikteki tür seçimi veya trafik ataması için 4 ile 9 arasındaki değerler önerilmektedir (de Dios Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Ulaştırma planlamasında DAUM modeli için anket verileri kullanılarak son aşamasıyla birlikte ne kadar aracın hangi kesit veya kavşak gibi noktalardan geçeceği tahmin edilmektedir. Bu tahmin sonuçlarının, hane halkı anketlerinin yapıldığı zaman diliminde, sahada yapılan trafik sayımlarıyla karşılaştırılması ve örtüşmesi gerekmektedir. Örtüşmediği durumlarda ise DAUM'un her aşamasındaki modellerin kontrol edilerek tekrar trafik sayım

sonuçlarıyla karşılaştırılması yapılmalıdır. Bu işlem, DAUM tahmin sonuçlarıyla sahadaki trafik sonuçları örtüşene kadar tekrar edilmelidir. Makro planlama kapsamında yapılan tahminler mikro düzeyde (yol kesitleri, kavşaklar vs.) çok etkili ve detaylı sonuçlar verememektedir. Örneğin, DAUM analizleri, kavşakların sinyal süreleri veya yol ve kavşak geometrilerindeki yapılabilecek iyileştirmeler gibi önerilerde bulunabilmek için uygun analizler değildir. Mikro düzeydeki planlamalar ve iyileştirmeler, mikro planlama için uygun olan, bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi yapay zeka yöntemleri ve bunun gibi yöntemleri esas alan bazı mikro simülasyon analiz programları (Synchro, AimSun, Vissim vs.) kullanılarak yapılabilmektedir (Ratrou ve Reza, 2014; Mahmud vd., 2018).

### 3.4. Ulaştırma Planlamasında Kullanılabilecek Parametre Kestirim Teknikleri

Ulaştırma planlamalarında özellikle de yolculuk üretiminde, belirli bölgelerdeki kişilerin ya da hanelerin yolculuk talep özellikleri belirlenirken, yolculuk yapanların sosyal, kültürel, ekonomik bazı karakteristikleri ile yolculuk yapma eğilimleri arasında ilişki kurulmaya çalışılmaktadır. Bu ilişkiler, çalışmalarda ve UAP'lerde sıklıkla EKK tekniğine dayalı basit ya da ÇDR ile modellenmektedir (Karakuş vd., 2012). Ancak EKK tekniği, verilerle ve hatalarla ilgili bazı varsayımların sağlanmaması gibi durumlarda yanlı ve tutarsız tahminler yapabilmektedir. Böyle durumlarda kullanılabilen, yanlı tahmin yöntemleri ve sağlam regresyon teknikleri bulunmaktadır.

#### 3.4.1. En küçük kareler tahmincisi

Değişkenler arasındaki ilişkilerin tanımlanması için regresyon tahmin edicileri sık kullanılan bir yöntemdir ve bağımsız değişken(ler)in bağımlı değişkeni ne ölçüde açıkladığını inceler. Bu amaçla birçok regresyon tahmin edicisi kullanılmaktadır. Bu noktada, değişkenler için en iyi uyum sağlayan regresyon tahmin edicisini doğru bir şekilde saptamak gerekmektedir. EKK yöntemi regresyon analizinde kullanılan en yaygın yöntemdir. EKK yönteminde amaç hata terimlerinin karelerinin minimize edilmesidir. Bu durum için genel haliyle eşitlik 3.2 ile verilmiştir. Hata karelerinin toplamını en küçükleyen  $\hat{\beta}$  tahminleri regresyon modelindeki  $\beta$  katsayılarının EKK tahmin edicileridir.

$$\min \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2, i = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

Burada  $\varepsilon_i$ , hata terimlerini ifade etmektedir. “p”, bağımsız değişken sayısı olmak üzere,  $\beta_i$ : ( $0 \leq i \leq p$ ) Regresyon katsayılarının EKK tahmin edicileri 3.3 eşitliği yardımıyla bulunmaktadır.

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3.3)$$

Burada  $Y$ : bağımsız değişken matrisini,  $X'$ :  $X$  matrisinin transpozunu,  $Y$  ise bağımlı değişken matrisini ifade etmektedir.

Regresyon parametrelerinin tahmin amacıyla kullanılabilmesi için temel bazı varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlar genellikle hata terimleri ile ilgili olmakla birlikte şu şekilde sıralanabilir (Toy, 2014):

1. Regresyon modeli doğrusaldır.
2. Hata terimleri normal dağılımdadır.
3. Hata terimlerinin ortalaması sıfırdır.
4. Hatalar rastsaldır.
5. Hatalar sabit varyanslıdır.
6. Hatalar birbirinden bağımsızdır (Otokorelasyon yoktur).
7. Hata terimleri ile bağımsız değişken arasında bağ yoktur.
8. Bağımsız değişkenler arasında çoklu iç (doğrusal) ilişki yoktur.

EKK yöntemi hataların normal dağıldığı durumlarda yansız ve etkin sonuçlar veren bir tahmin edicidir. Ancak aykırı değerlerin normallik varsayımını bozmaktadır. Aykırı değerler, verinin büyük bir kısmından farklılık gösteren gözlemlerdir.

EKK yöntemi aykırı değerlere karşı duyarlı olmasından dolayı, aykırı değerlerin olması tutarlı olmayan tahminlere sebep olmaktadır (Mosteller ve Tukey, 1977).

Yapılan bir araştırmada, 1984-2016 dönemine ait veriler aracılığı ile dış ticaret ve cari işlemler dengesinin Türkiye'nin ekonomik gelişme ve büyümesi üzerindeki etkisini araştırmak için oluşturulan model EKK Yöntemi ile regresyon analizi yapılmış ve birim kök

testi uygulanarak sonuçlar alınmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar, dış ticaret ve cari işlemler dengesinin ekonomik büyümeye negatif yönde etkiye sebep olduğunu göstermiştir (Konaç, 2018).

### **3.4.1.1. Doğrusal regresyon analizi**

Regresyon analizi, birbirleri arasında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konuyla ilgili kestirimler veya tahminler yapabilmek için, matematiksel bir model ile ifade etmeye yarayan bir istatistiksel analiz tekniğidir. İki değişken arasındaki doğrusal ilişki, “basit doğrusal regresyon” ile, bağımlı değişkeni etkileyen birden fazla bağımsız değişken olması durumunda ise ÇDR ile modellenmektedir. EKK yöntemi, ÇDR analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmadığı durumlarda ilişkiler “Doğrusal Olmayan Regresyon” başlığı altında incelenmektedir (Alpar, 2011).

Genel olarak basit doğrusal bir regresyon modeli şu formatta ifade edilir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.4)$$

Burada  $\beta_0$ : Sabit terim ve  $\beta_1$ : X bağımsız değişkeninin katsayısıdır. Bu bilinmeyenlere regresyon katsayıları denmektedir ve tahmin edilmeleri gerekmektedir.  $\varepsilon_i$ : hata terimlerini ifade etmektedir.

$\beta_0$ ; Regresyon doğrusunun Y eksenini kestiği noktadır. “Sabit terim” ya da “kesim noktası” gibi isimler almaktadır. Eğer  $X_1$  değişkeninin dağılım aralığı 0’ı içeriyorsa  $\beta_0$ ,  $X_1=0$  olduğunda Y’nin alacağı ortalama değeri verir.  $X_1$  değişkeni 0’ı içermiyorsa  $\beta_0$ ’ın uygulama yönünden bir yorumu olmamaktadır.

$\beta_1$ ; Regresyon katsayısı olarak adlandırılır ve bağımsız değişkendeki bir birimlik değişimin, bağımlı değişkende meydana getireceği ortalama değişimi göstermektedir.

$\varepsilon_i$ ;  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1}$  doğrusal regresyon denklemi,  $X_1$  ile Y arasındaki reel ilişkiye kabul görebilir bir yaklaşım sağlar ve Y,  $X_1$ ’in doğrusal bir fonksiyonu iken,  $\varepsilon_i$ ; bu



yaklaşımından yanılığ (hata) terimi olarak ifade edilir. Genel olarak hata teriminin regresyon modelinde olmasının sebebi, Y'deki meydana gelen değişimin bağımsız değişken(ler) tarafından kesin olarak ifade edilemeyebileceği gerçeğine dayanır.

ÇDR'yi p adet bağımsız değişken için, genel olarak ifade eden denklem şu şekildedir:

$$Y = X_i\beta_i + \varepsilon \quad (3.5)$$

Burada Y Bağımlı değişken vektörü,  $X_1, X_2, \dots, X_p$ : bağımsız değişkenler (X veri matrisi) ve  $\beta_i$  ( $0 \leq i \leq p$ ) regresyon katsayıları (parametreler),  $\varepsilon$  ise hata terimidir.

#### **3.4.1.2. ÇDR modelinde parametre kestirimleri için uygunluk kontrolü**

Regresyon analizlerinde parametre tahminleri aracılığı ile regresyon denklemleri elde edilmektedir. Bu denklemlerde değişkenlerin arasındaki ilişkileri belirten tahmin modelindeki katsayıların ve modelin istatistiki olarak anlamlı ve önemli olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Bu araştırma F ve t testi gibi birtakım istatistiki yöntemlerle değerlendirilebilmektedir.

F testi, iki veya daha fazla bağımsız değişken grubuna ait ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı ile ilgili hipotezleri test etmek için kullanılmaktadır. F değeri eşitlik 3.6'daki denklemle hesaplanmaktadır.

$$F = \frac{R^2/(k+1)}{(1-R^2)/(k+1)} \quad (3.6)$$

Burada;

$R^2$ : belirtme katsayısı,

k: bağımsız değişken sayısı, n: gözlem sayısını ifade etmektedir.

t testi, araştırılan olaydaki bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi gösteren  $\hat{\beta}$  parametrelerin test edilmesini sağlamaktadır. Tek bir parametreyi test etmek üzere gerekli t istatistiği eşitlik 3.7 kullanılarak hesaplanır.

$$\hat{\beta}_k - \frac{\hat{\beta}_k - \beta_k}{\sigma_{\hat{\beta}}} \quad (3.7)$$

Eşitlikte,  $\hat{\beta}_k$ : Test edilen parametrenin değerini,  $\sigma_{\hat{\beta}}$ : İlgili parametrenin standart hatasını ifade etmektedir.

Serbestlik derecesi  $n-k-1$  için,  $t$  tablosundan bulunan değer,  $t$  istatistiğinden küçük olması durumunda, bulunan katsayının istatistiki olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır (İmir, 1986).

### 3.4.2. Yanlı tahmin yöntemlerinin kullanılması

#### 3.4.2.1. Coklu doğrusal bağlantı (ic ilişki) problemi

Doğrusal modellerde geleneksel regresyon yöntemlerini uygulayabilmek için gerekli bazı varsayımların sağlanması gerekmektedir. Bu varsayımlar her zaman her veri grubunda sağlanmaz. Bazı varsayımlar doğrulanmadığında yanlı tahminler ve gerçek sonuçlardan sapmalar gerçekleşmektedir. Bağımsız değişkenler arasında ÇDB olmaması doğrusal regresyon modellerinde sağlanması gereken önemli bir varsayımdır ve açıklayıcı değişkenler arasında yüksek ilişkinin bulunması, başka bir ifadeyle bağımsız değişkenlerden iki veya daha fazlasının sayısal olarak birlikte artıp birlikte azalması durumunda karşılaşılan bir problemdir (Hoerl ve Kennard, 1970a).

#### 3.4.2.2. Coklu doğrusal bağlantı (ic ilişki) nedenleri ve sonuçları

ÇDB'nin temel sebepleri şu şekilde özetlenebilir (Gujarati, 2004):

1. Kullanılan veri derleme metotlarında, bağımsız değişkenlerin genel kitledeki değerlerin kısıtlı bir aralığında örneklem veri alınmış olması,
2. Örneklemin ait olduğu kitlede ya da modelde sınırlamalar olması,

3. Kurulan modeldeki bağımsız değişken sayısının gözlem sayısından fazla olması (Aşırı belirlenmiş model),
4. Bağımsız değişkenlerin genel bir eğilim içinde olmaları, yani birlikte azalıp artmalarıdır.

Bu sebepler sonucunda,

1. Parametre tahminlerinin varyans ve kovaryansların artmasıyla katsayıların güven aralıklarının genişlemesine yol açmaktadır,
2. Standart hatalar artarak, t testi değerlerini küçültürler ve bu nedenle bağımsız değişkenleri t testine göre anlamsızlaştırır,
3.  $R^2$  değeri yüksek çıkacağı için model hatalı kurulmuş olsa bile modelin uygun ve anlamlı bir model olduğu yanlışlanmasına düşülür,
4. Parametre tahminlerinde büyük sapmalar ve hatalar meydana gelir.

### **3.4.2.3. Çoklu doğrusal bağlantı sorununun belirlenmesi**

Veri setinde çoklu iç ilişki probleminin belirlenmesinde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır (Gujarati ve Madsen, 1998). Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir.

1. Bağımsız değişkenler arasındaki ikili korelasyon katsayısı (r) değerlerinin yüksek olması ( $r > 0.75$ ) ÇDB'nin bir göstergesidir (Alpar, 1997).
2. Tahmin edilen modelin  $R^2$  (Açıklama/Belirtme Katsayısı) değeri yüksek çıkmasına rağmen t istatistik değerleri düşük çıkarsa, bu durumda ÇDB varlığı söz konusu olabilmektedir (Tarı, 2010).

3. Standartlaştırılmış yapıda  $XX'$  matrisinin determinant değeri 0 ile 1 arasındadır ( $0 \leq |XX'| \leq 1$ ). Determinant 0 ise tam ÇDB vardır, determinantı 1 ise ÇDB yoktur denir.  $XX'$  matrisinin determinantı 1'e yaklaştıkça ÇDB'nin gücü azalmaktadır.
4. Varyans şişirme faktörü (variance inflation factor – VIF), ÇDB araştırmasının bir ölçüsü olarak kullanılabilir. İki açıklayıcı değişkenli modelde genel olarak,

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (3.8)$$

olarak hesaplanır. Burada  $R_j^2$ , j'inci açıklayıcı değişkenin diğer açıklayıcı değişkenlerle olan açıklayıcılık katsayısıdır. ÇDB'nin bulunmaması durumunda ( $R_j^2 = 0$ ), VIF=1 olur. VIF>5 olması durumunda ÇDB'den bahsedilebilmektedir (Tarı, 2010).

5. Bağımsız değişkenlere ait katsayıların işaretlerinin teorik beklentiden farklı çıkması ÇDB'nin bir göstergesi olabilmektedir.

#### **3.4.2.4. Çoklu doğrusal bağlantı probleminin çözülmesi**

ÇDB probleminin çözümünde kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır.

1. Kesit verileri ile zaman serisi verilerini bir havuza toplayarak ve karma veri oluşturarak ÇDB problemi çözülebilir (Gujarati, 2004).
2. Zaman serisi verilerinde genellikle ÇDB'yi çözenin yolu, açıklayıcı değişkenlerin orijinal değerlerinin değil de dönüştürülmüş değerlerinin (Örneğin, 2001, 2002, ..., şeklinde artan zaman serisinde sırasıyla 1, 2, 3, ..., değerleri) kullanılmasıdır. Değişkenlerin birinci farkları veya değişim miktarları veya oranları kullanılarak da ÇDB problemi çözülebilmektedir (Tarı, 2010).
3. ÇDB'ye neden olan değişken veya değişkenlerin modelden çıkarılması ya da uygun şekilde birleştirilmesi ile çözümler üretilebilmektedir. Ancak, bu değişken(ler)

teoride önemi olan ve açıklayıcılığı yüksek olan veriler ise modelden çıkarılması doğru olmayacaktır.

4. Örneklem büyüklüğü artırılarak, ÇDB problemini çözmek ya da etkisini azaltmak mümkün olabilmektedir.
5. ÇDB problemi olan modeller tahmin edilirken, ÇDB'nin göz önünde bulundurarak tahminleme yapan RR ve "Temel Bileşenler Regresyon Çözümlemesi" gibi bazı yanlı tahmin metotları kullanılarak, yanlı olmasına karşın, kararlı tahminler üretilebilmektedir (Vupa ve Alma, 2008).

#### **3.4.2.5. Ridge tahmin edicisi**

RR Yöntemi, regresyon analizlerinde karşılaşılan, ÇDB problemine çözüm üretebilen bir yöntem olarak Hoerl ve Kennard (Hoerl ve Kennard, 1970a; Hoerl ve Kennard, 1970b) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. ÇDB durumunda regresyon katsayılarının kovaryans ve varyans değerlerinde artış görülmektedir.

RR Analizi üç amaç kapsamında önerilmiştir:

- 1- Güçlü ÇDB olması durumunda, katsayılarda ortaya çıkan kararsızlıkların grafikler üzerinde gösterilebilmesi,
- 2- ÇDR modelinde açıklayıcı değişkenlerin, birbirleriyle ilişkili oldukları şartlarda, EKK tahmin edicisinden daha küçük varyanslı tahminlerde bulunulabilmesi,
- 3- Modeldeki gerekli olmayan değişkenlerin çıkarılması için kullanılabilir.

RR yöntemine göre,  $X'X$  matrisinde köşegen elemanlara küçük bir yanlılık sabiti ( $k$ ) eklenerek varyans azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu işlemin haricinde, EKK metoduyla bütün işleyiş aynı şekildedir (Hoerl ve Kennard, 1970a; Hoerl ve Kennard, 1970b). " $k$ " eklendikten sonra açıklayıcı değişkenler arasındaki yakın bağımlılıklar ortadan kaldırılıp, varyanslar küçültülerek daha durağan sonuçlar elde edilmektedir. Ancak RR ile hem tahminlerin

varyansları azaltılır hem de bu katsayı oranında yanlı tahminlemeler yapılmış olmaktadır (Polat, 2014).  $k \geq 0$  olmak üzere geleneksel ridge tahmin edicisi Eş. 3.9'daki gibi gösterilebilmektedir ve bu eşitlikten,  $I$ : birim matris olmak üzere,  $W = W(k) = [X'X + kI]^{-1}$  olduğu görülebilmektedir.  $\widehat{\beta}^*$  ifadesinde  $k$  bir anımsatıcı olarak, tahminin seçilen  $k$ 'ya dayalı olduğunu belirtmek için kullanılır (Hoerl ve Kennard, 1970a).

$$\widehat{\beta}^* = \widehat{\beta}^*(k) = [X'X + kI]^{-1}X'Y = WX'Y \quad (3.9)$$

RR tahmincisinin, EKK tahmincisi ile olan ilişkisi aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\begin{aligned} \widehat{\beta}^* &= (X'X + kI)^{-1}X'Y \\ &= (X'X + kI)^{-1}X'X(X'X)^{-1}X'Y \\ &= [(X'X)^{-1}(X'X + kI)]^{-1}\widehat{\beta} \\ &= [I + k(X'X)^{-1}]^{-1}\widehat{\beta} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Buradan aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir

$$\widehat{\beta}^* = Z\widehat{\beta} \quad (3.11)$$

Eş 3.9'dan,  $Z = Z(k) = [I + k(X'X)^{-1}]^{-1}$  ve  $E(\widehat{\beta}^*) = Z\beta$  olduğu ve  $\widehat{\beta}^*$ 'ın,  $\beta$ 'nın yanlı bir tahmini olduğu görülmektedir.  $k=0$  olduğunda RR tahminleyicisi  $\widehat{\beta}^*$ ; EKK tahmin edicisi  $\widehat{\beta}$ ' ya eşit olur (Hoerl ve Kennard, 1970a).

RR yöntemi ile ilgili çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Değişen yaşlardaki 91 adet sazan balığının, çeşitli vücutsal ölçüleri kullanılarak karkas ağırlığının tahmin edilmeye çalışıldığı bir araştırmada, vücut ölçülerine ait veriler arasında çoklu iç ilişki tespit edilmiştir. EKK regresyonuna alternatif olan RR ve temel bileşenler regresyon yöntemleri kullanılarak problem ortadan kaldırılmaya çalışılmış ve sonuçlar her üç yöntem için de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için  $R^2$ , Kök Ortalama Karesel Hata, modellerin varyasyon katsayısı ve hata kareler ortalaması kullanılmıştır. Bu değerlere göre, en iyi uyum sıralaması; EKK, RR ve temel bileşenler regresyon analizi

olacak şekilde ortaya çıkmıştır. Ancak çoklu iç ilişki durumunda, EKK metodu kullanmanın bazı yanılırlara sebebiyet verebileceği için RR ve temel bileşenler regresyon yöntemlerinin kullanımı önerilmiştir (Topal vd., 2010).

Bir çalışmada, “Birleşik Devletler İçin İktisadi Dalgalanmalar” başlıklı, Klein’in 1950 yılında yapmış olduğu çalışmada formüle ettiği, çoklu bağlantı problemi olan eşanlı denklem modeli kullanılmıştır. Model, geleneksel tahmincilerden iki aşamalı en küçük kareler ve üç aşamalı en küçük kareler ile yanlı tahmincilerden geliştirilmiş maksimum entropi ve RR ile kurulmuştur. Tahmin güçlerinin ölçülmesi ve karşılaştırılmasında hata kare ortalamaları bazında bootstrap yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta, ÇDB problemi için en iyi çözüme geliştirilmiş maksimum entropi yöntemi ile ulaşıldığı görülmüştür (Gezer, 2016).

Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu’nun yapısı ve kullanım alanlarının tanıtıldığı araştırmada, bu yöntem ile, ÇDR yöntemi ve genellikle bağımsız değişkenler arasında karşılaşılan ÇDB problemini çözmeye kullanılan RR ve Temel Bileşenler Regresyonu yöntemleri kestirim başarıları açısından kıyaslanmıştır. Bu yöntemlere ilişkin analiz sonuçlarında, yüksek ilişkili olan veri kümeleri, veriye uyum bakımından ÇDR yöntemi daha başarılı olsa bile, gelecek gözlemleri kestirecek bir model elde edilmek istendiğinde Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu, Temel Bileşenler Regresyonu ve RR’nin tercih edilebileceği ortaya konulmuştur (Polat, 2009).

#### **3.4.2.6. “k” yanlılık parametresi seçim yöntemleri**

RR metodunda en önemli noktalardan biri en uygun “k” yanlılık katsayısını tespit etmektir. Bu yöntemlerden bazıları şu şekildedir.

1. Ridge İzi Yöntemi: Bu yöntem, ÇDB etkilerini grafik olarak gösteren ve k katsayısını en uygun çözümü üretmede kullanılacak şekilde seçilmesine yarayan bir yöntemdir. Grafiğin dikey eksenine, k değeri belli aralıklarla artırılarak, her bir k değeri için hesaplanan ridge tahmin değeri, yatay eksenine ise k değerleri yazılmaktadır (Demirci, 2014). k’nın genellikle [0-1] aralığındaki değerlerine karşılık gelen  $\beta_j$ ’leri, birleştiren çizgilerden oluşan “ridge izi” nden yararlanılarak

“k” seçimi yapılabilmektedir. Her  $\beta_j$  için çizilen eğrilerin yataydaki eksene paralel olmaya başladıkları  $k^*$  değeri, ilgili modele ait RR parametresi olarak belirlenmektedir (Yıldırım, 2010).

2. Hoerl ve Kennard 1970’te k değerinin tespiti için,  $k = \frac{\hat{\sigma}^2}{\alpha_{max}^2}$  (Hoerl ve Kennard, 1970b) eşitliğini tahmin edici olarak önermişlerdir.
3. Diğer bir yöntem ise, Hoerl ve Kennard tarafından 1976’da önerilen aşağıdaki eşitliktir: (Hoerl ve Kennard, 1976)

$$k = \frac{p\hat{\sigma}^2}{\beta'\hat{\beta}} \quad (3.12)$$

Burada  $p$ , bağımsız değişken sayısı;  $\hat{\beta}$ ,  $\beta$ ’ların EKK tahminleri;  $\hat{\sigma}^2$  ise EKK ile elde edilen  $\sigma^2$  tahminidir. Eşitlikte iteratif yapılarak en uygun k değeri tespit edilir.

4. Guilkey ve Murphy (Guilkey ve Murphy, 1975) tarafından 1975 yılında yapılan çalışmada, sadece küçük özdeğerlere karşılık gelen köşegen değerlerine  $k = \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\alpha}_R' \hat{\alpha}_R}$  değerinin ilave edilmesi ile ridge tahmin edicisini kullanılması önerilmiştir.

### 3.4.3. Sağlam (Robust) regresyon tahmin edicilerinin kullanılması

#### 3.4.3.1. Aykırı değer tanımı

Sağlam regresyon tahmin edicilerinin kullanılmasının ana nedeni EKK’ya dayalı ÇDR gibi tahmin edicilerinin aykırı değerlere karşı dayanıksız olması ve hatalı tahminlere sebep olmasıdır. Bu sebeple tahmin edicinin sağlamlığı, aykırı değerlerden etkilenme miktarına göre yorumlanabilmektedir. Yani bir tahmin edicinin, aykırı değerlerden etkilenme miktarı az ise, sağlamlığının fazla olduğu söylenebilmektedir.

Regresyon analizlerinde, büyük miktarda artığa sahip olan nokta ya da noktalar aykırı (uç) değer(ler) olarak ifade edilmektedir. Farklı bir ifadeyle, noktanın ya da noktaların



bağımlı değişken değerinin diğerlerine kıyasla oldukça farklı (daha küçük ya da büyük) olmasıdır. Aykırı değerler, regresyon aykırı değer, artık aykırı değer,  $x$  yönlü aykırı değer,  $y$  yönlü aykırı değer, hem  $x$  hem  $y$  yönlü aykırı değer olarak sınıflandırılabilir (Yıldırım, 2012).

Aykırı değerlerin regresyon tahmin edicisi üzerindeki etkisinin belirlenmesi için geliştirilen bazı sağlamlık kriterlerinden birisi kırılma noktasıdır. Kırılma Noktası, tahmin edicinin tolerans gösterebileceği en yüksek aykırı değer miktarını gösteren seviyedir ve Sağlam (Robust) istatistiğin en önemli kavramlarından biridir (Cevat ve Yetkin, 2006). Sağlam istatistiklerde yüksek kırılma noktasına sahip olan kestiriciler veya test yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Kırılma noktası,

- Kestiricinin bir güvenilirlik ölçütüdür.
- Farklı kestiriciler arasında güvenilirliği yüksek olan yüksek kırılma noktasına sahip olmaktadır.
- Kırılma noktası bir kestiricinin tolerans gösterebileceği uyumsuz ölçü sayısını belirler. Örneğin, bir kestirici bir tane bile uyumsuz ölçüye duyarlıysa bu kestiricinin kırılma noktası sıfırdır (Cevat ve Yetkin, 2006).
- EKK tahmin edicisi tek bir aykırı değerden bile etkilenebilmektedir.

$n$  veri noktasından oluşan bir  $Z$  örnekleme  $T$  regresyon tahmin edicisi uygulanırsa, EKK tahmin edicisinin kırılma noktası:

$$\epsilon_n^* (T, Z) \frac{1}{n} \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilir.  $n$  örnekleme büyüdükçe, değer  $0$ 'a yaklaşacağı için, kırılma noktası da  $0$ 'a yaklaşır (Rousseeuw ve Leroy, 1987). Bu durumda da EKK tahmin edicisinin sağlam bir tahmin edici olmadığı söylenir. Yani EKK tahmin edicisinin kırılma noktası  $0$ 'dır. Bu yüzden çalışmalarda kırılma noktası  $\epsilon_n^* (T, Z) > 0$  olan farklı yöntemler geliştirilmektedir (Toy, 2014).

### 3.4.3.2. Aykırı değer tespiti

Aykırı değerlerin belirlenmesi üzerine birçok yöntem bulunmaktadır. Dixon Testi, Rosner Testi, Discordance Testi, Grubbs Testi, Walsh Testi, Minimum Kovaryans Determinantı Yöntemi ve Hızlı Minimum Kovaryans Determinantı (HMKD) En Küçük Hacimli Elipsoid yöntemleri bunlardan bazılarıdır (Üçkardeş vd.; Qiu vd., 2017).

HMKD algoritmasının Minimum Kovaryans Determinantı tahmin edicisini iyileştirici özellikler taşıdığı, En Küçük Hacimli Elipsoid ve Minimum Kovaryans Determinantı yöntemlerine göre daha hızlı çalıştığı, hesaplanabilirlik açısından daha kolay ve daha doğru sonuçlar veren bir algoritma olduğu bilinmektedir (Turgut, 2010). Bu avantajlarından dolayı çalışmada HMKD Yöntemi kullanılarak aykırı değerler tespit edilmiştir. HMKD yönteminde mahalnobis mesafesi (MAM) ve sağlam mesafeler (SM) tek bir grafikte gösterilerek aykırı değerlerin gözlemlenmesi sağlanabilmektedir. MAM yöntemi, veri kümesinin geneline olan bir uzaklık ölçütü dışındaki değerlerin tanımlanmasını ve onların aykırı değer olarak tespit edilmesini sağlamaktadır.

MAM için klasik formül şu şekildedir (Rousseeuw ve Driessen, 1999):

$$MAM(x_i) = \sqrt{(x_i - T_0)'(S_0)^{-1}(x_i - T_0)} \quad (3.14)$$

Burada  $x_i$ : Gözlem değerlerini,  $S_0$ : klasik kovaryans matrisini,  $T_0$ : Aritmetik ortalamayı ifade etmektedir.

SM için formül ise şu şekildedir:

$$SM(x_i) = \sqrt{(x_i - T_R)'(S_R)^{-1}(x_i - T_R)} \quad (3.15)$$

Burada  $x_i$ : Gözlem değerlerini,  $S_R$ : Sağlam değerlere ait kovaryans matrisini,  $T_R$ : Sağlam değerlere ait aritmetik ortalamayı ifade etmektedir.

Genel olarak HMKD yöntemine ait basamaklar kısaca şu şekilde ilerlemektedir (Alpu, 2016),

1. Öncelikle örneklemin aritmetik ortalaması ve varyans-kovaryans matrisi, rastsal seçilen alt örnek için hesaplanır.
2. İlk adımdaki kestirimlere dayanılarak, örneklemdaki her gözlem değeri için MAM (De Maesschalck vd., 2000) hesaplanır. SM değerleri, sağlam istatistik yöntemleri kullanılırken, aykırı değer tespitinde hesaplanan MAM ile çok yakın formülasyon özellikleri taşıyan değerlerdir.
3. Sonrasında ikinci adımdan en küçük mesafelere sahip olan noktalardan rastsal bir alt örneklem seçilir. 1-3 basamakları alt örneklem değişimi sonlanıncaya kadar tekrar edilir.

Sağlam regresyon tahmin edicileri 4 temel başlık altında toplanabilir.

- L tahmin edicileri: L tahmin edicileri sıralı istatistiklerin doğrusal kombinasyonlarıdır. Ortanca, genişletilmiş ortanca, ortaortalama, kırılmış ortalama ve en küçük mutlak sapmalar tahmin edicileri, L tahmin edicileri arasında yer almaktadır.
- M ve Genelleştirilmiş M tahmin edicileri: M tahmin edicileri Peter J. Huber tarafından 1965 yılında önerilmiş ve adını en çok olabilirlik (Maximum Likelihood) tahmin edicisinden almıştır. Genelleştirilmiş M tahmin edicileri, M tahmin edicilerine alternatif bir yöntem olarak sunulmuştur.
- R tahmin edicileri: 1963 yılında Hodges ve Lehman tarafından sunulan R tahmin edicileri rank testleri ile ilişkili olarak değerlendirilirler ve bu sebeple de R tahminleyicisi olarak ifade edilirler.
- Yüksek kırılma noktasına sahip olan, EKBK, En Küçük Medyan Kareler, S Tahmin edicileri ve MM başlıklı sağlam regresyon tahmin edicileri bulunmaktadır.

### 3.4.3.3. En küçük budanmış kareler tahmin edicileri

1984 de Rouseeuw tarafından önerilen EKBK tahmin edicilerinin amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{i=1}^h \varepsilon_i^2 \quad (3.16)$$

Burada artık kareler,  $\varepsilon_{(1)}^2 < \varepsilon_{(2)}^2 \dots < \varepsilon_{(n)}^2$  şeklinde küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu sıralı artık karelerin ilk h tanesinin toplanmasıyla amaç fonksiyonu en küçüklenmeye çalışılır. Burada h değerinin belirlenmesi önemlidir. “n” gözlem değeri, “p” bağımsız değişken sayısı olmak üzere, h değeri genelde şu şekilde belirlenir:

$$h = \left[ \frac{n}{2} \right] + \left[ \frac{p+1}{2} \right] \quad (3.17)$$

Burada metot, kırılmış (budanmış) her bir gözlem değeri için hesaplanan hata karelerinin toplamının minimum olması şeklinde işlemektedir (Andersen, 2008).

EKBK tahmin edicisinin bazı özellikleri şunlardır:

- 1- EKBK tahmincisi her durumda bir çözüm üretebilir.
- 2- Eğer  $p > 1$ ,  $h = \left[ \frac{n}{2} \right] + \left[ \frac{p+1}{2} \right]$  ve gözlemler genel ise EKBK tahminleyicisi için kırılma noktası:

$$\varepsilon^* = \frac{\left[ \frac{n-p}{2} \right] + 1}{n} \quad (3.18)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Genellikle,  $h = [n(1 - \alpha) + 1]$ , eşitliğindeki gibi bir  $\alpha$  budanma oranına bağlıdır. O durumda kırılma noktası  $\varepsilon^* = \alpha$  şeklinde ifade edilmektedir.

Sağlam regresyon tahmin edicileri ile ilgili bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Genetik algoritma yaklaşımının sağlam regresyon yöntemlerine dahil edilmesinin amaçlandığı bir çalışmada, göl geometri oranları ile maksimum göl dibi sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi incelemek üzere “En Küçük Medyan Kareler” ve “En Küçük Mutlak Sapma” yöntemlerinin amaç fonksiyonlarının en uygun değerlerini genetik algoritma yaklaşımlarını kullanmıştır. Genel olarak veri setinde aykırı değerlerin olması durumunda GA yaklaşımında daha başarılı olduğu gösterilmiştir (Küçükmustafa, 2014).

Yapılan bir tez çalışmasında, otomotiv sektöründe faaliyette olan bir firmanın İstanbul'daki plazasındaki çalışanlara anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçlarından alınan 128 kişiye ait yaş-gelir verileri değerlendirilmiş, yaş bağımsız; gelir bağımlı değişken olmak üzere, EKK, M, En Küçük Mutlak Sapmalar (L1) ve En Küçük Medyan Kareler regresyon yöntemleriyle tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tahminler neticesinde elde edilen parametre kestirimleri karşılaştırılmış, EKK, M ve En Küçük Mutlak Sapmalar regresyon yöntemlerinde, parametre tahmin değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmış, En Küçük Medyan Kareler tahminlerinin ise diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta, x yönünde aykırı değerlerin bulunması karşısında EKK, LAD ve M regresyon yöntemleri hassasiyet gösterirken, En Küçük Medyan Kareler regresyon yöntemi dayanıklılık sergilemiştir (Vural, 2007).

Yapılan diğer bir çalışmada, kullanılan veri grubunda sapan değer olması halinde EKK tahmincisine alternatif olarak sunulan sağlam regresyon tahmincilerinden M-tahmincileri incelenmiş, sapan değerlerin getirdiği problemlerin yüksek kırılma noktasına sahip tahmin yöntemlerinin ele alınması gerektiği vurgulanmıştır. Hata terimlerinin normalden farklı dağıldığı durumlarda M-tahmincilerinin performansının EKK tahmincisine göre daha düşük Kök Ortalama Karesel Hata değerleri elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Çeşitli analizler aracılığıyla, M-tahmincilerine ait kırılma noktası grafikleri değerlendirilmiş ve M-tahmincilerin kırılma noktalarının klasik yöntemlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yıldırım, 2012).

Bir başka çalışmada, sapan değerlere karşı az duyarlı olan sağlam regresyon tahmincileri, EKK tahmin edicisi ile karşılaştırarak tanıtılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, regresyon tahmin edicilerini, sapan değerlerin tespit yöntemlerini, sağlamlık kriterlerini incelemiştir. Sonuç olarak EKK tahmincisinin sapan değerlere karşı oldukça hassas

olduğunu ve güvenilir sonuçlar vermediğini, aykırı değerlerin veri setinden çıkartılmasıyla EKK tahmincisinin de sağlam regresyon tahmincileri kadar iyi çalıştığını göstermiştir (Toy, 2014).

Yapılan diğer bir araştırmada, regresyon analizlerinde sık kullanılan EKK yöntemi ile sağlam M yöntemi, En Küçük Medyan Kareler ve MM yöntemleri doğrusal modele uyan tıbbi bir veri seti üzerinde EKK ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuçlar daha önceki çalışmaları destekler nitelikte olup veri kümesinin tek aykırı değer içermesi durumunda bile EKK tahminlerinin bu değere duyarlı olabileceği vurgulanmıştır (Çetin ve Orsoy, 2001).

Bir çalışmada, simülasyon çalışması yardımıyla, veri setinde hata terimlerinin normal dağılmadığı durumda, sağlam regresyon tekniklerinden biri olan EKBK yöntemi ile EKK yöntemi sonuçları karşılaştırılmıştır. Veri kümesinde aykırı değerlerin bulunması ve bulunmaması durumlarında analizler gerçekleştirilerek parametre tahminleri elde edilmiştir. Sonuçta, orijinal veri kümesinde EKK ve EKBK yöntemlerinden benzer sonuçların elde edildiği, ancak aşırı değerlerle verinin kirlendiği durumda EKBK yönteminden daha tutarlı parametre tahmin değerleri elde edildiği gözlemlenmiştir (Öztürk ve Türkay, 2005).

#### 3.4.4. Yanlı ve sağlam regresyonu tahmin edicileri

Veri setindeki aykırı değerler ve bağımsız değişkenler arasındaki ÇDB probleminin birlikte bulunması durumunda hem sağlam hem de yanlı tekniklerin birlikte kullanımı gündeme gelmektedir. Böylelikle tahmin modeli, aykırı değerlere ve ÇDB problemine karşı hassasiyeti azaltarak daha etkin tahminler yapabilmektedir. Bu tahmin tekniklerinde, Ridge, Liu, Temel Bileşenler gibi yanlı tahmin teknikleri üzerine temellenen M, EKBK, En Küçük Medyan Kareler, S ve Genelleştirilmiş MM gibi sağlam tahmincilerle birlikte kullanılması söz konusudur (Alpu vd., 2010; Kan vd., 2013). Çalışma kapsamında kullanılan EKBK-Ridge, yanlı ve sağlam tahmin ediciler arasındadır. EKBK-Ridge tahmincisi:

$$\hat{\beta}_{EKBK-Ridge} = \hat{\beta}_{EKBK-Ridge}^*(k) = [X'X + k_{EKBK-Ridge}^* I]^{-1} X'Y = X'X \hat{\beta}_{EKBK} \quad (3.19)$$

eşitliğiyle verilmektedir. Burada  $\hat{\beta}_{EKBK}$ , EKBK'dan elde edilen parametre değerlerini göstermektedir.  $k_{EKBK-Ridge}$  ise EKBK-Ridge tahmincisi için yanlılık parametresi değeridir

(Alpu vd., 2010). Genel olarak, EKBK yöntemine göre budanmış olan verilere, RR yönteminin uygulanması söz konusudur.

Yanlı ve sağlam regresyon tekniklerinin bir arada kullanımı ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Bir çalışmada, ÇDB problemi ve aykırı değerlerin kestirimdeki etkileri incelenmiştir. Çoklu ÇDB problemi için RR yöntemi, aykırı değerlerin belirlenmesi için çeşitli metotlar önerilmiştir. Aykırı değerlerin olduğu ve olmadığı durumlarda, EKK, RR ve M-tahmin ediciler ile katsayı tahminleri gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalarda açıklayıcılık katsayısı ( $R^2$ ), F ve t istatistik değerleri ile hata kareler ortalaması kullanılmıştır. Sonuçta, aykırı değerlerin olması durumunda  $R^2$  değerinin düştüğü, hata kareler ortalamasının yükseldiği, regresyon denkleminde ait  $R^2$  ve hata kareler ortalaması değerlerinin aykırı değer varlığında etkilendiği görülmüştür. Veri setinde aykırı değer varken ve aykırı değer veri setinden çıkarıldıktan sonra kestirimlerden elde edilen t ve F değerlerinin farklılık gösterdiği ve aykırı değerlerin çoklu iç ilişki problemini maskeleyebildiği tespit edilmiştir (Yıldırım, 2010).

Başka bir çalışmada, y yönünde bulunan aykırı değerlerin ve ÇDB probleminin bulunduğu veri setinde, M tahmin edicilerine dayalı Sağlam Ridge Regresyon Analizi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda Türkiye'deki turizm verilerini içeren bir veri seti üzerinde analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuçta sıradan RR, y yönündeki aykırı değerlere karşı M tahmin edicilerine dayalı RR'den daha fazla duyarlı olduğu görülmüştür (Şamkar vd., 2011).

Farklı bir çalışmada, sağlam regresyon tahmin edicileri kullanılarak, Türkiye'de turizm sektöründeki oluşacak talep ve faktörler incelenmiştir. Hem x hem de y yönünde aykırı değerler içeren veri kümesinde, M, En Küçük Medyan Kareler, EKBK, S ve Genelleştirilmiş M üzerinde temellenen RR analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuçta, Genelleştirilmiş M tahmin edicileri x yönündeki aykırı değerlere karşı daha iyi sonuçlar verirken M tahmin edicilerinin y yönündeki aykırı değerlere karşı daha sağlam olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan verilerin hem y hem de x yönünde aykırı değerlere sahip olduğu ve x yönünde birden fazla aykırı değer olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda sağlam ridge regresyon tahmincileri kıyaslandığında, EKBK, En Küçük

Medyan Kareler ve S tahmin edicilerinin daha iyi performans göstermesi beklenen durumları da desteklemektedir (Alpu vd., 2010).

### 3.5. Model Değerlendirme Kriterleri

İstatistik modellerinde tahmin yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesi için kullanılan ölçütlerden birisi HKO'dur. Bu çalışmada iki tür HKO hesaplaması yapılmıştır. Birincisi (HKO<sub>E</sub>): Eğitim verilerine (2001 HAV) uygulanan analizlerde (test verileri dahil edilmeden) yöntemlere ait tahminlerin performanslarını değerlendirebilmek için kullanılan değerdir. İkincisi (HKO<sub>T</sub>): Eğitim verilerinden elde edilen modellere ait gelecek (2015) tahminlerinin 2015 gerçek anket verileri ile (Test verisi) ne kadar örtüştüğü ve tahmin gücünün ne kadar iyi olduğunun göstergesi olan hesaplama değeridir.

#### 3.5.1. EKK tahmincisi için HKO<sub>E</sub>

EKK tahmin edicisinin gelecek tahminlerde modelin performansının araştırılması için kullanılabilir ölçüt,

$$HKO_E = \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^p \frac{1}{\lambda_i} \quad (3.20)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Burada p: bağımsız değişken sayısını,  $\lambda_i$  (i=1,2,3, ...,p):  $X'X$ 'e ait özdeğerleri,  $\hat{\sigma}$ : varyans değerini, ifade etmektedir (Alpar, 1997).

#### 3.5.2. RR tahmincisi için HKO<sub>E</sub>

(3.9) eşitliğinde ( $\hat{\beta}^* = (X'X + kI)^{-1}X'Y$ ) verilen RR tahmin edicisi için kanonik form aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$\hat{\sigma}_{Ridge}(k) = (C'C + kI)^{-1}C'C\hat{\alpha} \quad (3.21)$$

Burada  $C = XP$ ,  $\alpha = P'\beta$  ve P= (n×p) boyutlu ortogonal bir matris,  $P'P = I$ 'tir.  $\alpha$ 'nın herhangi bir tahmin edicisi olan  $\hat{\alpha}$ , EKK tahmin edicisi  $\hat{\beta}$  ile ( $\hat{\beta} = P\hat{\alpha}$ ) bağlantılıdır. Bu



durumda  $HKO_E(\hat{\alpha}) = HKO_E(\hat{\beta})$  yazılabilmektedir. Eğitim verileri için, RR tahmin edicisine ait kullanılan  $HKO_E$  değeri aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibidir (Alpu vd., 2010):

$$HKO_E = \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{(\lambda_i+k)^2} + k \sum_{i=1}^p \frac{\alpha_i^2}{(\lambda_i+k)^2} \quad (3.22)$$

Burada p: bağımsız değişken sayısını,  $\lambda_i$ : (i=1,2,3, ...,p)  $X'X$ 'e ait özdeğerleri, k: ridge katsayısını,  $\hat{\sigma}$ : varyans,  $\alpha_i$  (i=1,2,3, ...,p):  $\alpha = P'\beta$  vektörünün elemanlarını ifade etmektedir.

### 3.5.3. EKBK tahmincisi için $HKO_E$

EKBK tahmin edicisinin gelecek tahminlerde modelin performansının araştırılması için kullandığı ölçüt EKK için hesaplanan HKO değeriyle aynı şekilde hesaplanmaktadır. Budama oranı  $\alpha$ 'ya aykırı tespit edilen değerler veri setinden uzaklaştırıldıktan sonra HKO değeri, h: kullanılan gözlem sayısı sayısına olmak üzere şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$HKO_E = \sum_{i=1}^h \left( \frac{y_i - \hat{Y}_i}{h} \right)^2 \quad (3.23)$$

Burada, i=1,2,3, ..., h için,  $Y_i$ : Gerçek bağımlı değişken değerlerini,  $\hat{Y}_i$ : Tahmin edilen bağımlı değişken değerlerini ifade etmektedir.

### 3.5.4. EKBK-Ridge tahmincisi için $HKO_E$

(3.19) eşitliği sade halde şu şekilde yazılabilmektedir: ( $\hat{\beta}^* = (X'X + kI)^{-1}X'Y$ ). Verilen EKBK-Ridge tahmin edicisi için ise kanonik form aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$\hat{\sigma}_{EKBK-Ridge}(k) = (C'C + kI)^{-1}C'C\hat{\alpha} \quad (3.24)$$

Burada  $C = XP$ ,  $\alpha = P'\beta$  ve  $P = (n \times p)$  boyutlu ortogonal bir matris  $P'P = I$ 'tir.  $\alpha$ 'nın herhangi bir tahmin edicisi olan  $\hat{\alpha}$ , EKBK tahmin edicisi  $\hat{\beta}$  ile ( $\hat{\beta} = P\hat{\alpha}$ ) şeklinde bağlantılıdır. Bu durumda  $HKO_T(\hat{\alpha}) = HKO_T(\hat{\beta})$  yazılabilmektedir. Bu  $HKO_T$  değeri gelecek değerlerin ya da farklı bir veri setinin değerlerinin bilinmediği, eldeki veri seti ile

yapılan EKBK-Ridge tahmin edicisine ait tahminlerin performansını değerlendirebilmek için kullanılan değerdir. Bu çalışmada eğitim verileri kullanılarak uygulanan EKBK-Ridge yöntemine ait değerdir. Bu durumda EKBK-Ridge yöntemi için teorik olarak kullanılan HKO değeri için aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibidir (Adegoke vd., 2016):

$$HKO_E = \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{(\lambda_i+k)^2} + k \sum_{i=1}^p \frac{\alpha_i^2}{(\lambda_i+k)^2} \quad (3.25)$$

Burada p: bağımsız değişken sayısını,  $\lambda_i$ , (i=1,2,3, ...,p)  $X'X$ 'e ait özdeğerleri,  $\hat{\sigma}$ : varyans değerini, k: EKBK-Ridge katsayısını,  $\alpha_i$  (i=1,2,3, ...,p):  $\alpha = P'\beta$  vektörünün elemanlarını ifade etmektedir.

### 3.5.5. Test verileri için HKO<sub>T</sub> hesabı

Çalışmada, eğitim verilerinden elde edilen modellere ait gelecek (2015 yılı) tahminlerinin 2015 gerçek anket verileri ile (Test verisi) ne kadar örtüştüğü ve tahmin gücünün ne kadar iyi olduğunun göstergesi olan hesaplama değeri: HKO<sub>T</sub> olarak gösterilmektedir ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Alpar, 2011):

$$HKO_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (3.26)$$

Burada n: Gözlem sayısı,  $Y_i$ : Bağımlı değişkenin gerçek değerlerini,  $\hat{Y}_i$ : Bağımlı değişkenin tahmin edilen değerlerini göstermektedir.

Bu çalışmada yöntemlerden elde edilen modeller ile gelecek (2015) tahminleri hesaplanmış ve tüm modeller eşitlik 3.26 kullanılarak tahmin modellerinin 2015 gerçek anket verileriyle uyumları (HKO<sub>T</sub> değerler hesaplanarak) karşılaştırılmıştır.

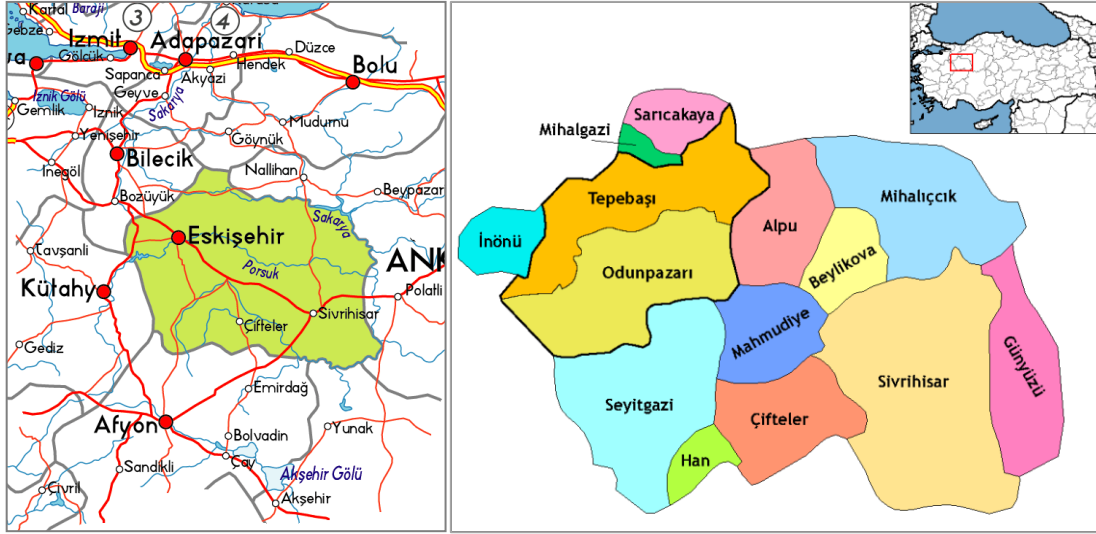
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde klasik yanlı ve dayanıklı regresyon teknikleri kullanılarak Eskişehir örnek çalışma bölgesine ait hastane yolculuklarının yolculuk üretimi kestirim modelleri oluşturulmuştur. Kullanılan yöntemlerin performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, öncelikle çalışma alanı olan Eskişehir ili konumsal, sosyoekonomik ve demografik özellikleriyle tanıtılmıştır. 2001 HAV'dan elde edilen hastane yolculukları verilerine ait bazı istatistiksel testler yapılmış, aykırı değerlerin bulunması ve çoklu iç ilişki problemlerinin yaşanması durumunda hassasiyeti yüksek olan ve yanıltıcı tahminler veren EKK yöntemine alternatif olabilecek ve EKBK, RR ve EKBK-Ridge yöntemleri ile üretim modeli parametreleri tahmin edilmiştir. Çekim modeli için ise ÇDR modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan üretim modelleri, bu çalışma için geliştirilen ve hastane talebini temsil eden katsayılar, 2018'de hastanelerde yapılan anketler ve hastanelerden alınan yıllara bağlı veriler yardımıyla 2015 HAV sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Tahmin sonuçları ortaya konulup, tüm yöntemlerin  $HKO_E$  ve  $HKO_T$  değerleri kıyaslanarak performansları karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve gelecek tahmin senaryoları oluşturulmuştur.

### 4.1. Eskişehir'in Konumu

Eskişehir ili, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında konumlanmaktadır. Kuzeybatıda Marmara, güneybatı ve batıda Ege, kuzeyde Karadeniz bölgeleri ile komşudur. Eskişehir'in ilçelerinden Seyitgazi'nin küçük bir bölümü Ege'nin, Sarıcakaya İlçesi'nin tümü ile Tepebaşı ve Mihaliççık ilçelerinin bir bölümü Karadeniz Bölgesi'nin etkisindedir. Ancak Eskişehir İli, coğrafi karakteristiklerini genel olarak İç Anadolu Bölgesi'nden almaktadır. Eskişehir İli'nin Türkiye'deki konumu ve il haritası Şekil 4.1'de verilmiştir.

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nde, Ankara'dan sonra gelen en büyük ikinci şehirdir. Halkın sosyoekonomik ve kültürel yapısı oldukça yüksektir. Özellikle de son yıllarda gerçekleştirdiği atılımlarla Türkiye'de önemli bir konuma gelen Eskişehir, diğer illerden yerli turist çeker hale gelmiştir.



Şekil 4.1. Eskişehir ilinin yeri

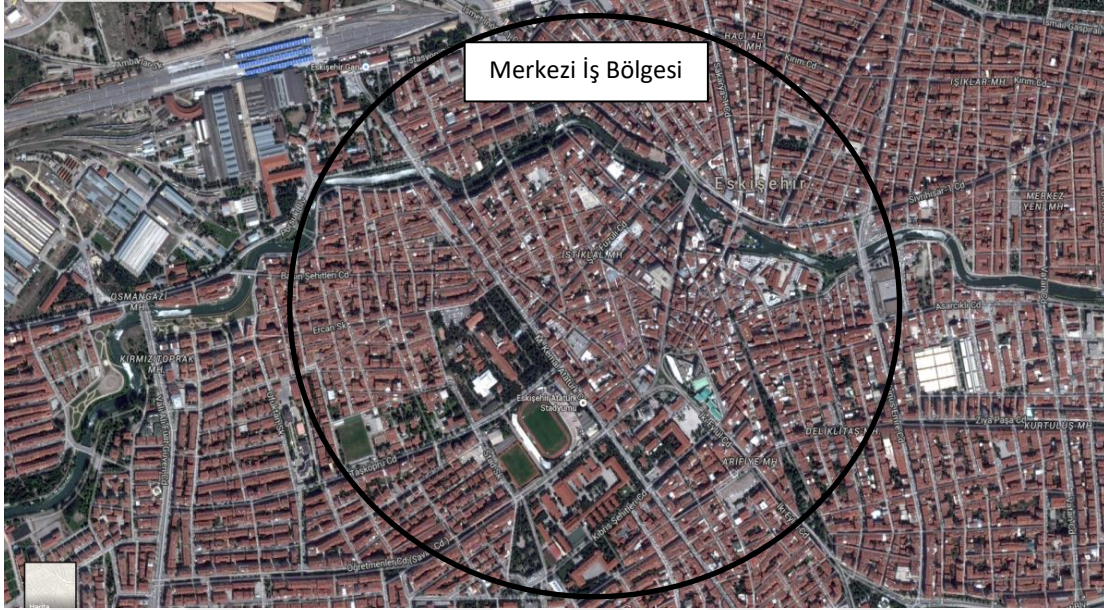
Eskişehir tüm Türkiye'nin merak edilen bir kenti haline gelmiştir. Ulaştırma olanakları, zengin maden yatakları, tarıma elverişli toprakları, şifalı sıcak suları, mineral depoları, son yıllarda hızla gelişen sanayi ve ticaret sektörleri, ayrıca yükseköğretimdeki üstün potansiyeli ile bugün ülkemizin önemli cazibe merkezlerinden biri durumundadır.

## 4.2. Eskişehir Merkez İlçelerinde Arazi Kullanımı ve Sosyoekonomik Karakteristikler

### 4.2.1. Arazi kullanımı

Eskişehir İli içerisinde Porsuk Çayı ve demiryolu hattı geçmektedir. Porsuk Çayı ve demiryolu hattı (bazı bölümleri yer altına alınmıştır) kenti güney ve kuzey şeklinde fiziki olarak iki bölüme ayırmıştır. Eskişehir kent merkezinde iki alt belediye yer almaktadır. Porsuk Çayının kuzeyinde kalan bölgeler Tepebaşı Belediyesi, güney kısmı ise Odunpazarı Belediyesi'ne aittir.

Eskişehir'de kentleşme daha çok Porsuk Çayı etrafında yoğunlaşmıştır. Zaman içerisinde Köprübaşı olarak adlandırılan, her kentimizde olduğu gibi alışveriş, kamu binaları, eğlence merkezleri, sosyokültürel etkinliklerin yer aldığı merkezi iş bölgesi (MİB) meydana gelmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Eskişehir kent merkezi ve Köprübaşı Bölgesi

Eskişehir’de ilk yerleşim zamanlarında, Odunpazarı, Kurtuluş, Deliklitaş, Kızılcıklı, Vişnelik, İstiklal Mahalleleri çevrelerinde yapılaşma meydana gelmiştir. Bu yerleşim yerlerinde yüksek ve çok katlı binalar inşa edilmiş ve caddeler yeterli genişlikte bırakılmamıştır. Özellikle özel otomobil sahipliğinin ve kullanımının artması ile bu bölgelerde otopark problemi çok fazla yaşanmıştır.

Eskişehir İli kent merkezi (Köprübaşı) ve çekim yerlerinin bulunduğu bölgelere ait bazı merkezlerin fotoğrafları Şekil 4.3’te verilmiştir.

Atatürk Caddesi, Atatürk Bulvarı, Cumhuriyet Bulvarı, Yunusemre Caddesi, Ziyapaşa Caddesi, İki Eylül Caddesi, Şair Fuzuli Caddesi, Sivrihisar Caddesi, Gazi Yakup Satar Caddesi, Sakarya Caddesi, Üniversite Caddesi kentin en önemli caddeleridir ve bu caddeler kent merkezine olan bağlantıları sağlar.

Son 20 yılda Eskişehir’de özellikle sosyal ve ticari alanda olmak üzere birçok sektörde büyük gelişmeler yaşanmıştır.

Kent merkezinde üç adet, kent merkezine yakın mesafede çevre yolu üzerinde üç adet büyük alışveriş merkezi bulunmaktadır. Bu tür alışveriş merkezleri fazla sayıda

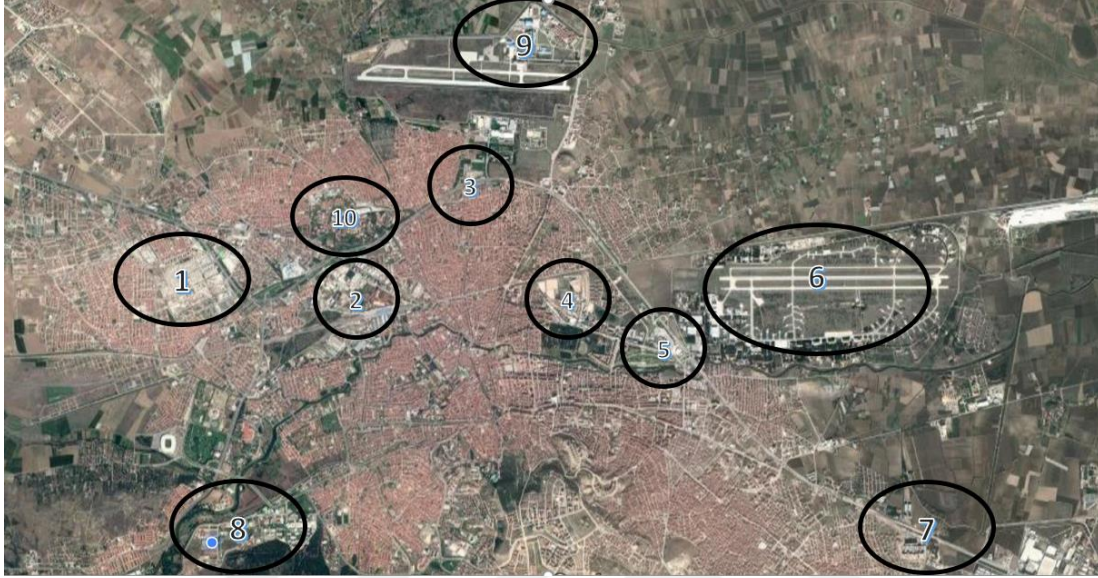
yolculuk çeken büyük cazibe merkezleridir. Özellikle de kötü hava koşullarının olduğu sonbahar ve kış mevsimlerinde bu merkezlere olan ilgi artış göstermektedir.



Şekil 4.3. Eskişehir İli kent merkezi (Köprübaşı) ve çekim noktaları

Kentin doğu bölgeleri Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ve bunun karşısında yer alan küçük sanayi bölgesi ile sınırlanmıştır. Daha çok İstanbul-Bursa yolunun her iki tarafında yer alan kuzeybatı ve batı bölgelerinde gelişme söz konusudur.

TÜLOMSAŞ, Şeker Fabrikası ve Basma Fabrikası, kent merkezinde çevrelenmiş olmasına rağmen OSB bölgesi kentin dış kısmında kalmıştır. Eskişehir kent merkezinde yer alan bazı önemli merkezler Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



1: Baksan Sanayi Sitesi	6: Muharip Hava Kuvveti ve Hava Füze Savunma Komutanlığı
2: Tülomsaş	7: Şehir Hastanesi
3: Eskişehir İl Emniyet Müdürlüğü	8: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
4: Şeker Fabrikası	9: Anadolu Üniversitesi
5: Otobüs Terminali (Otogar)	10: Eskişehir Teknik Üniversitesi

Şekil 4.4. Eskişehir kent merkezinde yer alan bazı önemli merkezler

Kent makroformunun oluşumu ve kentin gelecekteki arazi kullanım yapıları ile ilgili genel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli veri kaynağı kentlere ait Nazım imar planlarıdır. Eskişehir’de Nazım İmar planlama bölgesi, 1950’lerden itibaren göç ve sanayileşme ile hızlı bir şekilde kentleşmeye başlamış ve bununla birlikte yoğun bir konut alanı talebiyle karşılaşmıştır (Öğüt vd., 2017).

1970’lerden 2010’a kadar geçen süreçte Eskişehir’deki planlama alanında her yıl ortalama yaklaşık 10 bin kişilik bir artış olduğu düşünülürse konut sağlama ihtiyacının da hızla arttığı söylenebilir. Nazım imar planlama bölgesinde, konut ihtiyacının yakın geçmişe kadar ağırlıklı olarak küçük ve bireysel girişimcilerin sağladığı ancak giderek toplu halde konut üretim şeklinin de yaygın hale geldiği görülmektedir. Özellikle, planlama bölgesinin güneyinde, Odunpazarı ilçesinde Toplu Konut İdaresi aracılığıyla toplu konut uygulamaları bulunmaktayken, şehrin kuzeybatı kesiminde toplu konut bölgelerinin de hızlı bir şekilde

artmaya başladığı görülmektedir. Mevcut duruma göre eğilimlere bakıldığında, hem Toplu Konut İdaresi hem de özel sektör tarafından üretilen toplu konut alanlarının kentin kuzeybatı-güneydoğu aksı boyunca (Bursa-Ankara) kentsel gelişimi yönlendirmekte olduğu gözlenmektedir. Bireysel konut üretim uygulamaları da hem MİB ve çevresinde yoğun konut bölgelerinde yenileme şeklinde devam etmekte, hem de kentin iç çevresinde özellikle Tepebaşı ilçesindeki Bursa yolu üzerinde yeni konut inşaatları devam etmektedir.

Eskişehir’de 3 üniversite bulunmaktadır. Özellikle bunlardan ikisinin, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ) ve Anadolu Üniversitesi, çevrelerindeki yerleşim alanlarından dolayı büyümeleri gitgide olanaksız hale gelmiştir. Yaklaşık 40000 örgün eğitim öğrencisi bulunan bu üniversiteler artık birden fazla yerleşke kullanarak ihtiyaçlarını görür hale gelmişlerdir. Anadolu Üniversitesi; Yunus Emre, Porsuk yerleşkeleri olmak üzere 2, ESOĞÜ de; Meşelik, Çamlık ve Bademlik olmak üzere 3 yerleşkeye sahiptir. Diğer bir üniversite olan Eskişehir Teknik Üniversitesi (ESTÜ) 2 Eylül Kampüsünde bulunan 2018 yılında Anadolu Üniversitesi’nden ayrılarak kurulan yeni bir üniversitedir. Özellikle son 5 yılda bu üniversitelerin etrafında 40-50 m<sup>2</sup> alana sahip apart daire inşaatları büyük hız kazanmıştır. Rahatlığı ve kent merkezinde yaşama isteklerinden dolayı öğrencilerin apart daireleri daha çok tercih etmeye başlamaları, apart inşaatını başlı başına bir sektör haline getirmiştir (Bilgiç vd., 2018).

Eskişehir kenti ülkemizin en büyük hava üssüne ve ESTÜ’ye ait küçük ölçekli bir havaalanına sahiptir. Bu havaalanından Avrupa ülkelerine de seferler yapılmaktadır. Bölgede yer alan gurbetçiler için önemli bir yere sahiptir.

Eskişehir şehirlerarası otobüs terminali, hava üssünün hemen karşısında ve çevreyoluna bitişik durumdadır. Otobüs terminali de Eskişehir kent merkezinin çok yakınındadır. Kent içi otobüs taşımacılığı Eskişehir Büyükşehir Belediyesi tarafından sağlanmaktadır. Özel Halk Otobüsleri bu taşımacılığa taşeron olarak katkı sağlamaktadır.

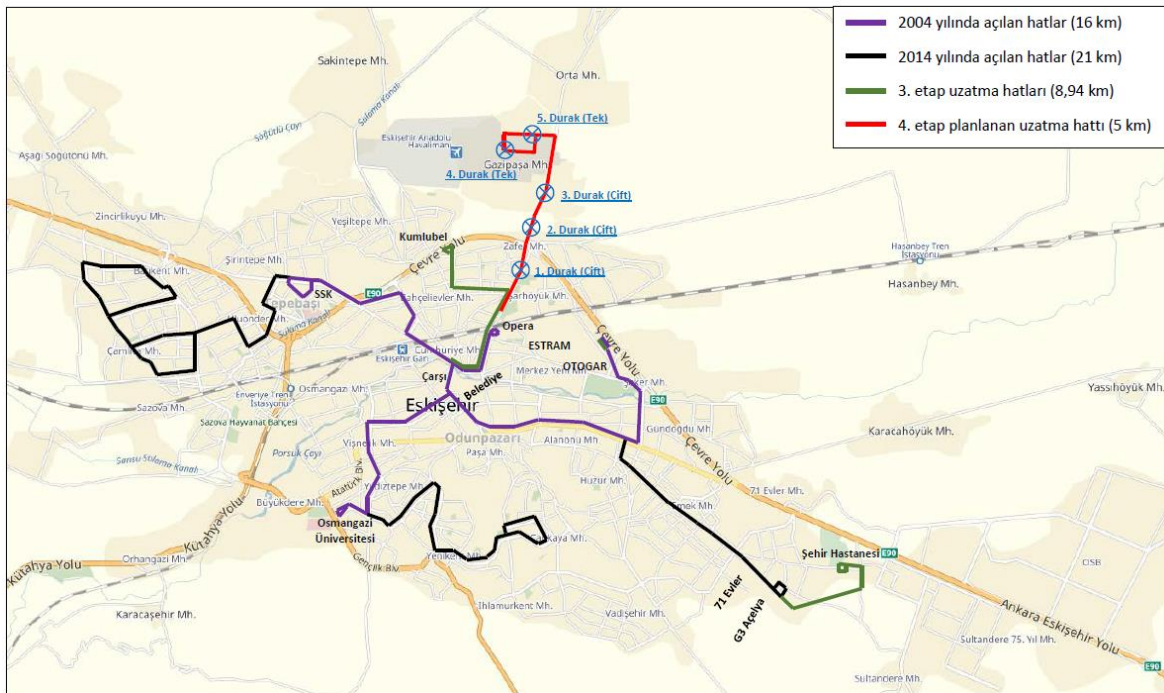
Eskişehir Şehir Hastanesi, ESOĞÜ Tıp Fakültesi; Devlet Hastanesi, Yunusemre Devlet Hastanesi, Askeri Hava Hastanesi ve özel sektör tarafından işletilen diğer hastaneler ve diğer sağlık merkezleri ile birlikte tüm çevre bölgenin sağlık ihtiyacını karşılamaktadır.



Dolayısıyla Eskişehir sabah ve akşam zirve saatlerinde kentler arası trafik yükü etkisinde de kalmaktadır.

Eskişehir'in Türkiye demiryolu ulaşım ağında önemli bir yeri bulunmaktadır. Ankara, İzmir, İstanbul ve diğer Anadolu kentleri arasında bağlantı sağlayan demiryolu hatlarının merkezi konumundadır. Kentin içinden geçen demiryolu hattının yer altına alınma çalışmaları 2014 yılı itibariyle tamamlanmıştır.

Eskişehir kent içi raylı sistem taşımacılığında diğer kentlere örnek olacak şekilde bir atılım gerçekleştirmiştir. Eskişehir Tramvayı 2004 yılında hizmete girmiştir. O yıllarda hat uzunluğu 16 km iken, 2014 yılında yaklaşık 37 km'ye ulaşmıştır. Sonrasında uzatma hatlarıyla birlikte 2019 ve 2020 de biteceği öngörülen ve inşaatı devam eden hatlar (3. ve 4. Etap) Şekil 4.5'te gösterildiği gibidir (Bilgiç vd., 2018).



Şekil 4.5. Eskişehir'de mevcut ve inşaatı devam eden tramvay hatları haritası

#### 4.2.2. Nüfus ve demografik yapı

Eskişehir'in 2016 yılı nüfusu 844.842 kişidir. İl nüfusu son 15 yılda ortalama yaklaşık %1,6 oranında artmıştır. Eskişehir ilindeki ilçe nüfusları homojen bir dağılım

sergilememektedir. İldeki 14 ilçeden 12 tanesinin nüfusu 25000'in altında olmakla birlikte, Tepebaşı ve Odunpazarı merkez ilçelerinin nüfusları 300000'in üzerindedir. Merkez ilçeler (Tepebaşı ve Odunpazarı) Eskişehir il nüfusunun önemli bir kısmını (yaklaşık %86) barındırmaktadır. En yüksek nüfusa sahip olan Odunpazarı ilçesi nüfusunun toplam nüfus içindeki payı yaklaşık %46, Tepebaşı ilçesinin payı ise %40'tır. Bu durum daha önceki yıllara göre çok fazla değişim göstermemiş olmakla birlikte günümüze kadar hep merkez ilçelerin nüfusu Eskişehir nüfusunun büyük çoğunluğunu kapsamıştır (TÜİK, 2019).

Çizelge 4.1'de Eskişehir'e ait nüfus değerleri verilmiştir (TÜİK, 2019).

Çizelge 4.1. Eskişehir ili'ne ait ilçelerin nüfus değerleri (2016)

İlçe	Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Nüfus Yüzdesi
Odunpazarı	391106	192606	198500	46,29
Tepebaşı	343701	173562	170139	40,68
Sivrihisar	20886	10499	10387	2,47
Çifteler	15297	7647	7650	1,81
Seyitgazi	13203	6685	6518	1,56
Alpu	11290	5732	5558	1,34
Mihalıççık	8444	4280	4164	1,00
Mahmudiye	7856	3991	3865	0,93
Beylikova	7842	3950	3892	0,93
İnönü	6720	3425	3295	0,80
Sarıcakaya	6244	3152	3092	0,74
Günyüzü	5746	2797	2949	0,68
Mihalgazi	4561	2247	2314	0,54
Han	1946	1007	939	0,23
<b>TOPLAM</b>	<b>844842</b>	<b>421580</b>	<b>423262</b>	<b>100,00</b>

2015 Eskişehir UAP'ye göre kent merkezinde yer alan ve merkez etrafında bulunan mahalleler günümüzde belirli bir doyumluk değerine ulaştığı için, artması beklenen nüfusun gelecekte, imar planları ile öngörüldüğü şekilde, planlı ve bugün yoğunlukları merkezdeki mahallelere göre daha düşük olan alanlara yerleşeceği öngörülmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, kent merkezinde gözlenen ortalama yıllık nüfus artış hızı 1950-1960 yılları arasındaki %5,8 değerinden 1990-2000 yılları arasında %1,6'ya, 2000-2007 arasındaki dönemde ise %1,5 düzeyine inmiştir. 2010-2016 yılları arasındaki nüfus artış hızı ise ortalama %1,67 olmuştur (TÜİK, 2019). 2010-2017 yılı için Eskişehir İl nüfusu artış değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Eskişehir ili nüfus artış oranı değerleri

Yıllar	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Nüfus artış Oranı (%)	2,30	1,83	1,20	2,16	1,08
Yıllar	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Nüfus artış Oranı (%)	1,26	1,56	1,76	2,17	1,85

### 4.2.3. İstihdam

Eskişehir İli, Atatürk Caddesi ile Porsuk Çayı, Cumhuriyet Bulvarı ve Yunus Emre Caddesi'nin arasında kalan, kentteki ticari kuruluşların yoğunlaştığı alan olarak ortaya çıkmakta ve mevcut toplu taşıma hatlarının tamamına yakın bir bölümü de bu bölgeye hizmet vermektedir. Kentin yönetim ve idari kullanımları da, sınırları yukarıda tanımlanan bu merkezi alanda yer almakta ve kent tek merkezli yapısını günümüzde de korumaktadır.

Önceleri kent merkezinde dağınık olarak yer alan, önemli istihdam alanları yaratan işyerlerinin hemen hemen hepsi kentin doğusunda oluşturulan toplu işyerlerine taşınmış bulunmaktadır. Kent merkezindeki üretim, imalat, sanayi kullanımlarının büyük bir bölümünün kentin doğu aksında olmasına rağmen, gelecekte de Eskişehir'in tek merkezli yapısını koruyacağı ve kent merkezinin bugünkü merkez çevresinde genişleyeceği öngörülmektedir. Dolayısıyla, kentin, idari, kültürel, sosyal ve ticaret merkezinin genişleyerek bugünkü konumunu koruyacağı tahmin edilmektedir (Bilgiç vd., 2018).

Ulaştırma Planlamasında istihdam önemli bir parametredir. Eskişehir ilinin TÜİK 2011-2013 yılı verilerine göre istihdam oranı %42,9'dur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Eskişehir İli 2011-2013 yılları İstihdam Durumu

YIL	2011	2012	2013
%	42,9	41,5	44,3

Kentteki istihdamın önemli bir bölümünü oluşturan merkezi alan dışında, Bakanlar Kurulu'nun 18.02.1980 tarih ve 6/12778 sayılı kararı ile kabul kurulan Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi (EOSB) istihdamın toplu olarak yer aldığı en önemli bölgedir. EOSB içinde sanayi parseli sayısı bazında %87, sanayi parsel alanı bazında %93 doluluk oranına ulaşılmıştır.

İlköğretim, lise, üniversitelerde çalışan akademisyen, öğretmen ve idari personel, hastane personeli, kamu çalışanları ve OSB çalışanları göz önüne alındığında yaklaşık 278162 kişinin çalışma hayatında görev aldığı bilinmektedir (Bilgiç vd., 2018).

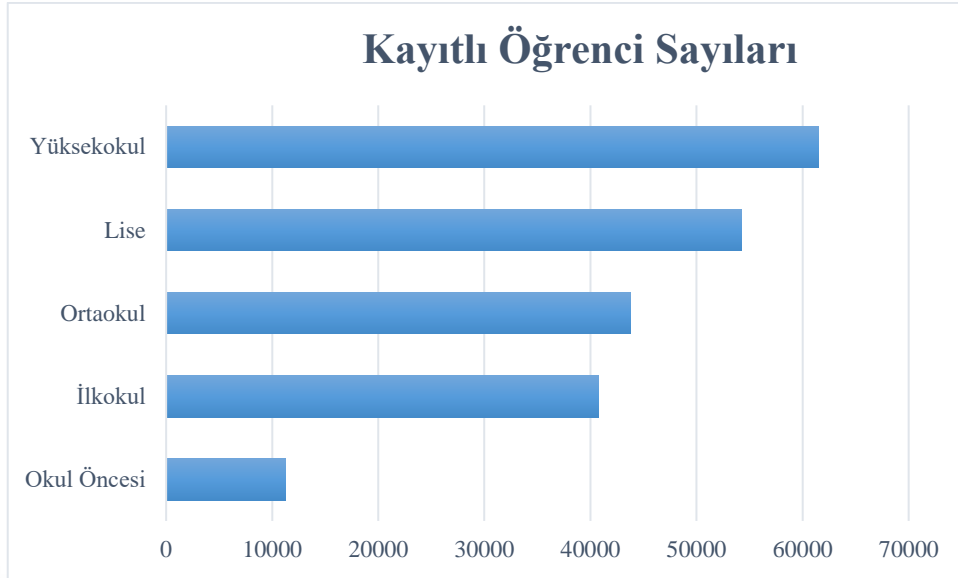
#### 4.2.4. Öğrenci sayıları

Eskişehir'deki üç devlet üniversitesi ile Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı orta öğretim, lise ve meslek okullarında 2014-2015 öğretim yılında kayıtlı olan toplam öğrenci sayısı 211609 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). 2015 yılında Eskişehir Büyükşehir Belediyesi sınırları içindeki 71 mahallede yapılan ev halkı anketlerinin sonuçlarına göre, çalışma durumu belirsiz olan kişiler çıkarıldığında, öğrencilerin toplam nüfusa oranı %27,3 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Eskişehir'de Okullarda Kayıtlı Öğrenci Sayıları

Okul Öncesi	İlkokul	Ortaokul	Lise	Yüksekokul	Toplam
11300	40736	43809	54216	61548	<b>211609</b>

Okullarda kayıtlı öğrencilerin okul türlerine göre dağılımı Şekil 4.6'da verilmiştir.

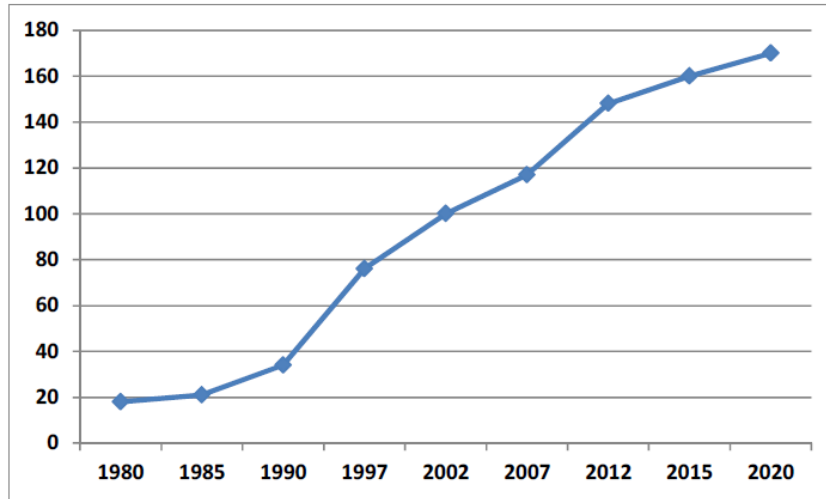


Şekil 4.6. Eskişehir’de okullarda kayıtlı öğrenci sayıları

#### 4.2.5. Otomobil sahipliği

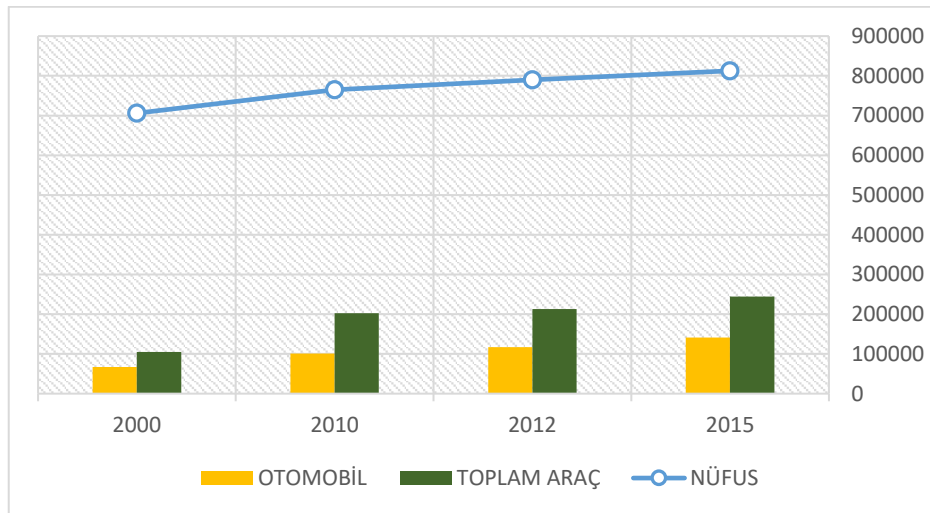
Eskişehir’de otomobil sahipliği özellikle 1990’dan sonra önemli ölçüde artmıştır. 1980 yılında 1000 kişi başına 18 olan özel otomobil sahipliği, 1985 yılında 21’e, 1990 yılında 34’e yükselmiştir. Ancak, 1990 yılından sonra hızlı bir artış izleyen otomobil sahipliği değeri, 1997 yılında 76 otomobil/1000 kişi düzeyine, 2001 yılında 100, 2007 yılında 117, 2012 yılında ise 148 otomobil/1000 kişi düzeyine yükselmiştir. (TÜİK, 2019). 2003 EUAP’de 2020 yılında bu değerın 170 otomobil/1000 kişi düzeyine çıkması öngörülmüştür. Eskişehir İli’nde yıllara bağlı otomobil sahipliğinin değişim grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir.

2015 yılı Ekim ayı sonu itibarıyla Eskişehir’de trafiğe kayıtlı özel otomobil sayısı 141187, toplam motorlu araç sayısı ise 244346’dır. 2000 yılında kayıtlı özel araç ve toplam motorlu araç sayılarının 67239 ve 104741 olduğu göz önüne alındığında, 15 yılda nüfus %15 artarken, otomobil sayısı %110, toplam motorlu araç sayısı ise %133 artmıştır (TÜİK, 2019).



Şekil 4.7. Eskişehir İli otomobil sahipliği değerleri

2003 EUAP'de 2020 için tahmin edilen 174 otomobil/1000 kişi düzeyine 2015 yılında ulaşılmıştır. İl bütününde 1000 kişi başına 174 kayıtlı otomobil ve 301 motorlu araç düşmektedir. Ev halkı anketleri sonuçlarına göre, 2015 yılında 1000 kişi başına 202 otomobil ve 28 diğer motorlu araç düşmektedir (EUAP 2017). Eskişehir ilindeki otomobil sayısı, toplam motorlu araç sayısı ve nüfus arasındaki grafik belirli yıllara bağlı olarak Şekil 4.8'deki gibidir.



Şekil 4.8. Eskişehir İli Otomobil Sahipliği

Eskişehir genelinde hane halkına ait otomobil sayısı ve otomobil sahipliğine ait değerler Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Hanedeki Otomobil Sahipliği

Otomobil Sahipliği	Hane Sayısı	Yüzde (%)
0	5420	51,2
1	4866	46,0
2	264	2,5
2'den fazla	39	0,4
<b>Toplam</b>	<b>10589</b>	<b>100,0</b>

#### 4.2.6. Gelir dağılımı

Kişilerin sosyoekonomik karakteristikleri ile yolculuk davranışları arasında ilişki kurabilmek amacıyla ev halkı, düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç gelir grubuna ayrılmıştır. Ev halkının gelir grubunu saptamak için hanenin aylık toplam geliri, ev ve araç sahipliği ile ikinci ev sahipliği ölçütleri göz önüne alınmıştır.

2015 HAV'lardan elde edilen, hanelerin aylık ortalama gelirleri ve gelir gruplarına ait tablo Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Aylık Aile Geliri (TL)	Kiracı (%)				Ev Sahibi (%)				Toplam	
	2. Evi Yok		2. Evi Var		2. Evi Yok		2. Evi Var			
	Aracı Var	Aracı Yok	Aracı Var	Aracı Yok	Aracı Var	Aracı Yok	Aracı Var	Aracı Yok		
1	0 - 500	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,8
2	501 - 1000	0,9	3,2	0,0	0,0	1,5	3,0	0,2	0,2	9,0
3	1001 - 1500	2,5	5,6	0,1	0,1	6,0	6,7	1,1	0,7	22,7
4	1501 - 2000	1,8	3,9	0,1	0,0	6,2	4,5	1,2	0,5	18,2
5	2001 - 2500	2,0	2,4	0,2	0,1	5,5	2,7	1,1	0,4	14,3
6	2501 - 3000	1,1	1,2	0,1	0,1	3,2	1,2	1,0	0,2	8,2
7	3001 - 3500	0,9	0,8	0,1	0,0	2,1	0,6	0,6	0,2	5,4
8	3501 - 4000	0,2	0,3	0,0	0,0	1,1	0,3	0,4	0,0	2,4
9	4001 - 4500	0,4	0,2	0,0	0,0	1,0	0,2	0,4	0,0	2,2
10	4501 - 5000	0,3	0,2	0,1	0,0	0,9	0,1	0,4	0,1	2,0
11	5001 - 5500	0,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,1	0,3	0,0	1,2
12	5501 - 6000	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,7
13	6001 - 6500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,4
14	6501 - 7000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
15	7001 - 7500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2
16	7501 - 8000	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2
17	>8000	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,6
0	Belirsiz	1,43	2,50	0,13	0,04	3,85	2,23	1,02	0,13	11,3
	<b>Toplam</b>	<b>12,1</b>	<b>20,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>32,8</b>	<b>21,8</b>	<b>8,5</b>	<b>2,4</b>	<b>100,0</b>

**DÜŞÜK** <2500

**ORTA** 2500-5000

**YÜKSEK** >5000

Çizelge 4.6. Hanelerin aylık ortalama gelirleri ve gelir grupları

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi, gelir durumunu belirtilmemiş olanlar (%11,3) hesaba katılmadığında, örnek nüfusun %79,2’si düşük, %19,7’si orta ve %1,1’i ise yüksek gelir grubundadır (Tablo oluşturulurken yaklaşık olarak gelir dağılımı şu şekilde hesaba katılmıştır: Geliri 2500 TL’nin altında olanlar düşük, 2500 TL ile 5000 TL arasında olanlar orta, 5000 TL’den fazla olanlar ise yüksek gelirli haneler olarak alınmıştır).

Çalışmada 2001 verileri ile yapılan analizler için kullanılan gelirler ve bunlara karşılık gelen anket değerleri Çizelge 4.7’de görüldüğü şekildedir. Ankette doğrudan gelir sorulmadığı için gelir aralıkları kullanılmıştır. Anket uygulanan bireyler Çizelge 4.7’de gelir aralıklarına karşılık gelen 1-6 arasındaki değerleri işaretlemişlerdir.

Çizelge 4.7. 2001 EUAP hane halkı anket verileri için kullanılan değerler

Aylık Aile Toplam Gelir (Milyon TL)	Hesaplarda ve anketlerde kullanılan değer
0-250	1
250-500	2
500-750	3
750-1000	4
1000-1500	5
1500>	6

### 4.3. Üretim ve Çekim Modelleri ve Veriler

Çalışmada, 2001 EUAP ve 2015 EUAP Raporları’nın hazırlanmasında kullanılan HAV’dan elde edilen hastane yolculuk sayılarına ait veriler ile 2018 de devlet hastaneleri ve özel hastanelerde yapılan anketler ve hastanelerden alınan veriler kullanılmıştır.

#### 4.3.1. Hane halkı ve hastane anket verilerinin toplanması ve düzenlenmesi

2017 yılı EUAP çalışması kapsamında kullanılan ulaşım modelinin oluşturulması ve rapor hazırlanması çalışması ve Eskişehir’de yaşayanların sosyoekonomik özelliklerine ait verilerinin ve bazı yolculuk bilgilerinin toplanması amacıyla, ESOGÜ tarafından Mayıs 2015’de tabakalı, rastgele örnekleme yöntemiyle ve geçerli anketlerde ortalama örnekleme oranı sağlanacak şekilde, hane halkı yolculuk anketleri yapılmıştır. Bu bağlamda, kent merkezindeki Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerinde ve merkez dışındaki toplam 71 mahallede, 12259 hanede 34162 kişi ile görüşme yapılmıştır. Anket yapılan mahallelerin toplam



nüfusunun, Eskişehir'in 2015 yılındaki toplam nüfusu içindeki oranı yaklaşık %83'dir (Öğüt vd., 2017).

Tez çalışmasında, 2001 yılına ait yaklaşık 21000 adet geçerli anket verisi, 2015 yılına ait yaklaşık 29000 adet HAV analizlerde kullanılmıştır. Anket görüşmeleri, üniversitelerin ve Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı okullarının açık olduğu, yani öğrencilerin genelinen kent içinde olduğu, 2001 Ekim ve 2015 yılı Mayıs ayı içerisinde hafta içi günlerde ve bireylerin genellikle evde olduğu akşam saatlerinde, öncesinden uygun örneklem koşullarıyla seçilen hanelere gidilerek yapılmıştır.

Anket görüşmelerinde hane halkı bireyelerine ve günlük yapılan tüm yolculuklarına ilişkin olarak, özel otomobil sayısı, ev sahipliği durumu, hanedeki birey sayısı, bireylerin yaşı, çalışıp çalışmadığı, öğrenci olup olmadığı, araç türü tercihi, başlangıç ve varış noktaları gibi birçok özelliğe cevap aranmıştır. Analizlerde kullanılan bu verilere ilave olarak 2018 yılı Ekim ayında özel hastanelere ve devlet hastanelerine gelen bireylerle yapılan görüşmeler ile 1560 geçerli anket verisi de birtakım analizler ve doğrulamalar için kullanılmıştır.

Tüm anket gözlemlerinde verilerden birinin veya birkaçının eksik olması, hane bireyelerinin veya hastaneye gelen bireyelerin cevap vermek istememesi, veri girişleri esnasında eksiklik veya yanlışlıkların bulunduğu tespit edilmesi durumlarında ilgili veri satırları veri setinden çıkartılmıştır. Geriye kalan geçerli tüm anket verileri analizler için kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan 2001, 2015 yıllarındaki hane halkı anketleri ve 2018 yılındaki hastanelerde yapılan anketlerle ilgili veriler ve Eskişehir'e ait bazı bilgiler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 2001, 2015 yıllarına ait kullanılan ve 2018 de yapılan anketlere ilişkin bilgiler

Yıl	2001	2015	2018
<b>Geçerli Anket Sayısı</b>	20704	28993	1560
<b>Nüfus</b>	651672	826716	871808
<b>Anket Uygulanan Bölge Nüfusu</b>	476777	621017	-
<b>Hane Sayısı</b>	6944	10191	-
<b>Örnekleme Oranı (%)</b>	4,20	4,366	-
<b>Zon Sayısı</b>	63	65	-
<b>Toplam Günlük Yolculuk Sayısı</b>	27750	55620	-
<b>Toplam Ev Tabanlı Hastane Yolculuğu Oranı</b>	0,038	0,089	-
<b>Ort. Aile Büyüklüğü</b>	3,20	2,92	-
<b>Ort. Otomobil Sahipliği</b>	107,18	182,13	-

Çizelge 4.8'e bakıldığında 2001 yılında 20704 olan HAV sayıları 2015 yılında yaklaşık 1 buçuk katına çıkartılarak 29000 civarına ulaştırılmıştır. 2001 HAV'a ilişkin çalışma bölgesi olarak kullanılan zonlara karşılık gelen mahalleler, geçerli anketlerdeki hane ve kişi sayıları ile zonlara ait örneklem oranlarına ilişkin liste Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. 2001 yılına ait çalışma zonu olarak kullanılan verilere ilişkin bilgiler

Bölge No	Mahalle Adı	2001 Nüfus	Geçerli Anket		Örneklem Oranı
			Hane Sayısı	Kişi Sayısı	
1	71 EVLER	10.517	155	496	4,7
2	75.YIL	1.808	123	329	18,2
3	AKARBASI	16.505	186	471	2,9
4	AKCAMI	902	68	171	19,0
5	AKÇAGLAN	2.159	61	174	8,1
6	ALANÖNÜ	8.746	144	394	4,5
7	ARIFIYE	6.596	81	230	3,5
8	BAHÇELIEVLER	5.362	73	213	4,0
9	BATIKENT	4.952	148	438	8,8
10	BÜYÜKDERE	10.553	179	530	5,0
11	CUMHURİYE	4.589	48	141	3,1
12	CUNUDIYE	1.304	32	97	7,4
13	ÇAMLICA	15.052	335	959	6,4
14	ÇANKAYA	7.445	115	365	4,9
15	DEDE	1.932	20	59	3,1
16	DELIKLITAS	7.276	96	255	3,5
17	EMEK	27.944	311	991	3,5
18	ERENKÖY	13.189	179	542	4,1
19	ERTUGRULGAZI	12.108	294	840	6,9
20	ESENTEPE	9.582	113	313	3,3
21	ESKIBAGLAR	3.908	76	189	4,8
22	FATİH	4.591	125	364	7,9
23	FEVZİÇAKMAK	8.650	92	323	3,7
24	GÖKMEYDAN	18.408	265	764	4,2
25	GÖZTEPE	2.746	42	106	3,9
26	GÜLLÜK	3.558	71	211	5,9
27	GÜLTEPE	9.309	114	349	3,7
28	GÜNDOĞDU	10.755	134	436	4,1
29	HACI ALI BEY	1.782	40	105	5,9
30	HACI SEYİT	2.385	36	92	3,9
31	HAYRIYE	1.308	51	129	9,9
32	HOSNUDIYE	6.479	72	153	2,4
33	HUZUR	5.713	64	207	3,6
34	ISIKLAR	4.769	36	114	2,4
35	IHSANIYE	1.324	46	117	8,8
36	ISTIKLAL	6.744	47	112	1,7
37	KARAPINAR	1.616	77	217	13,4
38	KIRMIZITOPRAK	16.884	146	432	2,6
39	KUMLUBEL	4.352	59	181	4,2
40	KURTULUS	16.271	179	533	3,3
44	ORHANGAZI	7.173	117	314	4,4
45	ORTA	820	61	189	23,0
46	OSMANGAZI	8.478	86	254	3,0
47	ÖMERAGA	4.410	63	192	4,4
48	PASA	614	49	145	23,6
49	SAZOVA	3.284	41	127	3,9
50	SÜMER	3.067	14	33	1,1
51	SÜTLÜCE	8.290	109	310	3,7
52	SARHÖYÜK	7.501	133	394	5,3
53	SARKIYE	954	41	124	13,0
54	SEKER	3.678	44	153	4,2
55	SIRINTEPE	24.109	247	721	3,0
56	TUNALI	4.496	10	20	0,4
57	ULUÖNDER	17.186	237	636	3,7
58	VİSNELİK	19.894	197	571	2,9
59	YENİ	4.630	43	146	3,2
60	YENİBAGLAR	7.362	138	391	5,3
61	YENİDOĞAN	6.925	143	424	6,1
62	YENİKENT	10.024	81	225	2,2
63	YESİLTEPE	13.907	255	751	5,4
64	YILDIZTEPE	8.589	114	357	4,2
65	ZAFER	9.109	126	389	4,3
66	ZİNCİRLİKUYU	2.204	62	185	8,4
	<b>TOPLAM</b>	<b>476.777</b>	<b>6.944</b>	<b>20.193</b>	<b>4,2</b>

2015 HAV'a ilişkin zonlara karşılık gelen mahalleler, geçerli anketlerdeki hane ve kişi sayıları ile zonlara ait örneklem oranlarına ilişkin liste ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. 2015 yılına ait çalışma zonu olarak kullanılan verilere ilişkin bilgiler

Bölge No	Mahalle Adı	2015 Nüfus	Geçerli Anket		Örneklem Oranı
			Hane Sayısı	Kişi Sayısı	
26	VADIŞEHİR	8298	176	508	0,06
49	AKÇAĞLAN	2464	35	100	0,04
50	ALANÖNÜ	5989	107	325	0,05
51	KUMLUBEL	5944	65	162	0,03
52	ŞARHÖYÜK	6817	142	369	0,05
53	KARAPINAR	2614	42	104	0,04
54	PAŞA	424	16	46	0,11
56	ORTA	1454	39	117	0,08
57	AKCAMI	653	36	102	0,16
58	ÖMERAĞA	8711	102	285	0,03
59	ESKİBAĞLAR	7359	178	557	0,08
60	GÖZTEPE	3717	98	276	0,07
61	GÖKMEYDAN	26408	498	1411	0,05
62	GÜLLÜK	5615	113	338	0,06
63	TUNALI	9204	148	490	0,05
64	FATİH	8239	89	271	0,03
65	BAHÇELİEVLER	12090	176	520	0,04
67	GÜNDOĞDU	11206	173	497	0,04
68	EMEK	41306	620	1837	0,04
70	GÜLTEPE	12432	281	822	0,07
71	ZİNCİRLİKUYU	2493	40	132	0,05
72	FEVZİÇAKMAK	9176	103	337	0,04
73	ŞEKER	9139	62	202	0,02
74	ERENKÖY	12171	178	519	0,04
75	YILDIZTEPE	10283	132	360	0,04
92	ORHANGAZİ	7492	114	351	0,05
94	DEDE	1853	18	58	0,03
95	HUZUR	7163	136	383	0,05
96	ÇANKAYA	10371	247	687	0,07
97	BÜYÜKDERE	25714	703	2116	0,08
98	YENİDOĞAN	7293	104	267	0,04
99	YENİKENT	11435	259	752	0,07
100	HAYRİYE	1630	17	52	0,03
103	ERTUĞRULGAZİ	14044	92	216	0,02
104	ÇAMLICA	26700	623	1593	0,06
105	AŞAĞI SÖĞÜTÖNÜ	6390	106	322	0,05
106	IHLAMURKENT	6897	101	288	0,04
107	ZAFER	9816	89	275	0,03
108	ESENTEPE	8028	99	289	0,04
109	71 EVLER	19774	315	906	0,05
110	YEŞİLTEPE	14163	228	673	0,05
111	ŞİRİNTEPE	30885	285	1779	0,06
114	YENİ	5624	59	185	0,03
116	SÜMER	7974	97	315	0,04
117	ULUÖNDER	17079	295	869	0,05
119	SAZOVA	4546	251	587	0,13
120	SÜTLÜCE	8123	153	305	0,04
121	IŞIKLAR	5199	72	199	0,04
122	KURTULUŞ	19475	284	761	0,04
123	M. KEMAL PAŞA	2565	29	92	0,04
124	MAMURE	4058	42	109	0,03
125	HACI ALİ BEY	2498	21	53	0,02
126	HACI SEYİT	3414	39	112	0,03
129	VİŞNELİK	21669	297	822	0,04
130	KIRMIZITOPRAK	18686	309	983	0,05
133	OSMANGAZİ	9378	195	578	0,06
134	HOŞNUDİYE	6284	120	384	0,06
135	DELİKLİTAŞ	7286	32	92	0,01
136	ARİFİYE	6235	73	227	0,04
137	İSTİKLAL	5896	98	316	0,05
138	75.YIL	11534	137	451	0,04
150	YUKARI SÖĞÜTÖNÜ	733	28	84	0,11
154	KOYUNLAR	1572	21	84	0,05
155	SAKİNTEPE	738	9	27	0,04
175	YENİBAĞLAR	16597	345	1096	0,07
<b>TOPLAM</b>		<b>621017</b>	<b>10191</b>	<b>28993</b>	<b>4,366</b>

2001 ve 2015 yıllarında EUAP için yapılan analizlerde zon numaraları ve bazı mahalleler farklılaşmıştır. Örneğin, 2001 anketlerinde Vadişehir ve Koyunlar zonları

bulunmazken, 2015'te Vadişehir (Zon no:1) ve Koyunlar'a (Zon no:154) ait zonlar bulunmaktadır. 2015 hane halkı anketlerine ait Merkez ilçeler dâhilinde kullanılan zonlara ait harita Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. 2015 EUAP HAV için kullanılan zon haritası

Şekil 4.9'da EUAP için 2015'te toplanan veriler kapsamında yapılan analizlerde kullanılan tüm zonların haritası görülmektedir. Bu çalışmada bu zonlardan yalnızca Çizelge 4.10'daki 65 zon kullanılmıştır. 2001 ve 2015 yılına ait yapılan hane halkı anket çalışmalarına ait hesaplanan yaklaşık değerler Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. 2001 ve 2015 HAV'lere ilişkin değerler ve kesitler arasındaki değişimler

Yıl	2001	2015	Değişim Oranı
<b>Ortalama Otomobil Sahipliği</b>	0,11	0,18	0,70
<b>Ortalama Gelir*</b>	0,59	0,93	0,38
<b>Ortalama Hane Sayısı</b>	3,20	2,93	-0,09
<b>Ortalama Yaş</b>	33,66	38,78	0,15
<b>Öğrenci Sayısı</b>	119109	172393	0,47
<b>Çalışan Sayısı</b>	130455	212238	0,65
<b>Nüfus (Çalışma Bölgesi)</b>	482793	660734	0,29
<b>Hastane Yolculuk Sayısı</b>	17746	58817	2,31

\* Ortalama gelir değerleri, 2015 gelir değerlerinin 2001 gelir değerlerine uyarlanması çerçevesinde Çizelge 4.6.'daki gelir aralıkları ve Merkez Bankası enflasyon oranlarına göre dönüştürülerek hesaplanmıştır.

2001 HAV'a göre, hastane yolculuklarında, bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullandıkları tür tercihleri ve sayıları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. 2001 hastane yolculuğu yapan bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullanılan ulaşım türü tercihleri ve sayıları

<b>Araçlı Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	65	421	30	6	<b>522</b>
Orta	57	96	8	10	<b>171</b>
Yüksek	6	0	0	0	<b>6</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>128</b>	<b>517</b>	<b>38</b>	<b>16</b>	<b>699</b>
<b>Yaya Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	18	140	10	5	<b>173</b>
Orta	2	20	0	2	<b>24</b>
Yüksek	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>20</b>	<b>160</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>197</b>
<b>Bisikletli Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	0	2	2	0	<b>4</b>
Orta	0	0	0	0	<b>0</b>
Yüksek	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Toplam Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	83	563	42	11	<b>699</b>
Orta	59	116	8	12	<b>195</b>
Yüksek	6	0	0	0	<b>6</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>148</b>	<b>679</b>	<b>50</b>	<b>23</b>	<b>900</b>

2015 HAV'a göre, hastane yolculuklarının bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullandıkları tür tercihleri ve sayıları Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. 2015 hastane yolculuğu yapan bireylerin gelir ve mesleki durumuna göre yolculuktaki kullanılan ulaşım türü tercihleri ve sayıları

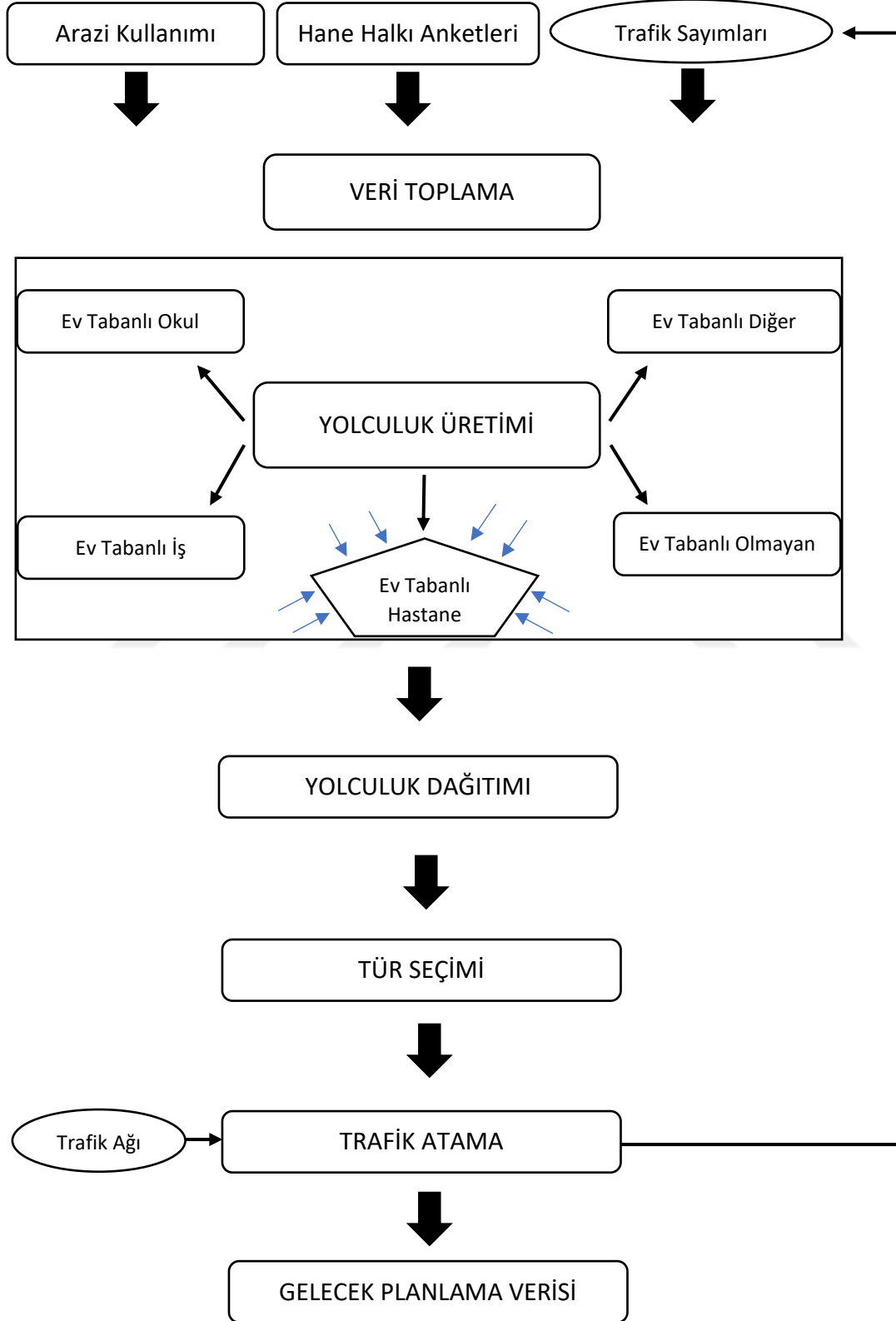
<b>Araçlı Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	247	1.424	43	47	<b>1.761</b>
Orta	73	232	18	11	<b>334</b>
Yüksek	9	7	0	0	<b>16</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>329</b>	<b>1.663</b>	<b>61</b>	<b>58</b>	<b>2.111</b>
<b>Yaya Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	46	326	16	16	<b>404</b>
Orta	7	41	4	1	<b>53</b>
Yüksek	2	2	0	0	<b>4</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>55</b>	<b>369</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>461</b>
<b>Bisikletli Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	2	6	0	0	<b>8</b>
Orta	0	0	0	0	<b>0</b>
Yüksek	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
<b>Toplam Yolculuk Sayıları</b>					
<b>Gelir Düzeyi</b>	<b>Çalışan</b>	<b>Çalışmayan</b>	<b>Öğrenci</b>	<b>Öğrenci (Yüksek Öğrenim)</b>	<b>TOPLAM</b>
Düşük	295	1.756	59	63	<b>2.173</b>
Orta	80	273	22	12	<b>387</b>
Yüksek	11	9	0	0	<b>20</b>
<b>TOPLAM</b>	<b>386</b>	<b>2.038</b>	<b>81</b>	<b>75</b>	<b>2.580</b>

Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'e bakıldığında, 2001, 2015 yılları arasında, tür tercihi yönünden, değişimin en fazla araçla yapılan hastane yolculuklarında, en az ise bisikletle yapılan yolculuklarda olduğunu söylemek mümkündür. Yüksek gelirli ailelerin yaptıkları hastane amaçlı yolculuklarda neredeyse hiç yaya ve bisiklet kullanmadıkları gözlemlenebilmektedir.

#### 4.3.2. Yolculuk üretim ve çekim modeli

Bu çalışma kapsamında ev tabanlı-hastane yolculukları için bir üretim ve çekim modeli kurulması amaçlanmıştır. Ev tabanlı hastane yolculukları için kurulan üretim ve

çekim modellerinin planlama sürecindeki görevini ve DAUM içerisindeki konumunu gösteren şema Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Ev tabanlı hastane yolculukları üretim ve çekim modelinin DAUM sürecindeki yeri

Çalışmada yolculuk üretim ve çekim modelleri için birbirinden farklı analizler kullanılmıştır. Yolculuk üretim modelinde kullanılacak 2001 HAV sayısı, analizler için yeterlidir. Ancak yolculuk çekimi modeli için kullanılacak 2001 yılına ait hastanelerdeki hasta kayıt verileri ve hastanelere ve sağlık ocaklarına ait bazı verilere erişilemediği için çalışmada daha çok üretim modeli ve gelecek tahminlemeleri üzerine yoğunlaşmıştır. Çekim modeli için elde edilen kısıtlı veri setiyle 2001 yılına ait çekim modeli kurularak, kurulan üretim modellerinin DAUM'un ilk aşaması olan yolculuk üretim ve çekim aşamasındaki yeri ifade edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada amaçlanan ev tabanlı hastane yolculukları için yolculuk üretim ve çekim modeli aşağıdaki şemadaki gibi ifade edilebilmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Üretim ve çekim modeli şeması

#### 4.3.2.1. Yolculuk üretim modeli

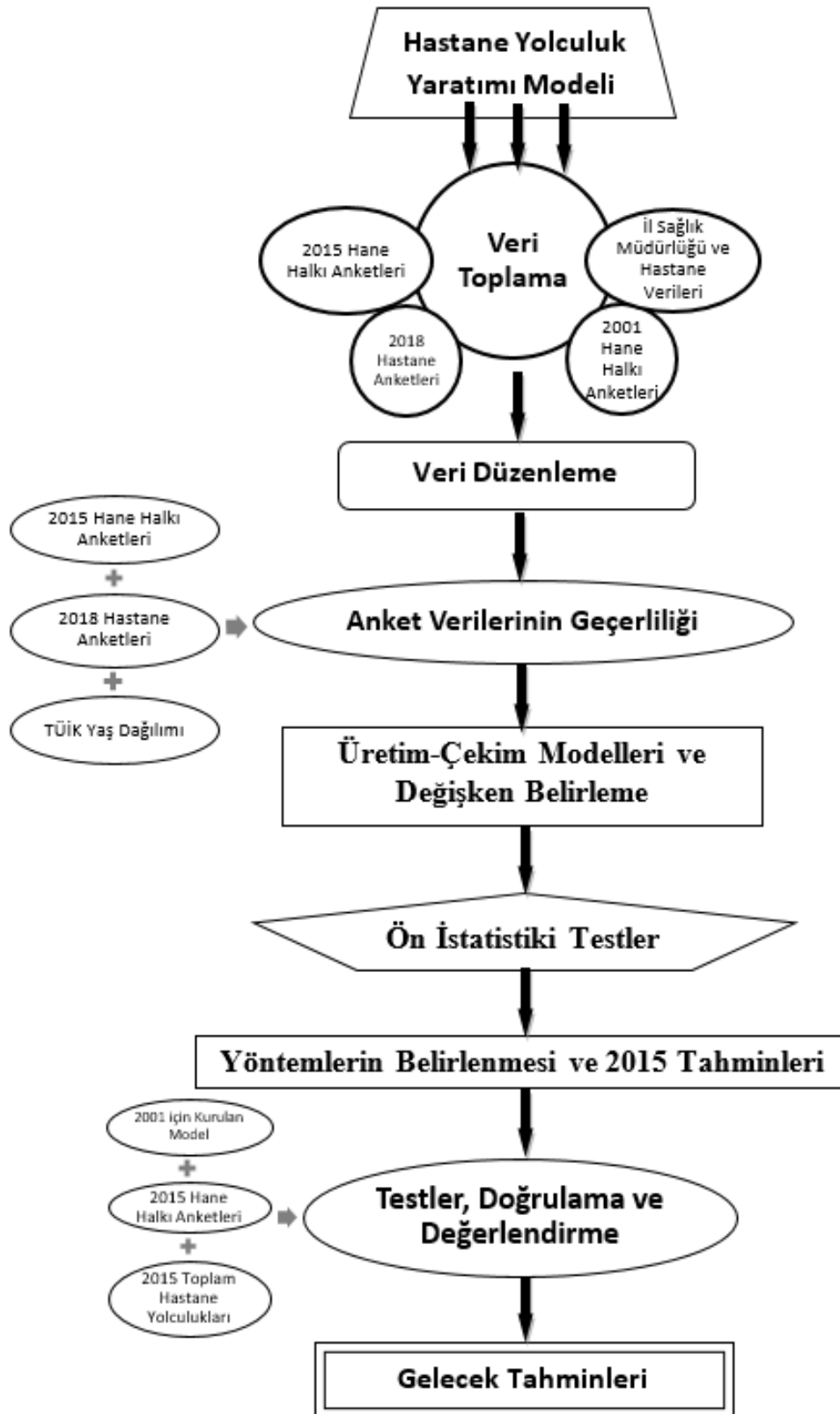
Yolculuk üretim modeli ile ilgili HAV, hastane anketleri, Eskişehir İl Sağlık Müdürlüğü'nden ve hastanelerden alınan hasta kayıt verileri ile yapılan analizler ve hesaplamalar, izlenen yöntem ve basamaklara ait model süreci aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Verilerin toplanması: 2001 ve 2015 hane halkı ham anketleri, 2018 ham hastane anket görüşmelerinin gerçekleştirilmesi ve belirlenen yıllara ait İl Sağlık Müdürlüğü ve Devlet hastanelerinden verilerin alınması.
- Verilerin düzenlenmesi: Alınan verilerin ayıklanması geçerli anket havuzunun oluşturulması. Veri havuzundaki verilerin çalışma amacına ve yolculuk yaratım modelinin kurulabilmesine yönelik olarak, HYS'lerin ve bunları açıklayan bilgi ve değişkenlerin birtakım filtreleme, düzenleme ve örneklem anket verilerinin Eskişehir İli için büyütülmesi gibi işlemlerle işlenebilecek hale getirilmesi.



- Geçerlilik analizi: 2015 HAV için, 2018 hastane anket görüşme verileri ve hastanelerden alınan hastane kayıt verilerine göre geçerliliklerinin test edilmesi, buna ilave olarak 2015 anketlerinin yaş dağılımları ile TÜİK'ten alınan Eskişehir İli için geçerli yaş dağılımlarına uygunluğunun test edilerek anket verilerinin Eskişehir genelini temsil edebilme yeteneğinin kontrol edilmesi.
- Açıklayıcı değişkenlerin belirlenmesi: Hastane yolculuk üretim ve çekim modellerinin kurulması için yolculukları açıklayabilecek modelin, birey karakteristikleri, parametreler ve değişkenler kapsamında belirlenmesi.
- 2001 verileri ve istatistiksel ön analizler: Koralasyon analizleri, F ve T testlerinin uygulanması ve değerlendirilmesi.
- Üretim ve çekim modelleri için kullanılacak analiz yöntemlerinin belirlenmesi ve 2001 verilerine (Test verileri) uygulanması: EKK ve belirlenen yanlı ve sağlam tekniklerin (RR, EKBK, EKBK-Ridge) verilere uygulanması.
- Gelecek tahminleri: 2001 verilerine uygulanan yöntemler sonucu elde edilen üretim modelleri ve gelecek tahminleri için geliştirilen HTK kullanılarak 2015 yılı HYS tahminleri.
- Test ve doğrulama: Üretim modellerine ait yapılan gelecek (2015 yılı) tahminlerinin 2015 yılı anket verileriyle test edilmesi. Model sonuçlarının EKK ile karşılaştırılması ve en iyi sonucu veren modelin değerlendirilmesi.
- En iyi üretim modeli ve çekim modeli ile 2035 yılına kadar hastane yolculukları için talep tahminlerinin yapılması.

Bu maddeler çerçevesinde hastane yolculukları için geliştirilen yolculuk üretim ve çekim modeli, yapılan analizler ve hesaplamalar, izlenen yöntem ve basamaklara ait işleyiş süreci şeması Şekil 4.12'deki gibidir.



Şekil 4.12. Hastane yolculukları yaratımı modeli, yapılan analizler ve hesaplamalar, izlenen yöntem ve basamaklara ait işleyiş süreci şeması

Çalışmada Eskişehir'in en büyük ilçeleri olan Tepebaşı ve Odunpazarı merkez ilçelerindeki bireylerin hastane yolculukları, geçerli yaklaşık 50000 HAV, 1600 hastane anketi ve hasta kayıtları kullanılarak, EKK, RR, EKBK, EKBKR yöntemleri çerçevesinde incelenmiştir.

Eskişehir'de bulunan, ESOGÜ Tıp Fakültesi Hastanesi, Yunus Emre Devlet Hastanesi, Eskişehir Devlet Hastanesi, Eskişehir Acıbadem Hastanesi, Eskişehir Özel Ümit Hastanesi, Özel Anadolu Hastanesi gibi hastaneler, özel ve devlet sağlık kuruluşları ile aile sağlık merkezlerinin tamamına yakını, üretim ve çekim modeli ve analizleri kapsamına girmektedir.

Bireylerin gün içerisinde yaptıkları yolculuk davranışlarında olduğu gibi hastane yolculuk davranışlarında da kusursuz bir açıklama ve sabit bir fonksiyonu ortaya koymak mümkün değildir. Ancak yolculuk talepleri için yolculukların başlangıç ve varış noktalarına ait belirli temel karakteristiklere dair daha detaylı ve bireylerin yolculuk davranışlarını açıklamaya yardımcı olabilecek bazı açıklayıcı parametreler kullanılabilir.

Kent içindeki bireylerin hastane amaçlı yolculuk davranışlarının incelendiği bu çalışmada, hastane yolculuklarını etkileyebileceği öngörülen bazı açıklayıcı sosyoekonomik ve demografik değişkenler kullanılmıştır. Kent içi hastane yolculuklarını tanımlayabilecek parametreler; ev-iş, ev-okul, ev-diğer yolculukların amaç ve davranışlarını tanımlamada kullanılacak parametrelerden bazılarında farklı olmakla birlikte, hastane yolculuklarını tanımlayan ve diğer yolculuk amaçları ile ortak olan açıklayıcı değişkenler de bulunmaktadır. Genel yolculuk talepleri ile ilgili çalışmalara bakıldığında, özel otomobil sahipliği, ev sahipliği, nüfus, hane geliri, istihdam durumu gibi karakteristiklerin yolculukları büyük ölçüde etkilediği görülmüştür (Chang vd., 2014). Bu çerçevede düşünüldüğünde; bağımsız değişkenler olarak elde edilen veriler ve hastane yolculukları ile ilişkileri aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Özel otomobil sahipliği ve kullanımı: Özel otomobil, kapıdan kapıya ulaşım sağlayabilmesi avantajından dolayı özellikle de hastane ihtiyaçlarında tercihi etkileyebilen bir parametredir.

- Gelir durumu: Araştırmalardan çıkan sonuçların farklılık göstermesine rağmen, gelir düzeyinin sağlık üzerine ve dolayısı ile hastaneye gidiş ihtiyacını etkilediği bilinen bir durumdur (Tüylüoğlu ve Tekin, 2009; Çukur ve Bekmez, 2011; Taşkaya ve Demirkıran, 2016). Hastane seçimi, sağlığa verilen önem gibi değerlerin de bireylerin gelir düzeylerinden etkilenmesi söz konusudur.
- Hanedeki kişi sayısı: Kişi sayısı hanedeki bireylerin gelir düzeyini değiştirmektedir. Ayrıca hastanın hafif veya ağır hasta olması durumuna göre, evde hastane ihtiyacı olan bireylere yardımcı olabilecek veya fikir belirtebilecek ikinci ve üçüncü bireylerin olmasının, yani hanedeki kişi sayısı değişiminin, hastane davranışlarında etkili olduğu düşünülmektedir.
- Yaş: Yapılan bazı çalışmalar, yaşlanmanın hastane taleplerini bir miktar da olsa etkilediği yönündedir (Strunk vd., 2006). Özellikle Türkiye gibi gün geçtikçe yaşlanan nüfusa sahip ülkelerde hastane taleplerinin de arttığı bir gerçektir.
- Öğrenci miktarı: Öğrencilerin hastane hareketlerinin nüfustaki kalan kesimden farklı olduğu öngörülmektedir. Öğrenci profilinin genç yaşta olması durumu, dolaylı olarak öğrencilerin hastane yolculuk davranışlarını farklılaştırabildiği düşüncesini desteklemektedir. Özellikle Eskişehir gibi öğrenci oranı yüksek olan bir şehirde öğrencilerin hastane yolculukları dâhil tüm yolculuk davranışlarının incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.
- İstihdam: Çalışma durumu değişkeni özellikle iş yolculuklarını etkilemektedir. Ancak hanedeki bireylerin çalışma durumu hastane yolculuklarını da etkileyen bir değişken olarak görülmektedir.
- Bölge nüfusu: Hastane yolculuklarını doğrudan ve en fazla etkileyen değişken olarak, birçok çalışmada seyahat üretimlerinde ve analizlerde kullanılan bir değişkendir.

Talep analizleri için 2001 yılına ait 63, 2015 yılına ait 65 adet zon kullanılmıştır. Anket verileri kapsamında, tüm model ve analizler zon bazında yapılacağı için, söz konusu

parametreler, 2015 yılında veya zona ait bilgiler zon ortalamaları olarak düzenlenen açıklayıcı değişkenler şu şekilde belirlenmiştir:

- **Ortalama Özel Otomobil Sahipliği (OOS<sub>i</sub>):** i zonundaki toplam araç sayısının zon nüfusuna oranlanmasıyla elde edilen değer,
- **Ortalama Gelir (OG<sub>i</sub>):** i zonu toplam gelirinin, i zonundaki nüfusuna bölünmesiyle elde edilen değerdir. Çalışmada, 2001 yılında kurulan modelin 2015 ile kontrolünün sağlanması için gelir dönüşümü yapılmıştır. 2015 anketlerindeki gelir değerleri 14 yıllık enflasyon farkı hesaplanarak 2001 gelir değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm hesaplamaları yapılırken Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) enflasyon hesaplayıcısı kullanılmıştır (TCMB, 2019),
- **Ortalama Hane Büyüklüğü (OHB<sub>i</sub>):** i zonundaki nüfusun, o bölgedeki hane sayısına oranı,
- **Yaş Ortalaması (YO<sub>i</sub>):** i zonundaki bireylerin yaş ortalama değeri,
- **Öğrenci Sayısı (ÖS<sub>i</sub>):** i zonundaki toplam öğrenci sayısı,
- **İstihdam Sayısı (İS<sub>i</sub>):** i zonundaki çalışan birey sayısı,
- **Nüfus Miktarı (NM<sub>i</sub>):** i zonundaki toplam nüfus miktarıdır.

Bağımlı değişken ise,

**Hastane Yolculuk Sayısı (HYS<sub>i</sub>):** i zondan yaratılan ev tabanlı hastane yolculuk sayısını ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle, i zonunda ikamet edilen evden doğrudan hastaneye yapılan yolculuk sayıları ile hastaneden i zonundaki eve doğrudan dönüş yolculukları sayılarının toplamını ifade etmektedir.

Her bölgeye ait ev tabanlı hastane yolculukları için üretim modeli oluşturulurken, bir ucu ev, diğer ucu hastane olan yolculuklar dikkate alınarak zonlardan üretilen toplam yolculuklar aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$HYS_i = \sum_{i=1}^n Ev_i \xrightarrow{\text{doğrudan}} Hastane + \sum_{i=1}^n Hastane \xrightarrow{\text{doğrudan}} Ev_i \quad (4.1)$$

Bu çalışma için doğrusal model seçilmiştir. Modelin doğrusal olarak seçilme sebepleri şu şekilde açıklanabilir:

- ✓ Bu çalışmada, çok sayıda anket verisi kullanılarak elde edilen verilere ait, modelin ve katsayıların belirli olduğu modeller üretilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Kesitten (2001 yılı) elde edilen verilerle kurulan doğrusal modeller gelecek tahminleri için rahatlıkla kullanılıp test edilebilecektir.
- ✓ Her ne kadar hesaplamalarda yaklaşık 51000 veri kullanılsa da, son analizlerdeki test için oluşturulan nihai gözlem sayısının (63 adet) farklı fonksiyon formatları için yetersiz olması nedeni ile doğrusal model kullanımı ile daha doğru modeller kurulabilecektir.
- ✓ Üretim modeli bağıntısı olarak polinom, üstel, logaritmik, trigonometrik fonksiyonlar gibi doğrusal olmayan birçok fonksiyon çeşidi bulunmaktadır. Hastane yolculuklarının açıklayıcısı olarak seçilen bağımsız değişken sayısının fazla (7 adet) olmasına bağlı olarak farklı fonksiyon türleri karmaşık hale gelecektir.
- ✓ HYS için daha önceden belirlenmiş olan belli bir fonksiyon formatının bulunmaması ve modelde kullanılan değişkenlerin yıllara bağlı olarak, doğrusal değişime yatkınlığı gözlemlenmiştir.

Çalışmada hastane yolculukların açıklandığı doğrusal denklem modeli,

$$HYS_i = \beta_1 OOS_i + \beta_2 OG_i + \beta_3 OHB_i + \beta_4 YO_i + \beta_5 ÖS_i + \beta_5 İS_i + \beta_6 NM_i + \epsilon_i \quad (4.2)$$

şeklindedir. Burada  $\beta$ : Modeldeki açıklayıcı değişkenlerin katsayılarını,  $\varepsilon_i$ : Hata terimlerini ifade etmektedir.

Modelde NM, OHB, YO değerlerinden herhangi birinin “0” olması durumunda teorik olarak HYS=0 olması gerekliliği söz konusudur. Bu sebeple, sabit terim modelde kullanılmamıştır.

Çalışmada kurulan kesit modellerinin tahminlenmesi için açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanamayan bazı etkenlerin bulunduğu düşünülmektedir. Bu etkenler hastane sistemlerinin, randevu sistemlerinin zamanla değişmesi, teknolojinin gelişmesi ile hastanelerdeki hizmet seviyesinin artması gibi etkenlerdir. Genel olarak bu değişkenler çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlerle açıklanamayan soyut etmenlerdir. Gelecek tahminlerinde bu etkenlerin de gözardı edilmeden modellerin kullanılması ve sağlıklı tahminlerin yapılması için modelde tahmin yıllarına ait, çalışma kapsamında “Hastane Talebi Katsayısı” adı verilmiş olan bir katsayı üretilerek hesaplara dahil edilmiştir. Bu katsayı söz konusu yıldaki bir kişinin bir günde ortalama HYS değerini ifade etmektedir. HTK, aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$HTK_j = \frac{\sum_{i=1}^n HYS_{i,j}}{\sum_{i=1}^n NM_{i,j}} \quad (4.3)$$

Burada n analiz yapılan bölge sayısını,  $HTK_j$  ise j yılındaki HTK değerini ifade etmektedir. 2001 HAV’dan elde edilen bu değer yaklaşık 0,038 yolculuk/kişi iken, 2015 HAV’dan elde edilen değer yaklaşık 0,089 yolculuk/kişi olarak hesaplanmıştır. Yani 2015 yılında Eskişehir’de yaşayan bir bireyin, 2001’de Eskişehir’de yaşayan bir bireye göre bir günde yaklaşık 2,37 katı kadar ev tabanlı hastane yolculuğu yaptığı hesaplanabilmektedir. HTK’lar yıldan yıla çeşitli etkenlerden dolayı değişim göstermektedir. Çalışmada 2001 yılına ait model kurulup farklı yıllara ait tahminler yapılırken bu katsayı kullanılmıştır. Ve elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibi gösterilmiştir,

$$HYS_{i,k,j} = \frac{HTK_j}{HTK_k} (\beta_1 OOS_{i,k} + \beta_2 OG_{i,k} + \beta_3 OHB_{i,k} + \beta_4 YO_{i,k} + \beta_5 ÖS_{i,k} + \beta_6 İS_{i,k} + \beta_7 NM_{i,k} + \varepsilon_{i,k}) \quad (4.4)$$

Bu model k yılındaki verilerle kurulan kestirim modelinin j yılı için geçerli olan hastane yolculuk modelini ifade etmektedir. Bu çalışma için 2001 yılı verileri ile oluşturulan modelin 2015 yılı verileri ile test edilmesi durumunda kurulan modelin başına gelecek HTK'ların oranı olacak şekilde,  $\frac{HTK_{2015}}{HTK_{2001}} = \frac{0.089}{0.038} = 2,37$  değerini almıştır.

#### 4.3.2.2. Yolculuk çekim modeli

Yolculuk üretim modelinin belirlenmesinden sonraki kısımda yolculuk çekim modelinin oluşturulması için 2001 yılındaki hasta yatak sayıları (HYAS), zondaki sağlık ocakları sayısı (SOS) ve 2001 HAV kullanılmıştır. Hastane çekim modeli için bağımsız değişken olarak HYAS ve SOS, bağımlı değişken olarak Hastane Çekim Sayıları (HÇS) kullanılmıştır. HÇS hastane ya da aile sağlık merkezlerinin olduğu zonlara muayene, tedavi, ziyaret, refakat vs. amaçlarla gelen bireylerin toplam sayılarını ifade etmektedir. Her bölgeye ait ev tabanlı hastane yolculukları için çekim modeli oluşturulurken, bir ucu ev diğer ucu hastane olan yolculuklar dikkate alınarak zonlara çekilen toplam yolculuklar aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$HÇS_i = \sum_{i=1}^n Ev \xrightarrow{\text{doğrudan}} Hastane_i + \sum_{i=1}^n Hastane_i \xrightarrow{\text{doğrudan}} Ev \quad (4.5)$$

Burada HÇS<sub>i</sub>, ikamet edilen bir evden, i zonuna hastane amacıyla çekilen yolculuk sayıları ile i zonundaki hastaneden eve dönüş yolculukları sayılarının toplamını ifade etmektedir.

Yolculuk yaratım modeli için i zonundan herhangi bir zona hastane amaçlı yapılan yolculuk ile hastaneden i zonuna dönüş yolculuklarının toplam sayısı belirlenirken (Bkz Eşitlik 4.1); çekim modeli için, i zonundaki hastaneye evinin olduğu zondan gelen yolculuk sayısı ile i zonundan doğrudan evinin bulunduğu zona giden yolculuk sayıları toplanmaktadır. Bu noktada, çalışmadaki yaratım ve çekim modellerindeki farklılık "i" indislerinin yer değiştirmesi şeklinde bağıntıda kendini göstermektedir.



Hastane çekim modelinde yatak sayısı ve sağlık ocağı sayısı “0” olan yerde hastane çekim değeri de beklenmediği için sabit terim kullanılmamıştır ve oluşturulan regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$HÇS_i = \beta_1 * HYAS_i + \beta_2 * SOS_i + \epsilon_i \quad (4.6)$$

HÇS<sub>i</sub>: i zonuna çekilen toplam hastane yolculuğu miktarını, β<sub>1</sub>: HYAS katsayısını, SOS<sub>i</sub>: i bölgesindeki SOS sayısını, ε<sub>i</sub>: hata terimlerini ifade etmektedir.

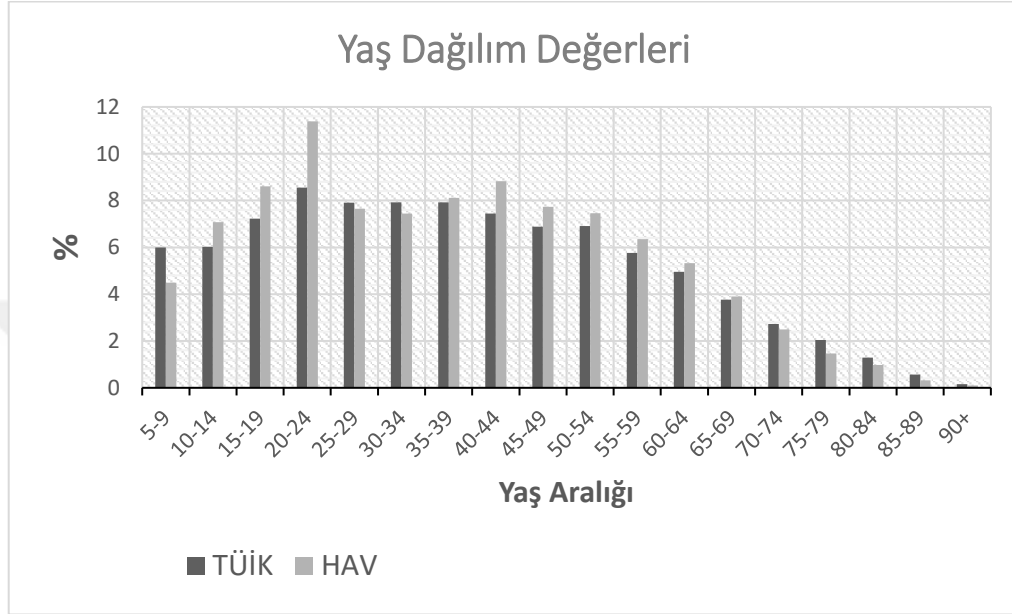
#### 4.4. Üretim ve Çekim Modeli Analizleri

Eskişehir’de Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri olmak üzere iki merkez ilçe analiz bölgesi olarak seçilmiştir. 2000 EUAP ve 2015 EUAP ve 2018 hastane anketleri çalışmalarından elde edilen verilere ait yaklaşık 51000 geçerli anket ve yaklaşık %4 örneklem oranına sahip verilerin, çalışma kapsamında yapılacak tüm analizler için uygun olduğu söylenebilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan bazı varsayımlar ve değerlendirmeler şu şekildedir:

- 1- Analizlerin yapıldığı ve tahmin edilen dönemlerde etkili bir salgın hastalığın olması veya herhangi bir olağan dışı sebeple hastane yolculuklarının çok fazla artması gibi durumlar göz ardı edilmiştir.
- 2- 2018 hastane anketlerinden elde edilen hastane yolculuklarının geçerlilik analizi yapılırken, gelen hastalara ait ortalama refakatçi sayısı oranı, şehir dışından gelen hastaların oranı, hasta ziyareti için gelen bireylerin oranı, sonuç almak için tekrar yolculuk yapan hastaların oranı gibi oransal değerler 2015 yılındaki yolculuk karakteristikleri için de aynı şekilde kabul edilmiştir.
- 3- Sağlık kuruluşları, muayenehaneler ve güzellik merkezleri vb. küçük sağlık merkezlerine yapılan ve toplam hastane yolculuklarını neredeyse hiç etkilemeyecek yolculuklar üretim modelinde dâhil edilmiş ancak çekim modelinde ihmal edilmiştir.

#### 4.4.1. Anket verilerinin geçerliliği

2015 HAV'dan ve TÜİK'ten elde edilen verilere göre nüfusun yaşlara dağılımı Şekil 4.13'teki gibidir.



Şekil 4.13. Nüfusun yaş gruplarına göre dağılımı

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi, yolculuk anketlerinden elde edilen yaş gruplarının dağılımı ile TÜİK verileri karşılaştırıldığında, hane halkı anketlerinin demografik yapı olarak Eskişehir bütününe oldukça doğru biçimde temsil ettiği görülmektedir.

Modelde kullanılan 2015 HAV'dan süzdürülmüş ve Eskişehir merkezi nüfusuna göre büyütülmüş olan hastane yolculukları sayıları ile İl Sağlık Müdürlüğünden ve hastanelerden alınan hasta kayıt verileri yardımıyla karşılaştırma yapılarak anket verilerinin geçerliliğinin kontrolü sağlanmıştır. Öncelikle 2015 HAV'dan elde edilen ve anket yapılan toplam bölgeye ait modelde kullanılmak üzere hesaplanmış ev tabanlı hastane yolculukları sayısı olan 57226 değeri Eskişehir merkez ilçeleri nüfusuna göre büyütülmüş ve 66078 değeri bulunmuştur. Eskişehir merkezdeki HYS değerleri öncelikle hasta kayıt verileri, Eskişehir merkez ilçelerindeki tüm özel ve devlet hastaneleri, aile sağlık merkezlerine ait toplam sayı hesaplanmış ve bunlar modeldeki ev tabanlı hastane yolculukları sayılarına dönüştürülmüştür. Hesaplamalar için gerekli veriler ve veri kaynakları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Hesaplamalar için 2015 ve 2018 anketlerinden ve hastanelerden elde edilen veriler ve veri kaynakları

Hastaneye geliş sebebi	Oranı	Hesaba katılacak katsayı	Verinin kaynağı
Ziyaretçi	0,1058	1,1058	2018 hastane anketleri
Refakatçi	0,4960	1,4960	2018 hastane anketleri
Merkez ilçelerden gelenler	0,8972	0,8972	2018 hastane anketleri
Sonuç almaya gelenler	0,0174	1,0174	2015 HAV
<b>Ev tabanlı HYS (Hasta kayıtlarından elde edilen dönüştürülmüş değer)</b>	<b>45519</b>		

Dönüşüm yapılırken Çizelge 4.14.'teki bilgiler ve aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$\text{Ev tabanlı HYS} = (\sum DHK) * ZSK * RSK * MHK * SAK \quad (4.7)$$

Burada, DHK: Günlük toplam hasta kayıtlarının ev tabanlı HYS formuna dönüştürülmüş değerini, ZSK: Hastane kaydı olmayan, yalnızca ziyaretçi olarak gelen bireylerin oranına ait katsayı değerini, RSK: Hastane kaydı olmayan, yalnızca refakatçi olarak gelen bireylerin oranına ait katsayı değerini, MHK: Yalnızca hastane yolculuğunun başlangıç noktası Eskişehir merkez ilçelerde olanların oranına ait katsayı değerini, SAK: Sonuç almaya gelmek için yolculuk yapan ancak hasta kaydı olmayanların oranına ait katsayı değerini ifade etmektedir. Veriler eşitliğe yerleştirildiğinde ev tabanlı HYS değeri şu şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Ev tabanlı HYS} = 45519 * 1,1058 * 1,4960 * 0,8972 * 1,0174 = 68734 \quad (4.8)$$

Eskişehir merkez için kullanılan anket sonuçlarından elde edilen veriler ile İl Sağlık Müdürlüğü ve hastanelerden elde edilen verilere göre yapılan hesaplamalara göre ev tabanlı HYS değerleri sırasıyla 66078 ve 68734 olarak bulunmuştur. Aralarında yaklaşık %3,9 fark bulunmaktadır. Bu farkın ihmal edilebilir bir miktarda olduğu düşünülerek, 2015 HAV'dan elde edilen HYS değerlerinin çalışma bölgesi olan Eskişehir merkez ilçelerinin tamamını doğru temsil ettiğini ve bu verilerle yapılan talep analiz ve tahmin hesaplamalarının yeterince sağlıklı ve tutarlı olabileceğini söylemek mümkündür.

#### 4.4.2. Korelasyon analizi

Model için HYS'yi etkileyebileceği öngörülen bağımsız değişkenlerin seçimi yapılmıştır. Bu değişkenlere ait SPSS istatistiksel analiz programında %95 güven düzeyinde, Pearson Korelasyon analizi testi uygulanmış ve korelasyon matrisi oluşturularak Çizelge 4.15 elde edilmiştir.

Çizelge 4.15. 2001 verilerine ait korelasyon analizi tablosu

	<i>OOS</i>	<i>OG</i>	<i>OHB</i>	<i>YO</i>	<i>ÖS</i>	<i>İS</i>	<i>NM</i>
<b>OOS</b>	1,000	<b>0,757</b>	-0,462	0,231	0,283	0,255	0,247
<b>OG</b>	<b>0,757</b>	1,000	<b>-0,689</b>	0,334	0,135	0,105	0,095
<b>OHB</b>	-0,462	<b>-0,689</b>	1,000	-0,642	0,123	0,101	0,113
<b>YO</b>	0,231	0,334	-0,642	1,000	-0,189	-0,154	-0,141
<b>ÖS</b>	0,283	0,135	0,123	-0,189	1,000	<b>0,963</b>	<b>0,978</b>
<b>İS</b>	0,255	,105	0,101	-0,154	<b>,963</b>	1,000	<b>0,990</b>
<b>NM</b>	0,247	0,095	0,113	-0,141	<b>,978</b>	<b>0,990</b>	1,000

Çizelge 4.15 incelendiğinde koyu renkteki kutucuklardaki değerler, karşılık gelen bağımsız değişkenler arasında, %95 güven aralığında, yüksek korelasyon olduğu söylenebilmektedir. Özellikle %75 değerinden büyük olduğu için NM, İS ve ÖS arasındaki ilişki ile OHB ve OG arasındaki ilişkilerin çoklu iç ilişki yaratarak, EKK tekniği için gerekli varsayımlarının sağlanamaması durumunu ortaya çıkardığı söylenebilmektedir.

#### 4.4.3. Üretim modeli analizleri

##### 4.4.3.1. Çoklu doğrusal regresyon analizi

Bu kısımda insanların hastane yolculuklarını açıklamak üzere, 2001 HAV kullanılarak 7 bağımsız değişken ile kurulan çoklu doğrusal regresyon modelleri, 2015 yılındaki verilerin tahmininde kullanılmış ve HKO değerleri incelenmiştir. Böylelikle, kurulan üretim modellerinin farklı kesitlerdeki (gelecekte) kestirimleri ve tahminlerinin ne kadar tutarlı olduğu araştırılmıştır.

Hastane yolculuklarını açıklayan 7 bağımsız değişken için yapılan SPSS paket programında yapılan ÇDR analiz sonuçlarına göre model özeti Çizelge 4.16'daki gibidir.

Çizelge 4.16. Modele ait ÇDR için açıklayıcılık ( $R^2$ ) değerleri

$R^2$	Doğrulanmış $R^2$	Tahminin Standart Hatası
0,803	0,78	179,234

Açıklayıcılık oranı olan Doğrulanmış  $R^2$  değeri %78 olarak bulunmuştur. ÇDR analizi için yapılan Anova testi sonuçları Çizelge 4.17'deki gibidir.

Çizelge 4.17. Anova Test sonuçları

Değişken Sayısı	F İstatistik Değeri	Anlamlılık
7	32,595	0,000

Çizelge 4.17'deki anlamlılık değerinin (0,00) %95 güven aralığına göre 0,05 değerinden küçük olduğu görülmekte ve bu durumda modelin genel olarak anlamlı olduğu söylenebilmektedir.

7 bağımsız değişken için yapılan ÇDR analizinden elde edilen katsayılara ait, t ve anlamlılık değerleri, VIF değerleri Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. ÇDR analizi sonucunda belirlenen katsayılar, t testi ve VIF değerleri

	Standartlaştırılmamış		Standartlaştırılmış		t	Anlamlılık	Varyans
	Katsayılar	Standart	Katsayılar	Katsayılar			
	$\beta$ Katsayıları	Hatalar	$\beta$ Katsayıları	İstatistiği	Katsayısı	Büyütme	Faktörü
OOS	-1908,681	1129,92	-0,564	-1,689	0,097	31,646	
OG	516,952	287,476	0,880	1,798	0,078	68,034	
OHB	-72,146	54,809	-0,621	-1,316	0,193	63,178	
YO	4,515	7,770	0,404	0,581	0,564	137,511	
ÖS	-0,243	0,090	-1,536	-2,690	0,009	92,713	
İS	0,113	0,109	0,775	1,039	0,303	158,144	
NM	0,062	0,038	1,551	1,628	0,109	258,093	

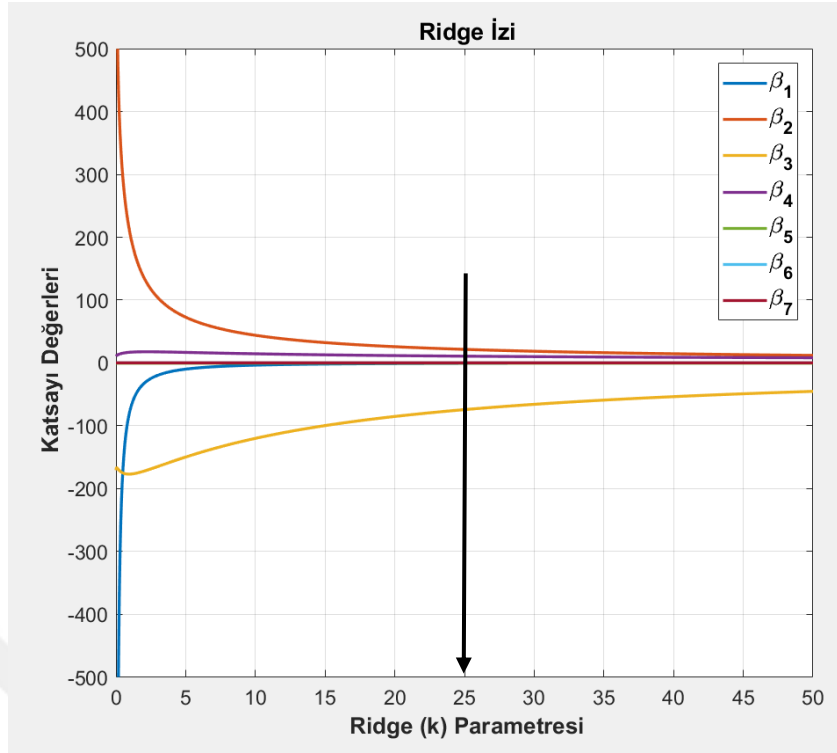
Çizelge 4.18'e göre EKK tekniğine dayalı ÇDR Analizi sonucunda elde edilen katsayılara bakıldığında, OOS, OHB ve ÖS değerlerinin bölgelere ait HYS değerlerini azalttığı; OG, YO, İS ve NM değerlerinin ise HYS değerlerini arttırdığı görülmektedir.

Model Çizelge 4.17'deki F istatistiğine göre genel olarak anlamlı olmasına karşın, Çizelge 4.18'deki katsayılara ait anlamlılık değerlerine bakıldığında 0,05 anlamlılık düzeyine göre, ÖS'ye ait katsayı dışındaki katsayıların anlamsız olduğu ve bununla birlikte  $R^2$  değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, değişkenler arasında çoklu iç ilişki probleminin varlığını göstermektedir. VIF'ler incelendiğinde tüm değerlerin 10'dan fazla olması durumu da çoklu iç ilişki probleminin varlığını desteklemektedir.

#### **4.4.3.2. Ridge regresyon analizi**

Veri setinde çoklu iç ilişki olması durumunda, EKK'ya dayalı ÇDR analizinde gerekli varsayımlar sağlanamadığı için, gelecek tahminlerinde tutarlı ve kararlı tahminler üretilmemektedir. Bu problemin bulunması durumunda, RR Analizinin kullanılması etkin yöntemlerden biridir (Arzu ve Önder, 2013).

Daha önceki bölümlerde Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.18'de bağımsız değişkenlerin arasında ÇDB bulunduğu görülmüş ve bu kısımda ÇDB probleminin giderilmesi için RR yöntemi kullanılmıştır. Ridge parametresi olan " $k_{Ridge}$ " değerlerine bağlı olarak değişen, bağımsız değişken katsayı değerlerine ait grafik Şekil 4.14'te verilmiştir. " $k_{Ridge}$ " değerinin seçimi yapılırken Ridge İzi Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre " $k_{Ridge}$ " değerlerine karşılık gelen bağımsız değişken katsayı değişimlerinin azalmaya başladığı, bir başka deyişle Ridge İzi Grafiği için katsayı eğrilerinin yatay hale gelmeye başladığı nokta (yaklaşık olarak) RR yöntemi için " $k_{Ridge}$ " değeri olarak alınmıştır.



Şekil 4.14. RR için Ridge izi grafiği

Şekil 4.14'te yatay ekseninde [0-50] aralığında 0,01 artışla  $k_{Ridge}$  değerleri, dikey ekseninde 7 bağımsız değişkene ait,  $k_{Ridge}$  değerlerine karşılık gelen katsayı değerleri gösterilmektedir. Yatay ekseninde sağa doğru ilerledikçe her bir  $k_{Ridge}$  değerine göre hesaplanan katsayı değerleri azalmaktadır. Şekil 4.14'te " $k_{Ridge}$ " parametresinin yaklaşık 25 değerine karşılık geldiği nokta bağımsız değişken katsayılarının değişimlerinin azaldığı nokta olarak gözlemle tespit edilmiştir. Matlab R2017a yazılımında kodlanan RR yöntemine göre analiz sonuçlarında hesaplanan katsayı değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. RR yöntemine göre bulunan katsayı değerleri

OOS ( $\beta_1$ )	OG ( $\beta_2$ )	OHB ( $\beta_3$ )	YO ( $\beta_4$ )	ÖS ( $\beta_5$ )	İS ( $\beta_6$ )	NM ( $\beta_7$ )
-0,2888	9,0835	-31,3943	4,5073	-0,1852	0,1414	0,0374

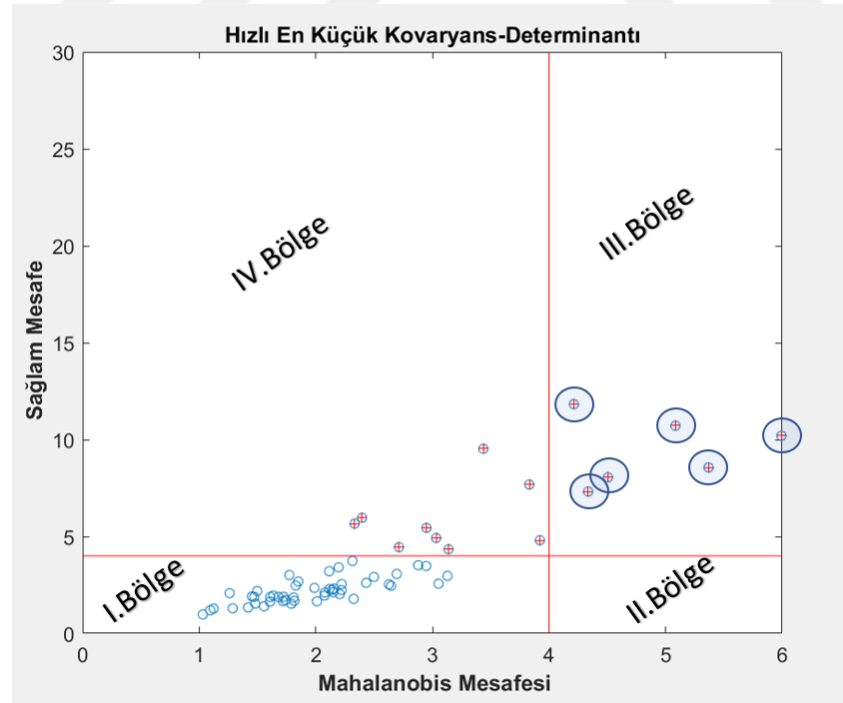
Çizelge 4.19'a bakıldığında OOS, OHB ve ÖS değerlerinin HYS değerlerini negatif yönde etkilediği, OG, YO ve İS ve NM değerlerinin ise pozitif yönde etkilediği görülmektedir.

#### 4.4.3.3. En küçük budanmış kareler tekniği

Verilerde aykırı değerlerin bulunması durumunda, EKK' ya dayalı ÇDR gibi tahmin edicilerinin aykırı değerlere karşı dayanıksız olması ve hatalı tahminlerde bulunması gibi problemlere yol açmaktadır. EKBK tekniği, sağlam regresyon tahmin edicisi olarak literatüre geçmiştir. Bu çalışmada kullanılmasının temel nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Kullanılan verilerde aykırı değerlerin bulunması,
2. Tahmin edicinin aykırı değerlere karşı dayanıklı olması ve ÇDR'ye göre daha doğru tahminler üretebilmesi,
3. Literatürdeki çalışmalarda etkin çözüm üretebildiği görülen sağlam tahmin yöntemlerinden birisi olması.

Aykırı değer tespiti için Hızlı En Küçük Kovaryans-Determinantı tekniği kullanılmıştır. Matlab R2017a yazılımında Hızlı En Küçük Kovaryans-Determinantı için yazılan kod ile MAM'a bağlı SM grafiği elde edilerek Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Hızlı en küçük kovaryans-determinantı yöntemine göre 2001 verilerindeki aykırı değerler



Şekil 4.15 incelendiğinde, eşik değerini temsil eden 4 değerinden çizilen çizgilerle, şekil yatay ve dikey ekseninde 4 bölgeye ayrılmıştır. MAM ve SM değerlerine göre aykırı değer olarak tespit edilen gözlemleri ve maskelenmiş (MAM'a göre tespit edilememiş) aykırı gözlemleri yatay limit değerinin (4) üstünde görülmektedir.

Şekilde görülen:

I. Bölge ( $MAM < 4$  ve  $SM < 4$ ) her iki uzaklık ölçüsü tarafından veri setinde işaretlenmemiş olan iyi gözlem değerlerini içermektedir.

II. Bölge ( $MAM > 4$  ve  $SM < 4$ ), MAM yöntemiyle yanlışlıkla aykırı gözlem olarak belirtilen değerleri belirtmektedir, ancak şekilde II. bölgede gözlem değeri bulunmamaktadır.

III. Bölge ( $MAM > 4$  ve  $SM > 4$ ) her iki yöntem tarafından aykırı gözlem olarak tespit edilen değerleri göstermektedir.

IV. Bölge ( $MAM > 4$  ve  $SM < 4$ ), MAM tarafından aykırı kabul edilmeyen ancak SM tarafından aykırı gözlem olarak tespit edilen değerleri içerir. Diğer bir deyişle, bu bölgede kalan değerler maskelenmiş aykırı gözlemleri içermektedir (Alpu, 2016).

Bu bilgiler doğrultusunda MAM'a göre 6, SM'ye göre toplamda 15 aykırı değer tespit edilmiştir (Şekil 4.15). Bu çalışmada hem MAM hem de SM'e göre uzak (aykırı) olarak belirlenen değerler (III. Bölge) aykırı değer olarak nitelendirilerek bu 6 değer yuvarlak içerisinde alınmış ve EKBK yöntemi için budanan gözlem değeri olarak "6" kullanılmıştır.

Belirlenen 6 adet aykırı değer 2001 HAV'a ait gözlem sayısının tamamına oranlanmasıyla (6/63) budama oranı,  $\alpha=0,095$  olarak hesaplanmıştır. Matlab R2017a yazılımında EKBK yöntemi için kodlama yapılmış ve analizler sonucu bulunan gerçek verilere ait katsayılar Tablo 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. EKBK yöntemine göre bulunan katsayı değerleri

OOS ( $\beta_1$ )	OG ( $\beta_2$ )	OHB ( $\beta_3$ )	YO ( $\beta_4$ )	ÖS ( $\beta_5$ )	İS ( $\beta_6$ )	NM ( $\beta_7$ )
945,2275	-183,6056	-23,0105	3,6861	0,0192	0,0772	0,0052

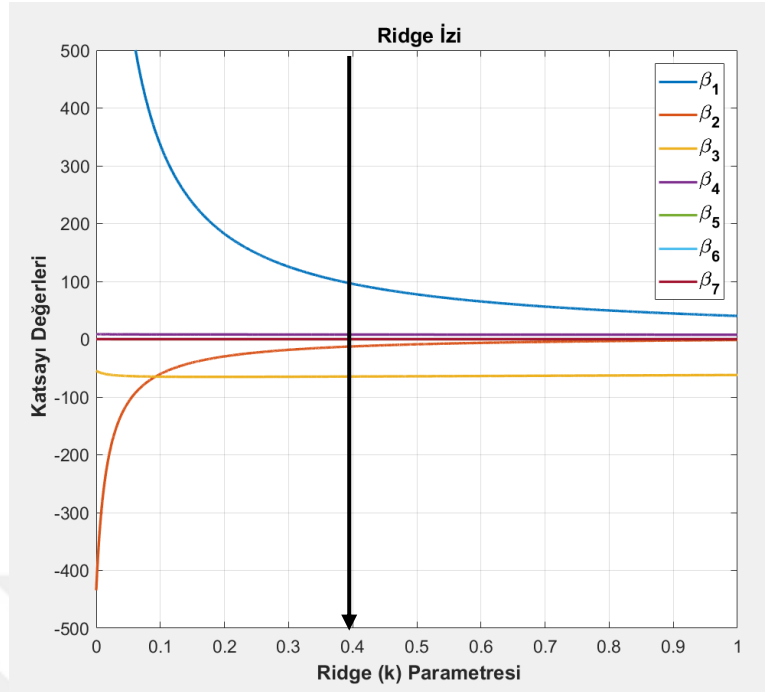
Tablo 4.20'ye bakıldığında OOS, YO, ÖS, İS ve NM değerlerinin HYS değerlerini pozitif yönde, OG ve OHB değerlerinin ise negatif yönde etkilediği görülmektedir.

#### 4.4.3.4. EKBK-Ridge regresyon analizi

EKBK-Ridge Regresyon Analizi hem çoklu iç ilişki problemlerini hem de aykırı değerlerin sebep olduğu yanlış ve hatalı tahminleme sorunlarını büyük ölçüde çözdüğü bilinen bir yöntemdir.

Çalışmada hastane yolculuklarını açıklayan değişkenlere uygulanan aykırı değer tespiti analizinde aykırı değerler tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çoklu iç ilişki olduğu 3 farklı analizle saptanmıştır. Hem aykırı değer hem de çoklu iç ilişki olması durumunda EKK' ya iyi bir alternatif olan yanlış ve sağlam teknikleri bir arada kullanarak gelecek tahminlerinde başarılı sonuçlar veren EKBK-Ridge yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır. EKBK-Ridge yöntemi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle EKBK yöntemi için, Hızlı En Küçük Kovaryans-Determinantı yöntemine göre elde edilen aykırı budama oranı ( $\alpha=0,095$ ) kullanılarak veriler EKBK yönteminde olduğu gibi budanmıştır. Sonrasında oluşacak yeni veri seti için RR yöntem koşulları altında tekrar Ridge İzi çizilerek yeni bir  $k_{EKBKR}$  değeri belirlenmiş ve katsayı değerleri saptanmıştır. EKBK-Ridge parametresi olan " $k_{EKBKR}$ " değerlerine bağlı bağımsız değişken katsayı değerlerinin değişimlerine ilişkin grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. RR için Ridge izi grafiği

Şekil 4.16'ya göre eğrilerin yatay hale gelmeye başladığı (eğim değişimlerinin azaldığı) nokta için gözlem değeri  $k_{EKBBK}=0,4$  olarak alınmıştır. Matlab R2017a yazılımında EKBBK-Ridge yöntemi için kodlama yapılmış ve analizler sonucu bulunan gerçek verilere ait katsayılar Tablo 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. EKBBK-Ridge yöntemine göre bulunan katsayı değerleri

OOS ( $\beta_1$ )	OG ( $\beta_2$ )	OHB ( $\beta_3$ )	YO ( $\beta_4$ )	ÖS ( $\beta_5$ )	İS ( $\beta_6$ )	NM ( $\beta_7$ )
40,4135	-5,2703	-27,2564	3,3805	-0,0151	0,0861	0,0129

Tablo 4.21'e göre OOS, YO, İS ve NM değerlerinin HYS değerlerini pozitif yönde etkilediği, OOS ve YO değerlerinin ise negatif yönde etkilediği görülmektedir.

#### 4.4.4. Çekim modeli analizi

Çekim modeli için 2001 yılında hastanelerin bulunduğu bölgeler tespit edilmiştir. Bununla birlikte 2001 yılına ait aile sağlık merkezlerinin bulunduğu bölgeler tam olarak bilinmemektedir. 2001 HAV'da hastane yolculuğu çekim değerinin "0" dan farklı olduğu

bölgelerde aile sağlık merkezlerinin bulunduğu varsayılmıştır. Çekim modeli için 63 adet zon ve zonlara ait sağlık kuruluşlarındaki HYAS ve HÇS Çizelge 4.22’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.22. Çekim modeli için kullanılan 2001 verileri

No	Zon	Yatak sayısı	Sağlık Ocağı Sayısı	Anket HÇS (Büyütölmüş)
1	71 EVLER	0	1	460
2	75.YIL	0	0	0
3	AKARBASI	16	1	132
4	AKCAMI	0	2	540
5	AKÇAGLAN	0	0	0
6	ALANÖNÜ	0	1	123
7	ARIFIYE	127	1	1454
8	BAHÇELIEVLER	0	0	0
9	BATIKENT	0	1	21
10	BÜYÜKDERE	817	1	2306
11	CUMHURİYE	0	0	0
12	CUNUDIYE	0	0	0
13	ÇAMLICA	0	0	0
14	ÇANKAYA	0	1	41
15	DEDE	0	0	0
16	DEKLİKLİTAS	0	1	47
17	EMEK	0	1	238
18	ERENKÖY	0	1	41
19	ERTUGRULGAZI	0	0	0
20	ESENTEPE	0	1	153
21	ESKİBAĞLAR	0	1	30
22	FATİH	0	0	0
23	FEVZİÇAKMAK	0	1	39
24	GÖKMEYDAN	0	2	446
25	GÖZTEPE	0	0	0
26	GÜLLÜK	0	1	16
27	GÜLTEPE	0	1	36
28	GÜNDOĞDU	0	0	0
29	HACI ALI BEY	0	0	0
30	HACI SEYİT	0	0	0
31	HAYRIYE	0	0	0
32	HOSNUDIYE	0	2	160
33	HUZUR	0	1	139
35	IHSANIYE	0	1	68
34	ISIKLAR	0	0	0
36	İSTİKLAL	0	3	761
37	KARAPINAR	0	0	0
38	KIRMIZITOPRAK	170	2	330
39	KUMLUBEL	0	0	0
40	KURTULUŞ	0	1	158
41	ORHANGAZI	0	0	0
42	ORTA	0	0	0
46	OSMANGAZI	0	1	106
47	ÖMERAGA	0	0	0
48	PASA	0	0	0
52	SARHÖYÜK	0	0	0
53	SARKIYE	0	0	0
49	SAZOVA	0	0	0
54	SEKER	0	1	95
55	SİRİNTEPE	0	0	0
50	SÜMER	0	0	0
51	SÜTLÜCE	0	1	46
56	TUNALI	0	0	0
57	ULUÖNDER	737	1	7169
58	VİSNELİK	0	0	0
59	YENİ	0	0	0
60	YENİBAĞLAR	0	1	65
61	YENİDOĞAN	855	1	2073
62	YENİKENT	0	0	0
63	YESİLTEPE	75	2	366
64	YILDIZTEPE	0	0	0
65	ZAFER	0	1	88
66	ZİNCİRLİKUYU	0	0	0

Çekim modeli için yapılan ÇDR analizine ait  $R^2$  ve hatalara ait bilgiler Çizelge 4.23’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.23. Modele ait ÇDR için açıklayıcılık ( $R^2$ ) değerleri

<b>R</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>Doğrulanmış <math>R^2</math></b>	<b>Tahminin Standart Hatası</b>
0,820	0,672	0,661	590,91

Modelin genel anlamda açıklayıcılık oranı %66,1 olarak bulunmuştur. ÇDR analizi için yapılan Anova testi sonuçları Çizelge 4.24’teki gibidir.

Çizelge 4.24. Anova Test sonuçları

	Standartlaştırılmamış		Standartlaştırılmış		t	Anlamlılık Katsayısı	Varyans Büyütme Faktörü
	Katsayılar		Katsayılar				
	$\beta$ Katsayıları	Standart Hatalar	$\beta$ Katsayıları	Değerleri			
<b>HYAS</b>	4,404	0,438	0,772	10,058	0,000	1,094	
<b>SOS</b>	142,842	84,111	0,130	1,698	0,095	1,094	

HÇS için oluşturulan ÇDR model katsayılarının anlamlılık katsayılarına bakıldığında her ikisinin de %90 güven düzeyinde anlamlı olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.23). Yani oluşturulan model ile HÇS değerleri HYAS ve SOS ile %90 güven düzeyinde açıklanabilmektedir.

Çekim modeli için oluşturulan ÇDR modeli aşağıda verilmiştir,

$$HÇS_i = 4,404*HYAS_i + 142,842*SOS_i + \epsilon_i \quad R^2 = 0.6717 \quad (4.9)$$

Modele göre, genel olarak HYAS arttıkça hastane ve poliklinik kapasitesi artması söz konusu olduğu için HÇS değeri de artış göstermektedir. SOS artışı görülen bölgelerde ise HÇS değerinin artması da beklenen bir ilişkidir.

#### 4.5. Modellerin Test Edilmesi ve Doğrulanması

Bu kısımda, öncelikle 2001 HAV'a göre yapılan analizlerden elde edilen 4 yönteme ait tahmin modelleri için  $HKO_E$  değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar RStudio yazılım programında "ltsbase" paketi yardımıyla yapılmıştır. "ltsbase" paketi verileri standardize ederek parametre katsayılarını hesaplamaktadır (Kilinc vd., 2013). Ancak bu çalışmada, gerçek değerlere ait veri seti kullanılmakta ve gerçek verilere ait hesaplanan katsayılar ve modeller ile gerçek veriler karşılaştırılmaktadır. Bu sebeple "ltsbase" paketinin kaynak kodlarında, gerçek değerlere ait katsayılar ve  $HKO$  değerlerinin elde edilebileceği şekilde değişiklikler yapılmıştır. Elde edilen  $HKO_E$  değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. 2001 HAV'a göre hesaplanan  $HKO_E$  değerleri

	<b>EKK</b>	<b>RR</b>	<b>EKBK</b>	<b>EKBK-Ridge</b>
<b><math>HKO_E</math></b>	1328793	831072	759294	44065

Yalnızca 2001 HAV kullanılarak, dört yönteme göre hesaplanan  $HKO_E$  değerlerine bakıldığında, verilerde ÇDB ve aykırı değer probleminin bulunması ile EKK tekniğinin başarısının çok düşük olduğu, EKBK ve RR yöntemlerinin  $HKO_E$  değerlerini düşürdüğü ve en başarılı yöntemin EKBK-Ridge olduğu söylenebilmektedir. Bu anlamda farklı zamandaki veya farklı bölgelerdeki veriler için tahmin yapmak için en iyi yöntemin EKBK-Ridge olduğunun öngörüldüğünü söyleyebilmek mümkündür.

2001 HAV'a göre yapılan analizlerden elde edilen 4 yönteme ait tahmin modelleri ile 2015 tahminleri yapılmıştır. Bu tahmin değerleri, çalışmada test verisi olarak kullanılan 2015 HAV'dan elde edilen her bir zondaki toplam HYS değerleri  $HKO_T$  açısından karşılaştırılarak tahmin modellerinin etkinliğine ait sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonrasında yöntemlerin, 2001 HAV'a ait önceden hesaplanmış olan  $HKO_E$  değerlerine göre olan başarıları ile karşılaştırılmıştır.

2001 yılına ait 63 bölge verisiyle ve 4 yöntem kullanılarak kurulan modellerin, HTK değerleri oranı (2,37) kullanılarak 2015 yılında 65 bölgeye ait test verisi ile sınanması sonucunda elde edilen  $HKO_T$  değerleri Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Kullanılan yöntemlere ait  $HKO_T$  değerleri

	HTK Oranı	ÇDR <sub>2015</sub>	RR <sub>2015</sub>	EKBK <sub>2015</sub>	EKBK-Ridge <sub>2015</sub>
OOS ( $\beta_1$ )	2,37	-4523,1387	-0,6844	2240,1892	95,7801
OG ( $\beta_2$ )	2,37	1225,1548	21,5279	-435,1453	-12,4906
OHB ( $\beta_3$ )	2,37	-171,0034	-74,4046	-54,5350	-64,5976
YO ( $\beta_4$ )	2,37	10,7003	10,6824	8,7360	8,0117
ÖS ( $\beta_5$ )	2,37	-0,5752	-0,4388	0,0455	-0,0359
İS ( $\beta_6$ )	2,37	0,2681	0,3350	0,1830	0,2041
NM ( $\beta_7$ )	2,37	0,1457	0,0887	0,0122	0,0305
<b>HKO</b>	<b>-</b>	<b>561869</b>	<b>358916</b>	<b>127975</b>	<b>107790</b>

Çizelge 4.26’da görüldüğü gibi, yöntemlerin  $HKO_E$  ve  $HKO_T$  ölçütlerindeki başarı sıralamalarının aynı olduğu görülmüştür.  $HKO_E$  değerlerinde olduğu gibi en düşük  $HKO_T$  değerine sahip kestirim katsayıları EKBK-Ridge yönteminden elde edilmiştir. Sonrasında

ÇDR ve RR analizi sonucunda katsayıların işaretleri değişmezken, daha tutarlı sonuçların elde edildiği EKBK yöntemine ait katsayılar da OG ve ÖS değişkenlerinin işaretleri değişmiştir. En tutarlı sonuçların alındığı EKBK-Ridge yönteminden elde edilen katsayılar da ise yalnızca OG ve OOS değişkenlerine ait katsayıların işareti değişmiştir.

Arada 15 yıllık zaman farkı olmasına rağmen oldukça tutarlı sonuçlar alınan ve HTK değeri kullanılarak oluşturulan EKBK-Ridge modeline göre, hastaneye gitme ihtiyacının doğması durumunda, otomobil sahibi olmanın, insanlar için hastaneye gitmeye teşvik edici bir etken olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle, otomobili olan insanlar hastaneye gitme ihtiyaçlarını daha tereddütsüz gerçekleştirebilirler. Bunun sebebi ise özel otomobilin kapıdan kapıya, hızlı ve konforlu ulaşım sağlayabilmesi, taksi ücretlerinin fazla gelmesi ve toplu taşımının daha yavaş, konforsuz ve kapıdan kapıya ulaşım sağlayamaması olarak düşünülebilmektedir. En tutarlı sonuçların alındığı EKBK-Ridge modeline göre:

- OG değerinin HYS değerleriyle ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. İnsanların gelirlerinin artmasıyla daha sağlıklı yaşayabildikleri bu çerçevede

açıklanabilmektedir. Sağlıkla gelir arasındaki pozitif ilişki bazı çalışmalarla da daha önceden tespit edilmiştir (Angell, 1993; Hurowitz, 1993).

- OHB değerinin de HYS değeri arttıkça azaldığı görülmektedir. Eskişehir'deki bireylerin hanelerinde yaşayan insanların artması durumunda, hane bireyelerinin aralarındaki dayanışma ve yardımlaşmadan dolayı hastaneye gitme ihtiyaçlarının azaldığı söylenebilmektedir.
- Bütün tahmin modellerinde YO değerlerinin artmasıyla HYS değerleri de artmaktadır. Literatürdeki incelenen çalışmalardan da görüldüğü gibi, bireyelerin yaşlanması ile hastane talebi eğilimlerinin arttığı bu çalışmada da desteklenmektedir (Strunk vd., 2006). Türkiye'nin nüfusunun yaşlandığı düşünüldüğünde, bu çalışma ile ulaştırma planlamalarındaki gelecek tahminlerinde yaş projeksiyonunun önemi ortaya konulmuştur.
- Eskişehir nüfusunun önemli bir kısmını öğrenciler oluşturmaktadır. Böylelikle öğrencilerin hastane yolculuğu davranışları toplam hastane davranışlarını da etkilemektedir. EKBK-Ridge modelinde ÖS değerleri arttıkça HYS değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi de önceki paragraflardaki gibi öğrencilerin özel otomobil sahipliğinin çok az olması, hane bireyelerinin fazla olması, öğrenci nüfusunun daha genç olmasının hastane ihtiyaçlarını azaltıyor olmasıyla açıklanabilmektedir.
- İS ve NM değerlerinin artmasıyla HYS değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bölgedeki nüfus sayısının artması demek bölgedeki çalışan bireyelerin sayısının artması ve dolayısı ile HYS yolculuklarının artması anlamına gelmektedir. Bununla birlikte korelasyon analizine göre (Bkz Çizelge 4.15). İstihdam sayısının artmasıyla OOS değerinin de arttığı görülmektedir. Özel otomobil sahipliğinin de hastane yolculuklarını pozitif yönde etkilediği düşünüldüğünde İS değerlerinin artmasının dolaylı olarak HYS değerlerinin artışında etkisi olduğu şeklinde açıklanabilmektedir.



2015 yılı bölgelere ait verilerle test edilen modeller, 2015 yılı verilerinden yararlanılarak Eskişehir merkez genelindeki büyütülmüş OSS, OG, OHB, YO, ÖS, İS, NM ve HYS değerleri bulunmuş ve yöntemlerden elde edilen katsayılarla 2015 yılında Eskişehir’de anket yapılan bölgelerdeki toplam HYS değerleri tahmin edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.27’deki gibidir.

Çizelge 4.27. Eskişehir merkezde 2015 anketlerine göre toplam HYS yolculukları ve model tahmin sonuçları

	OOS	OG	OHB	YO	ÖS	İS	NM	HYS
<b>Anket Bölgesi</b>	0,18	1,12	2,91	38,85	187118	228174	717076	<b>66078</b>
	ÇDR							<b>58534</b>
	RR							<b>58155</b>
<b>Yöntemler</b>	EKBK							<b>59149</b>
	EKBK-Ridge							<b>61852</b>

Çizelge 4.27’de görüldüğü gibi Eskişehir merkezine ait büyütülmüş anket verilerinden elde edilen merkez ilçelerdeki (Tepebaşı ve Odunpazarı) toplam HYS değerleri, üretilen hastane yolculuk modellerine göre tahmin edilmiş ve toplam HYS için de en yakın değer EKBK-Ridge yöntemine göre elde edilen model tahminiyle hesaplanmıştır. RR ve ÇDR yöntemlerine ait modellerden birbirine yakın sonuçlar elde edilmiş, bununla birlikte EKBK-Ridge yöntemi ÇDR’den ve RR’den daha tutarlı sonuç vermiştir.

#### 4.6. Üretim ve çekim Modellerinin Dengelenmesi

Üretim ve çekim modellerinin dengelenmesi yapılırken, üretim modeli için, gelecek tahminlerinde en iyi HKO değerinin elde edildiği EKBK-Ridge tahmin modeli kullanılmıştır. 2001 yılındaki üretim ve çekim modellerine göre, zonlardaki hastane yolculuklarına ait büyütülmüş anket değerleri, üretim ve çekim modellerinin tahmin değerleri ve üretim bazında dengelenmiş toplam HYS ve HÇS değerleri Çizelge 4.28’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.28. 2001 Model dengeleme için oluşturulan tablo

		Gerçek		Model		Çekim Dengeleme Katsayısı	Dengelenmiş Çekim Değerleri
		Üretim Değerleri	Çekim Değerleri	Üretim Değerleri	Çekim Değerleri		
1	71 EVLER	190	460	351,51	143	0,96557	138
2	75.YIL	100	0	83,49	0	0,96557	0
3	AKARBASI	478	132	588,74	213	0,96557	206
4	AKCAMI	41	540	75,34	286	0,96557	276
5	AKÇAĞLAN	145	0	86,45	0	0,96557	0
6	ALANÖNÜ	246	123	283,11	143	0,96557	138
7	ARIFIYE	52	1454	240,37	702	0,96557	678
8	BAHÇELIEVLER	92	0	203,86	0	0,96557	0
9	BATIKENT	186	21	180,90	143	0,96557	138
10	BÜYÜKDERE	445	2306	359,28	3741	0,96557	3612
11	CUMHURİYE	534	0	195,17	0	0,96557	0
12	CUNUDIYE	22	0	42,79	0	0,96557	0
13	ÇAMLICA	529	0	488,30	0	0,96557	0
14	ÇANKAYA	163	41	280,79	143	0,96557	138
15	DEDE	87	0	90,48	0	0,96557	0
16	DELİKLITAS	161	47	287,09	143	0,96557	138
17	EMEK	941	238	938,10	143	0,96557	138
18	ERENKÖY	717	41	460,41	143	0,96557	138
19	ERTUGRULGAZI	459	0	416,12	0	0,96557	0
20	ESENTEPE	363	153	337,83	143	0,96557	138
21	ESKİBAĞLAR	86	30	164,63	143	0,96557	138
22	FATİH	188	0	168,73	0	0,96557	0
23	FEVZİÇAKMAK	100	39	263,79	143	0,96557	138
24	GÖKMEYDAN	344	446	678,75	286	0,96557	276
25	GÖZTEPE	117	0	114,39	0	0,96557	0
26	GÜLLÜK	187	16	147,60	143	0,96557	138
27	GÜLTEPE	214	36	306,38	143	0,96557	138
28	GÜNDOĞDU	269	0	361,22	0	0,96557	0
29	HACI ALİ BEY	74	0	87,49	0	0,96557	0
30	HACI SEYİT	162	0	111,23	0	0,96557	0
31	HAYRIYE	129	0	93,05	0	0,96557	0
32	HOSNUDIYE	240	160	286,67	286	0,96557	276
33	HUZUR	190	139	202,21	143	0,96557	138
34	ISIKLAR	119	0	158,24	143	0,96557	138
35	IHSANIYE	59	68	88,92	0	0,96557	0
36	İSTİKLAL	512	761	221,13	429	0,96557	414
37	KARAPINAR	69	0	85,78	0	0,96557	0
38	KIRMIZITOPRAK	749	330	569,65	1034	0,96557	999
39	KUMLUBEL	42	0	153,16	0	0,96557	0
40	KURTULUS	469	158	555,32	143	0,96557	138
44	ORHANGAZI	372	0	272,97	0	0,96557	0
45	ORTA	39	0	49,30	0	0,96557	0
46	OSMANGAZI	288	106	280,52	143	0,96557	138
47	ÖMERAGA	43	0	165,12	0	0,96557	0
48	PASA	15	0	40,95	0	0,96557	0
49	SAZOVA	317	0	127,56	0	0,96557	0
50	SÜMER	175	0	188,33	0	0,96557	0
51	SÜTLÜCE	349	46	297,30	0	0,96557	0
52	SARHÖYÜK	132	0	270,32	143	0,96557	138
53	SARKIYE	37	0	41,60	0	0,96557	0
54	SEKER	290	95	123,51	0	0,96557	0
55	SİRİNTEPE	1085	0	791,82	143	0,96557	138
56	TUNALI	1311	0	251,03	0	0,96557	0
57	ULUÖNDER	492	7169	538,08	3389	0,96557	3272
58	VİSNELİK	349	0	718,77	0	0,96557	0
59	YENİ	188	0	177,68	0	0,96557	0
60	YENİBAĞLAR	365	65	266,02	143	0,96557	138
61	YENİDOĞAN	248	2073	240,08	3908	0,96557	3774
62	YENİKENT	122	0	322,15	0	0,96557	0
63	YESİLTEPE	504	366	485,08	616	0,96557	595
64	YILDIZTEPE	451	0	272,04	0	0,96557	0
65	ZAFER	263	88	307,56	143	0,96557	138
66	ZİNCİRLİKUYU	41	0	98,76	0	0,96557	0
<b>TOPLAM</b>		<b>17745,60</b>	<b>17745,60</b>	<b>17135</b>	<b>17746</b>	<b>0,96557</b>	<b>17135</b>

Bu çalışmada kurulan ve önerilen EKBK-Ridge üretim modeli, zonların ve yolculuk yapan bireylerin, demografik ve sosyoekonomik özellikleriyle ilgili çok sayıda verinin kullanıldığı ve modelin gelecek yıllardaki kestirimlerinden olumlu sonuçlar alındığı

düşünülürse oldukça tutarlı ve sağlıklı bir modeldir. Çekim modeli kısıtlı sayıda veri ve bazı varsayımlarla oluşturulabilmektedir. Bu yüzden üretim modelinin çok daha doğru olduğu düşünülmüş ve üretim modeli esas alınarak dengeleme yapılmıştır. Üretim modeline göre tüm zonlardan üretilen HYS toplam değeri ve tüm zonlardan çekilen HÇS toplamı değerleri sırasıyla 17135 ve 17746 olarak hesaplanmıştır. Birbirine oldukça yakın çıkan toplam HYS ve HÇS değerleri arasında hastane yolculukları tahmininde çok daha güvenilir şekilde bulunan HYS (Toplam üretim değeri) değeri sabit kalacak şekilde bir dengeleme katsayısı hesaplanmıştır ( $17135/17746=0,96557$ ). Sonrasında her bir zona ait toplam HÇS değerleri dengeleme katsayısı ile çarpılarak  $\sum HYS = \sum HÇS = 17135$  değeri elde edilmiştir.

#### 4.7. Gelecek Tahminleri

Çalışmanın bu kısmında, zonlara bağlı HYS değerlerine ait gelecekte oluşabilecek üretim ve çekim değerleri tahmin edilmiştir. Çekim modeli için 2001 yılındaki verilerle kurulan ÇDR modeli, üretim tahminleri için ise EKBK-Ridge modeli kullanılmıştır. Üretim modeli için iki farklı hesaplama ve tahmin yöntemine göre iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Senaryo 1’de HYS değerlerinin gelecek tahminlerinin yapılabilmesi için öncelikle HTK değerleri için zamana bağlı tahmin modeli oluşturulmuştur. Gelecek yıllara ait tahmin modelleri oluşturulduktan sonra EKBK-Ridge tahmin modellerine yerleştirilecek olan toplamda 7 bağımsız değişkeni kullanmak üzere, öncelikle EUAP 2017 Raporu’ndaki YO hariç diğer 6 bağımsız değişken için zonlarda gelecek yıllardaki tahminleri doğrudan alınmıştır. Sonrasında tahmin için gerekli son bağımsız değişken olan YO değerleri ise, TÜİK’ten alınan verilerin modelde kullanılabilir şekilde dönüştürülmesi ve yaş projeksiyonu modeli oluşturulması ile elde edilmiştir. Elde edilen 7 bağımsız değişkene ait projeksiyonlar ile gelecek yıllarda tüm Eskişehir İli için zonlara ait HYS üretim değerleri için tahminler gerçekleştirilmiştir.

Senaryo 2’de 2001 yılında kurulan EKBK-Ridge modeli ile yıllara bağlı HTK yardımıyla oluşturulan yeni tahmin modelleri ile doğrudan merkez ilçelerde zonlardaki HYS değerleri tahmin edilmiştir. Senaryo 2’deki çekim modellerine göre 2020 yılındaki mevcut hastane ve aile sağlık merkezlerinin 2015 e kadar aynı zonlarda hizmete açık olarak kalacağı öngörülmüştür. 2018’e kadar yapılan mevcut hastane yatak sayıları ve hastane zonları model ve hesaplamalara yansıtılmıştır.

Senaryo 1 için, İl Sağlık Müdürlüğü'nden alınan 2002-2015 yılları arasında yıllara bağlı olarak tüm Eskişehir İli'ndeki hasta kayıtları (tüm özel ve kamu hastaneleri, aile sağlık merkezleri) alınarak bunların günlük hastane yolculuklarına dönüştürülmesi sağlanmıştır. Yıllara bağlı olarak nüfus, yıllık hasta kayıt sayısı, günlük değerlere dönüştürülmüş toplam hasta kayıtları bilgisi ve bu verilere karşılık gelen HTK değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir.

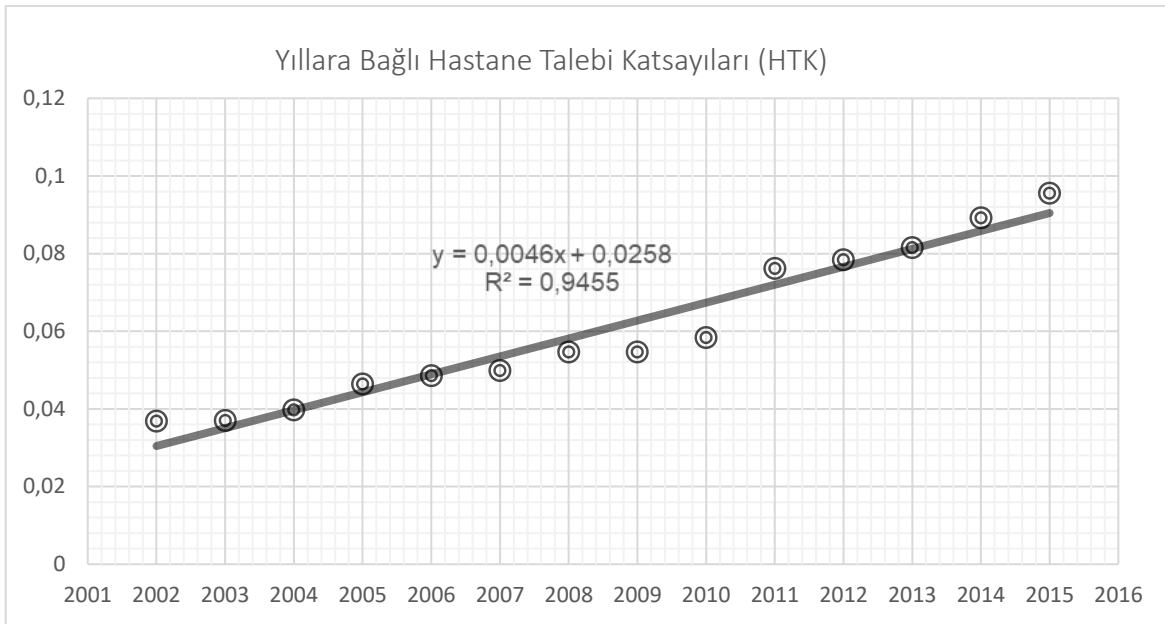
Çizelge 4.29. Yıllara bağlı olarak nüfus, yıllık hasta kayıt sayısı, günlük değerlere dönüştürülmüş hasta kayıtları bilgisi ve bu verilere karşılık gelen HTK değerleri

Yıl	**Yıl (Model)	İl Nüfusu	Toplam		***Günlüğe Çevirme Katsayısı	Günlük Ev Tabanlı HYS	HTK
			Yıllık Hasta Kayıt Sayısı	Aylık			
2002	1	672328	1807437	150620	6,08579	24749	0,036812
2003	2	682212	1840751	153396	6,08579	25206	0,036947
2004	3	692529	2006701	167225	6,08579	27478	0,039678
2005	4	703168	2381464	198455	6,08579	32610	0,046375
2006	5	714051	2530888	210907	6,08579	34656	0,048534
2007	6	724849	2636659	219722	6,08579	36104	0,049809
2008	7	741739	2958588	246549	6,08579	40512	0,054618
2009	8	755427	3014262	251189	6,08579	41275	0,054637
2010	9	764584	3256278	271357	6,08579	44589	0,058317
2011	10	781247	4344712	362059	6,08579	59493	0,076151
2012	11	789750	4517206	376434	6,08579	61855	0,078322
2013	12	799724	4758147	396512	6,08579	65154	0,081470
2014	13	812320	5287631	440636	6,08579	72404	0,089133
2015	14	826716	5764827	480402	6,08579	78938	0,095484

\*\* Yıllara bağlı hesaplanan HTK değerleri için, 2002' den başlayan yıllara karşılık gelen modelde kullanılan değerler

\*\*\* Hastaneden alınan aylık verilerin günlük HYS verilerine dönüştürülmesi için Eşitlik 4.7'de bulunan parametreler, sonu hastanede biten ve hastaneden çıkışlı tüm yolculuklar gibi değerlerin hesaplanarak model parametresi olan ev tabanlı HYS günlük yolculuklarına dönüştürmek için kullanılan katsayıdır.

Çizelge 4.29'a göre yıllara bağlı HTK değerlerine ait grafik Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Yıllara bağlı HTK değerleri

Şekil 4.17'ye göre kurulan regresyon modelinin denklemini ve  $R^2$  değeri aşağıdaki gibidir:

$$Y = 0,0046X + 0,0258 \quad R^2 = 0,9455 \quad (4.10)$$

Burada Y: HTK değerini, X: yılları (modelde kullanılmak üzere dönüştürülmüş değerler: 2002 için 1, 2003 için 2, 2004 için 3, ..., 2015 için 14) ifade etmektedir. Yıllara bağlı HTK değerlerine ait regresyon modeline göre 2016 ve 2035 yılları arasında ait HTK tahminleri Çizelge 4.30'da hesaplanmıştır.

Çizelge 4.30. Yıllara bağlı olarak tahmin edilen HTK değerleri

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
HTK	0,0948	0,099	0,104	0,109	0,113	0,118	0,122	0,13	0,132	0,136
Yıllar	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
HTK	0,141	0,145	0,15	0,155	0,160	0,164	0,168	0,17	0,178	0,182

Çizelge 4.30'da bulunan HTK değerleri ve EKBK-Ridge yöntemiyle elde edilen tahmin modeli yardımıyla gelecek tahminlerini yapmak üzere altı adet bağımsız değişkene (OOS, OG, OHB, ÖS, İS, NM) ait gelecekteki tahmin değerleri EUAP 2017 raporundan elde edilmiştir. (Öğüt vd., 2017).

TÜİK resmi web sitesinden (2007 ve 2018 yılları arası) yıllara bağlı yaş grupları ve nüfus değerleri yardımıyla ortalama yaş verileri elde edilmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Eskişehir’de yıllara bağlı yaş grupları ve nüfus verilerinden elde edilen değerler (TÜİK, 2019)

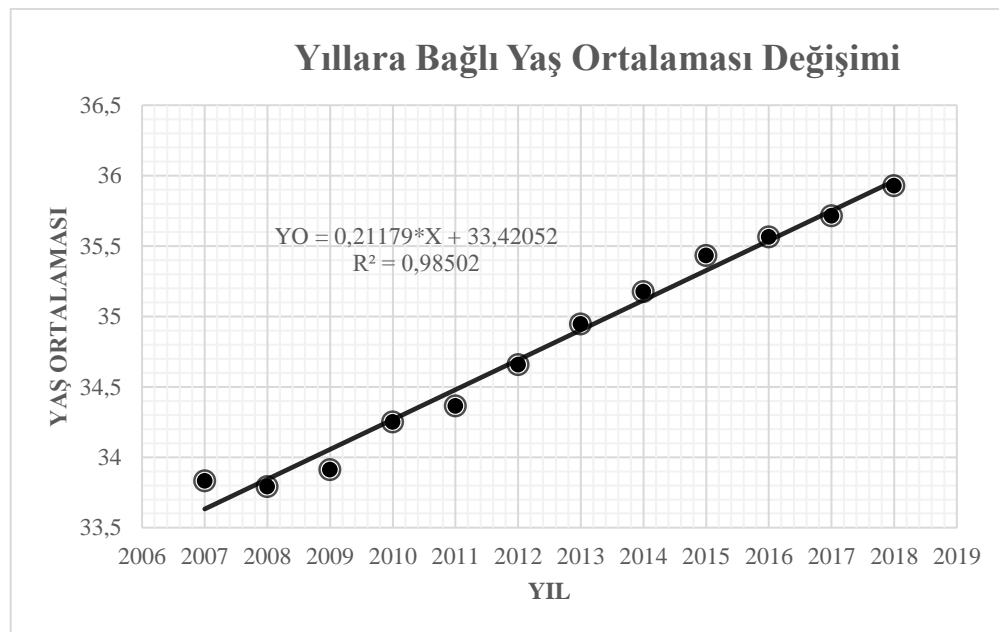
Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ortalama Yaş	33,830	33,79	33,91	34,251	34,364	34,66
Yıllar	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ortalama Yaş	34,94	35,18	35,431	35,564	35,714	35,93

Çizelge 4.31’e göre kurulan regresyon modelinin denklemi ve  $R^2$  değeri aşağıdaki gibidir:

$$YO = 0,21179X - 33,42052 \quad R^2 = 0,98502 \quad (4.11)$$

Burada X: yılları (modelde kullanılmak üzere dönüştürülmüş değerler: 2007 için 1, 2008 için 2, 2009 için 3, ..., 2018 için 12) ifade etmektedir.

Çizelge 4.31’deki veriler yardımıyla yıllara bağlı yaş ortalamalarına ait çizilen grafik Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18 Yıllara bağlı yaş ortalaması değişim grafiği

Yıllara bağı YO değerlerine ait regresyon modeline göre 2018 ve 2035 yılları arasına ait YO tahminleri izelge 4.32’de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.32. Yıllara bağı YO projeksiyonu değerleri

Yıllar	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Ortalama Yaş</b>	36,393	36,61	36,82	37,03	37,24	37,45	37,66	37,87
Yıllar	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Ortalama Yaş</b>	38,088	38,30	38,51	38,72	38,93	39,15	39,35	39,57

Eskişehir için tahmin edilen yaş projeksiyonu değerleri ve EUAP 2017 Raporundan elde edilen 2020, 2025, 2030, 2035 yıllarına ait OOS, OG, OHB, S, İS, NM değerleri kullanılarak, EKBK-Ridge modeli yardımıyla gelecek yıllardaki zonlara bağı üretim tahmin modeli için belirlenen 5’er yıl arayla HTK oranları ve tanımlanan tahmin modeli izelge 4.33’teki gibidir.

Çizelge 4.33. Gelecek tahminleri için elde edilen HYS (retim) modelleri

Tahmin Yılları	retim Tahmin Modeli
<b>2020</b>	$3,014^* (40,414^*OOS - 5,27^*OG - 27,256O^*HB + 3,381^*YO - 0,015^*S + 0,086^*İS + 0,0129^*NM)$
<b>2025</b>	$3,627^* (40,414^*OOS - 5,27^*OG - 27,256O^*HB + 3,381^*YO - 0,015^*S + 0,086^*İS + 0,0129^*NM)$
<b>2030</b>	$4,239^* (40,414^*OOS - 5,27^*OG - 27,256O^*HB + 3,381^*YO - 0,015^*S + 0,086^*İS + 0,0129^*NM)$
<b>2035</b>	$4,852^* (40,414^*OOS - 5,27^*OG - 27,256O^*HB + 3,381^*YO - 0,015^*S + 0,086^*İS + 0,0129^*NM)$

Bu modellere bağı tüm Eskişehir ili için 2035 e kadar yapılmış olan tahmin değerleri izelge 4.34’te hesaplanmıştır.

Çizelge 4.34. Gelecekteki HYS tahminleri (Senaryo 1)

HYS ÜRETİM DEĞERLERİ					HYS ÜRETİM DEĞERLERİ						
No	Mahalle Adı	2020	2025	2030	2035	No	Mahalle Adı	2020	2025	2030	2035
1	AYVACIK	182	235	294	361	52	ŞARHÖYÜK	815	1031	1265	1516
2	YUKARIKALABAK	184	238	298	364	53	KARAPINAR	283	381	493	612
3	KARAMUSTAFA	182	235	295	362	54	PAŞA	239	309	387	473
4	KARATEPE	184	238	298	364	55	ŞARKİYE	213	274	342	420
5	HARMANDALI	185	239	299	367	56	ORTA	368	518	695	858
6	KAYACIK	188	248	316	390	57	AKCAMI	230	295	367	447
7	MUSALAR	182	235	295	361	58	ÖMERAĞA	463	503	526	628
8	KARAÇAY	185	239	299	367	59	ESKİBAĞLAR	225	257	285	348
9	YUKARILICA	183	237	297	364	60	GÖZTEPE	378	463	550	654
10	KUYUCAK	187	242	303	371	61	GÖKMEYDAN	951	980	971	1178
11	ÇAMLICA	182	235	294	361	62	GÜLLÜK	359	401	433	520
12	LÜTFİYE	182	236	296	363	63	TUNALI	615	676	716	844
13	AŞAĞILICA	185	239	299	366	64	FATİH	462	511	545	648
14	SEKLİCE	183	237	297	364	65	BAHÇELİEVLER	422	473	513	610
15	DEMİRLİ	182	236	295	362	66	CUNUDİYE	310	390	476	567
16	KARGIN	184	238	298	365	67	GÜNDOĞDU	1276	1721	2230	2806
17	AKKAYA	183	237	297	365	68	EMEK	2503	3078	3675	4623
18	YAHNİKAPAN	193	248	310	380	69	KARACAŞEHİR	248	364	500	622
19	TÜRKMENTOKAT	202	268	344	423	70	GÜLTEPE	751	893	1031	1204
20	KİREÇ	255	324	400	485	71	ZİNCİRLİKUYU	681	1234	1928	2201
21	KARAHÜYÜK	201	269	347	427	72	FEVZİÇAKMAK	1143	1904	2845	3449
22	GÜLPINAR	289	459	667	831	73	ŞEKER	535	650	768	933
23	SEVİNÇ	236	315	405	500	74	ERENKÖY	678	848	1029	1225
24	KALKANLI	203	278	366	451	75	YILDIZTEPE	666	785	899	1052
25	AKPINAR	326	344	424	518	76	BULDUKPINAR	186	243	307	377
26	VADIŞEHİR	1334	1922	2617	3294	77	TANDIR	195	260	334	411
27	YÖRÜK KARACAÖREN	197	266	344	424	78	YARIMCA	192	254	325	400
28	İMİŞEHİR	210	293	390	482	79	KARADERE	191	252	321	395
29	KARAALAN	185	241	304	373	80	BOZDAĞ	193	254	323	397
30	GÖKÇEKISIK	208	293	393	485	81	SATILMIŞOĞLU	874	1528	2344	2942
31	YENİ İNCESU	198	261	330	405	82	AŞAĞI ÇAĞLAN	575	1117	1785	2209
32	TAKMAK	192	253	322	397	83	YUKARI ÇAĞLAN	903	1714	2758	3368
33	MUSAÖZÜ	201	272	355	437	84	DOĞANKAYA	189	248	314	386
34	TURGUTLAR	200	261	335	413	85	KIRAVDAN	198	264	341	420
35	MOLLAOĞLU	206	283	374	461	86	KAYAPINAR	490	913	1447	1812
36	AŞAĞI KARTAL	190	251	319	392	87	KIZILINLER	199	266	343	422
37	YÖRÜK AKÇAYIR	187	246	311	383	88	YENİ AKÇAYIR	209	292	389	481
38	YUKARI KARTAL	189	251	319	392	89	KARAGÖZLER	367	632	963	1203
39	SÜPREN	193	254	324	398	90	YUSUFLAR	416	359	307	1341
40	BEHÇETİYE	186	240	302	370	91	SARISUNGUR	193	254	324	399
41	ATALAN	188	243	306	376	92	ORHANGAZI	761	1088	1475	1868
42	NEMLİ	188	244	306	376	93	SULTANDERE	421	717	1084	1356
43	ÇANAKKIRAN	184	238	299	368	94	DEDE	651	866	1110	1336
44	TAYCILAR	185	239	301	369	95	HUZUR	441	514	581	689
45	YAKAKAYI	193	250	313	384	96	ÇANKAYA	902	1105	1313	1526
46	GÜNDÜZLER	226	289	359	436	97	BÜYÜKDERE	1599	1761	1977	2318
47	KOZLUBEL	192	248	312	382	98	YENİDOĞAN	481	577	671	793
48	BEYAZALTIN	197	255	319	390	99	YENİKENT	920	1174	1451	1777
49	AKÇAĞLAN	298	358	419	505	100	HAYRİYE	317	387	461	557
50	ALANÖNÜ	455	549	646	765	101	BOYACIOĞLU	710	1373	2212	2673
51	KUMLUBEL	406	486	565	678	102	BATIKENT	2433	3662	5138	6131



Çizelge 4.34 Gelecekteki HYS tahminleri (Senaryo 1) (devam)

		HYS ÜRETİM DEĞERLERİ						HYS ÜRETİM DEĞERLERİ			
No	Mahalle Adı	2020	2025	2030	2035	No	Mahalle Adı	2020	2025	2030	2035
103	ERTUĞRULGAZİ	1231	1559	1912	2371	146	CUMHURİYET (S.)	216	274	340	414
104	ÇAMLICA	2144	2742	3393	4225	147	AHİLER	190	245	307	376
105	AŞAĞI SÖĞÜTÖNÜ	1283	1912	2835	3137	148	ÇUKURHİSAR	345	423	538	668
106	IHLAMURKENT	969	1638	2468	3080	149	ALINCA	242	361	506	627
107	ZAFER	650	795	944	1136	150	YUKARI S.	1392	2072	2886	3449
108	ESENTEPE	1090	1355	1636	2012	151	HİSAR	308	388	562	697
109	71 EVLER	2127	3022	4292	5253	152	KESKİN	367	1886	922	1152
110	YEŞİLTEPE	2313	2873	3464	4381	153	KOZKAYI	214	265	350	430
111	ŞİRİNTEPE	3001	3500	3963	4900	154	KOYUNLAR	850	937	1864	2283
112	HASANBEY	194	253	319	392	155	SAKİNTEPE	727	1437	1715	2112
113	KARACAHÖYÜK	266	362	473	577	156	EMİRCEOĞLU	199	380	333	409
114	YENİ	382	429	466	559	157	EĞRİÖZ	201	268	342	421
115	YASSIHÖYÜK	188	245	310	380	158	AVLAMIŞ	194	254	322	396
116	SÜMER	661	891	1151	1439	159	ULUDERE	206	272	346	427
117	ULUÖNDER	875	1022	1158	1365	160	KARAÇOBANPIN.	188	247	313	385
118	KANLIPINAR	230	335	460	570	161	TEKECİLER	190	247	311	383
119	SAZOVA	1002	1679	2517	3095	162	ATALAN TEKKE	192	253	322	397
120	SÜTLÜCE	584	697	809	949	163	SULUKARAAĞAÇ	192	252	319	392
121	IŞIKLAR	353	390	417	503	164	BEKTAŞPINAR	188	246	312	384
122	KURTULUŞ	761	759	703	841	165	KAVACIK	199	246	340	415
123	M. KEMAL PAŞA	314	386	461	562	166	GÜMELE	189	434	310	381
124	MAMURE	470	546	616	732	167	EŞENKARA	249	329	539	669
125	HACI ALİ BEY	300	353	401	472	168	ULUÇAYIR	192	306	329	405
126	HACI SEYİT	326	349	380	463	169	AVDAN	194	257	325	400
127	CUMHURİYE	378	416	474	574	170	YENİ SOFÇA	195	258	329	405
128	İHSANİYE	231	299	373	449	171	YÖRÜK KIRKA	192	254	322	396
129	VIŞNELİK	1576	1767	1915	2217	172	KARAPAZAR	198	256	320	392
130	KIRMIZITOPRAK	1064	1169	1237	1523	173	HEKİMDAĞ	205	265	336	414
131	GAZİPAŞA	797	1133	1514	2050	174	AKÇAKAYA	192	255	324	399
132	AKARBAŞI	1194	1367	1515	1758	175	YENİBAĞLAR	329	408	491	614
133	OSMANGAZİ	370	447	527	639	176	İNÖNÜ	1164	1418	1678	1946
134	HOŞNUDIYE	696	898	1121	1352	177	MİHALGAZİ	435	540	653	772
135	DELİKLİTAŞ	698	824	944	1103	178	SARICAKAYA	503	623	749	883
136	ARİFİYE	427	530	639	786	179	ALPU	856	1047	1245	1450
137	İSTİKLAL	372	423	466	567	180	MAHMUDIYE	611	753	902	1058
138	75.YIL	515	602	683	819	181	SEYİTGAZİ	810	992	1181	1376
139	GÖKDERE	193	252	320	393	182	HAN	300	379	464	556
140	CAVLUM	194	255	325	400	183	ÇİFTELER	728	893	1065	1244
141	ORTA	220	290	369	452	184	BEYLİKOVA	541	669	803	945
142	EMİRLER	231	304	390	476	185	MİHALIÇCIK	575	710	851	999
143	AĞAPINAR	217	288	369	464	186	SİVRİHİSAR	1034	1262	1496	1738
144	DANIŞMENT	203	274	357	440	187	GÜNYÜZÜ	525	649	779	917
145	KIZILCAÖREN	207	271	344	424						
							<b>TOPLAM</b>	<b>90352</b>	<b>120349</b>	<b>151859</b>	<b>185642</b>

Senaryo 1'e göre Eskişehir İli'nde zonlara ait toplam üretilen hastane yolculuklarına bakıldığında, 2020'deki 90352 değerinin 2035 yılında yaklaşık iki katına çıkarak 185642 değerine ulaşacağı öngörülmektedir. Senaryo 1 için HTK oranları ve yıllara bağlı çekim modelleri Çizelge 4.35'te verildiği gibidir.

Çizelge 4.35. Yıllara bağlı çekim modelleri

Tahmin Yılları	Çekim Tahmin Modeli
2020	$3,014*(4,404*HYAS_i + 142,842*SOS_i)$
2025	$3,627*(4,404*HYAS_i + 142,842*SOS_i)$
2030	$4,239*(4,404*HYAS_i + 142,842*SOS_i)$
2035	$4,852*(4,404*HYAS_i + 142,842*SOS_i)$

Senaryo 2'de 2001 yılındaki verilere göre kurulan ve öncesinde dengelemesi yapılmış değerler ile üretim ve çekim modellerine göre (Bkz. Çizelge 4.28), doğrudan HTK değerleri kullanılarak gelecekteki Eskişehir (yalnızca merkez ilçelerindeki belirlenmiş zonlar) için tahmin değerleri oluşturulmuştur (Çizelge 4.36).

2015-2035 yıllarına ait çekim tahminleri oluşturulurken 2015 yılındaki özel hastaneler ve devlet hastaneleri, aile sağlık merkezleri ve diğer sağlık kurum ve kuruluşlarının tahmin yılındaki yatak sayıları ve bulunduğu zonlar dikkate alınmıştır. Örneğin, 2015 yılında Eskişehir Yunusemre Devlet Hastanesi yeni binası ve 71 Evler Mahallesi Eskişehir Şehir Hastanesi hizmette değilken, 2018 yılında hizmete girdikleri için 2020 ve sonraki yıllarda tahminlerde HYAS değerleri ve zon değişimleri göz önünde bulundurulmuştur. Aynı şekilde Yenidoğan Mahallesi'ndeki Eskişehir Devlet Hastanesi 2018 yılına kadar hizmet vermekteyken, 2018 de hizmete kapatılarak Eskişehir Şehir Hastanesi'ne taşınmıştır. Bu tür mevcut farklılıklar ve öngörüler tahmin modellerine ve zonların HÇS değerlerine yansıtılmıştır.

Çizelge 4.36. Eskişehir merkez ilçelerdeki zon üretim ve çekim değerleri tahmini (Senaryo 2)

		Dengelenmiş Model (2001)		Tahmin(2015)		Tahmin(2020)	
		Üretim	Çekim	Üretim	Çekim	Üretim	Çekim
	<b>HTK Değerleri</b>	0,038	0,038	0,089	0,089	0,095	0,095
	<b>HTK Oranları</b>	1,00	1,00	2,37	2,37	3,014	3,014
No	Mahalle						
1	71 EVLER	352	124	833	293	1060	9687
2	75.YIL	83	124	198	293	252	349
3	AKARBASI	589	265	1395	627	1775	746
4	AKCAMI	75	371	179	880	227	1047
5	AKÇAGLAN	86	124	205	293	261	349
6	ALANÖNÜ	283	124	671	293	853	349
7	ARIFIYE	240	389	570	922	725	1097
8	BAHÇELIEVLER	204	124	483	293	615	349
9	BATIKENT	181	578	429	1370	545	1631
10	BÜYÜKDERE	359	3434	852	8139	1083	9687
11	CUMHURİYE	195	0	463	0	588	0
12	CUNUDIYE	43	0	101	0	129	0
13	ÇAMLICA	488	248	1157	587	1472	698
14	ÇANKAYA	281	124	665	293	846	349
15	DEDE	90	0	214	0	273	0
16	DELİKLITAS	287	0	680	0	865	0
17	EMEK	938	371	2223	880	2828	1047
18	ERENKÖY	460	124	1091	293	1388	349
19	ERTUGRULGAZI	416	124	986	293	1254	349
20	ESENTEPE	338	248	801	587	1018	698
21	ESKİBAĞLAR	165	0	390	0	496	0
22	FATİH	169	124	400	293	509	349
23	FEVZİÇAKMAK	264	730	625	1730	795	2059
24	GÖKMEYDAN	679	248	1609	587	2046	698
25	GÖZTEPE	114	124	271	293	345	349
26	GÜLLÜK	148	0	350	0	445	0
27	GÜLTEPE	306	124	726	293	924	349
28	GÜNDOĞDU	361	124	856	293	1089	349
29	HACI ALI BEY	87	0	207	0	264	0
30	HACI SEYİT	111	0	264	0	335	0
31	HAYRIYE	93	0	221	0	280	0
32	HOSNUDIYE	287	624	679	1479	864	1761
33	HUZUR	202	0	479	0	610	0
34	ISIKLAR	158	0	375	0	477	0
35	IHSANIYE	89	0	211	0	268	0
36	ISTIKLAL	221	248	524	587	667	698
37	KARAPINAR	86	0	203	0	259	0
38	KIRMIZITOPRAK	570	768	1350	1820	1717	2167
39	KUMLUBEL	153	0	363	0	462	0
40	KURTULUS	555	124	1316	293	1674	349
44	ORHANGAZI	273	248	647	587	823	698
45	ORTA	49	124	117	293	149	349
46	OSMANGAZI	281	124	665	293	846	349
47	ÖMERAGA	165	0	391	0	498	0
48	PASA	41	0	97	0	123	0
49	SAZOVA	128	124	302	293	385	349
50	SÜMER	188	0	446	0	568	0
51	SÜTLÜCE	297	124	705	293	896	349
52	SARHÖYÜK	270	124	641	293	815	349
53	SARKIYE	42	0	99	0	125	0
54	SEKER	124	124	293	293	372	349
55	SİRİNTEPE	792	124	1877	293	2387	349
56	TUNALI	251	124	595	293	757	349
57	ULUÖNDER	538	2016	1275	4778	1622	8262
58	VİSNELİK	719	228	1703	540	2167	643
59	YENİ	178	0	421	0	536	0
60	YENİBAĞLAR	266	0	630	0	802	0
61	YENİDOĞAN	240	3047	569	7221	724	0
62	YENİKENT	322	124	764	293	971	349
63	YESİLTEPE	485	353	1150	838	1462	997
64	YILDIZTEPE	272	0	645	0	820	0
65	ZAFER	308	0	729	0	927	0
66	ZİNCİRLİKUYU	99	0	234	0	298	0
	<b>TOPLAM</b>	<b>17135</b>	<b>17135</b>	<b>40610</b>	<b>40610</b>	<b>51653</b>	<b>51653</b>

Çizelge 4.36. Eskişehir merkez ilçelerdeki zon üretim ve çekim değerleri tahmini (Senaryo 2) (devam)

		Tahmin(2025)		Tahmin(2030)		Tahmin(2035)	
		Üretim	Çekim	Üretim	Çekim	Üretim	Çekim
	<b>HTK Değerleri</b>	0,038	0,113	0,113	0,136	0,136	0,159
	<b>HTK Oranları</b>	1,00	3,626971	3,627	4,239	4,2395	4,852
No	Mahalle						
1	71 EVLER	1275	11655	1490	13623	1705	15592
2	75.YIL	303	420	354	491	405	562
3	AKARBASI	2135	898	2496	1050	2857	1201
4	AKCAMI	273	1260	319	1473	366	1686
5	AKÇAGLAN	314	420	367	491	419	562
6	ALANÖNÜ	1027	420	1200	491	1374	562
7	ARIFIYE	872	1320	1019	1543	1166	1766
8	BAHÇELIEVLER	739	420	864	491	989	562
9	BATIKENT	656	1963	767	2294	878	2625
10	BÜYÜKDERE	1303	11655	1523	13623	1743	15592
11	CUMHURİYE	708	0	827	0	947	0
12	CUNUDIYE	155	0	181	0	208	0
13	ÇAMLICA	1771	840	2070	982	2369	1124
14	ÇANKAYA	1018	420	1190	491	1362	562
15	DEDE	328	0	384	0	439	0
16	DELİKLİTAS	1041	0	1217	0	1393	0
17	EMEK	3402	1260	3977	1473	4552	1686
18	ERENKÖY	1670	420	1952	491	2234	562
19	ERTUGRULGAZI	1509	420	1764	491	2019	562
20	ESENTEPE	1225	840	1432	982	1639	1124
21	ESKİBAĞLAR	597	0	698	0	799	0
22	FATİH	612	420	715	491	819	562
23	FEVZİÇAKMAK	957	2478	1118	2896	1280	3315
24	GÖKMEYDAN	2462	840	2878	982	3293	1124
25	GÖZTEPE	415	420	485	491	555	562
26	GÜLLÜK	535	0	626	0	716	0
27	GÜLTEPE	1111	420	1299	491	1487	562
28	GÜNDOĞDU	1310	420	1531	491	1753	562
29	HACI ALI BEY	317	0	371	0	424	0
30	HACI SEYİT	403	0	472	0	540	0
31	HAYRIYE	337	0	394	0	451	0
32	HOSNUDIYE	1040	2118	1215	2476	1391	2834
33	HUZUR	733	0	857	0	981	0
34	ISIKLAR	574	0	671	0	768	0
35	IHSANIYE	323	0	377	0	431	0
36	ISTIKLAL	802	840	937	982	1073	1124
37	KARAPINAR	311	0	364	0	416	0
38	KIRMIZITOPRAK	2066	2607	2415	3047	2764	3487
39	KUMLÜBEL	556	0	649	0	743	0
40	KURTULUS	2014	420	2354	491	2694	562
44	ORHANGAZI	990	840	1157	982	1324	1124
45	ORTA	179	420	209	491	239	562
46	OSMANGAZI	1017	420	1189	491	1361	562
47	ÖMERAGA	599	0	700	0	801	0
48	PASA	149	0	174	0	199	0
49	SAZOVA	463	420	541	491	619	562
50	SÜMER	683	0	798	0	914	0
51	SÜTLÜCE	1078	420	1260	491	1442	562
52	SARHÖYÜK	980	420	1146	491	1312	562
53	SARKIYE	151	0	176	0	202	0
54	SEKER	448	420	524	491	599	562
55	SİRİNTEPE	2872	420	3357	491	3842	562
56	TUNALI	910	420	1064	491	1218	562
57	ULUÖNDER	1952	9940	2281	11619	2611	13298
58	VİSNELİK	2607	773	3047	904	3487	1035
59	YENİ	644	0	753	0	862	0
60	YENİBAĞLAR	965	0	1128	0	1291	0
61	YENİDOĞAN	871	0	1018	0	1165	0
62	YENİKENT	1168	420	1366	491	1563	562
63	YESİLTEPE	1759	1200	2056	1402	2354	1605
64	YILDIZTEPE	987	0	1153	0	1320	0
65	ZAFER	1116	0	1304	0	1492	0
66	ZİNCİRLİKUYU	358	0	419	0	479	0
	<b>TOPLAM</b>	<b>62148</b>	<b>62148</b>	<b>72643</b>	<b>72643</b>	<b>83138</b>	<b>83138</b>

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Oldukça yüksek maliyetlerle yapılan ulaştırma yatırımlarına ait kritik kararların alınmasında gelecek tahminlerinin son derece önemli olması, bu tahminlerin doğru yöntemler ve analizlerle en etkin şekilde yapılmasını gerektirmektedir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de insan sağlığına verilen önemin ve yaşlanmanın artması, modern hastanelerin kurulması ile hastane ve sağlık sistemlerinin ve hizmetlerinin hızlı bir şekilde değiştiği ve geliştiği açıktır. Özellikle de hastane sistemlerinin ve hizmetlerinin iyileştirilmesi, nüfusun artması, ömrün uzaması ve yaş ortalamasının artması, demografik özelliklerin hızlı değişimi sebebiyle, hastane yolculukları önemli ölçüde artmaktadır. Son birkaç yılda Suriyeli göçmenlerin artması, muayene ve tedavi gibi hastane hizmetleri konusunda Suriyeli göçmenlere bazı imkânlar tanınması ve yardımlarda bulunulması da hastane yolculuklarını arttıran etmenler arasındadır. Dolayısı ile hastane yolculuklarının UAP’de yer alması ve nitelikli analizlerle tahminler yapılması faydalı olacaktır. Bu çalışmada 2001 verileriyle kurulan modeller ile 2015 ve sonrasındaki zaman dilimlerindeki kent içindeki bireylerin hastane yolculukları için açıklayıcı tahmin modelleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada temel yıl kesitindeki ve gelecekteki HYS ve HÇS değerlerine ait, yardımcı yöntem ve parametrelerle kestirim modelleri geliştirilmiş ve DAUM’un ilk aşamasına altyapı teşkil edebilecek ev tabanlı hastane yolculukları üretim ve çekim modelleri oluşturulmuştur. Yapılan analizler, doğrudan hastane yolculuklarına ait tüm den aile sağlık merkezleri, hastaneler ve diğer sağlık kurumlarına olan taleplerle ilgili olarak, il bazında özel ve kapsamlı bir çalışmayı içermektedir. Dolayısıyla; kurulan bu kestirim modellerinin, il bazında bireylerin hastane yolculuklarının talep tahmininde ve aynı zamanda fizibilite etüdünde de kullanılacağı söylenebilmektedir. Bu yönüyle, sağlık merkezi ve kurumlarına ulaşımın sağlanması için yapılacak ulaştırma sistemlerinin ve yatırım kararlarının geliştirilmesinin yanı sıra gelecekte inşaatı yapılabilecek sağlık merkezleri/kurumlarına ait konumların belirlenmesi ve bu konumlarda oluşabilecek talepler konusuna ışık tutabilecek bir altyapı kurulması sağlanmıştır.

Yerleşim, yapılaşma, kültür, sanat ve birçok karakteristik özelliğiyle orta ölçekli bir Avrupa şehri özelliklerini taşıyan Eskişehir İli için kurulan hastane yolculukları talep tahmin modelleri Türkiye'deki birçok şehir dâhil olmak üzere bazı Avrupa şehirleri için de kullanılabilir.

Hastane yolculuklarını gerçekleştiren bireylerin yolculuk davranışları ve bunları etkileyen parametre özelliklerinin iş, okul ve diğer (alışveriş, eğlence vs.) amaçlı yolculuklardan çok daha farklı olduğu ve hastane amaçlı yolculukların azımsanmayacak kadar çok sayıda olduğu düşünüldüğünde, DAUM için üretilen modellerde hastane yolculuklarının ayrı bir sınıf olarak incelenmesi önerilmektedir.

2001 verilerine ait korelasyon analizi sonuçlarına ve varyans şişme değerlerine bakıldığında veriler arasında çoklu iç ilişki olduğu tespit edilmiş, EKK yöntemi ile kurulan hastane yolculuk modeline ilişkin F ve t testleri sonuçlarında model tahmin katsayılarının anlamsız olduğu görülmüş ve bu problemlerin çözümünde başarılı olabilen RR yöntemi ile model kurulmuştur. 2001'e ait verilerde HMKD yöntemi ile aykırı değerlerin olduğu tespit edilmiş ve aykırı değerlerin olması durumunda etkili çözümler üretebilen EKBK yöntemi ile model kurulmuştur. Verilerde hem çoklu iç ilişki hem de aykırı değer problemlerinin olduğu düşünüldüğünde, hem sağlam hem de yanlı tahmin edici olan EKBK-Ridge tekniği ile de model kurulmuştur.

Dört yöntemin  $HKO_E$  ve  $HKO_T$  ölçütlerindeki başarı sıralamalarının aynı olduğu görülmüştür. 2001 verileri ile kurulan doğrusal modeller, 2015 yılına ait anketlerle test edilip  $HKO_T$ 'larına bakıldığında, EKK tekniği kestiriminin tutarsızlığının yüksek olduğu ( $HKO_T=561869$ ), RR ( $HKO_T=407433$ ) kestiricisinin ÇDB sorununu bir miktar çözümlenerek EKK'ye göre yaklaşık %27 daha güçlü tahminde bulunduğu görülmüştür. EKBK ( $HKO_T=127975$ ) aykırı değerlerden kaynaklanan problemleri büyük oranda azaltarak EKK'ye göre yaklaşık %77 daha tutarlı sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. EKBK-Ridge yöntemiyle elde edilen kestirim modelinin  $HKO_T$  değerine göre en iyi sonucu verdiği ( $HKO_T=107790$ ), EKK'ye göre yaklaşık %80 daha güçlü tahminleme yaparak test veri değerlerine çok yaklaştığı görülmüştür.

İlave olarak, elde edilen 4 doğrusal modele göre 2015 anket verilerinden elde edilen Eskişehir merkez ilçelerindeki toplam HYS değeri için talep tahmini yapılmış ve HTK destekli EKBK-Ridge model tahmini en yaklaşık sonucu elde etmiştir.

Yanlı-sağlam regresyon tekniklerinin verilerde çoklu iç ilişki ve aykırı değer problemlerinin olması durumunda diğer birçok alanda olduğu gibi ulaştırma planlamalarında da etkin tahminler yapabildiği tespit edilmiştir.

Çekim modeli için SOS ve HYAS değerleri kullanılarak oluşturulan ÇDR modelinde, katsayıların anlamlı olduğu görülmüştür. Hastane çekim değerleri SOS ve HYAS ile yaklaşık %66 oranında açıklanabilmektedir.

Çalışmada geliştirilen HTK değerleri ve yanlı-sağlam kestiriciler sayesinde, Eskişehir gibi orta ölçekli, hızlı gelişen ve değişen (sosyal, ekonomik, kültürel, sanayi) hareketlilik oranı yüksek olan bir kent için bile ulaştırma planları için gelecekteki (kısa-orta-uzun vadede) hastane yolculukları rahatlıkla tahmin edilebilmiştir.

Arada 14 yıllık zaman farkı (2001-2015) olmasına, bu süre içerisinde teknolojinin, hastane sistemlerinin, arazi kullanımlarının oldukça farklılaşmış ve değişmiş olmasına rağmen gelecek tahminleri için HTK değerinin geliştirildiği ve EKBK-Ridge yönteminin kullanıldığı bu çalışmadaki talep tahminlerinden oldukça tutarlı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmada HTK değerinin ulaştırma planlamaları ile ilgili çalışmalarda hastane yolculukları talep tahminleri için kullanılması önerilmektedir. EKBK-Ridge yönteminin ise ulaştırma planlamaları ile ilgili talep tahminlerinde aykırı değerlerin ve ÇDB problemlerinin aynı anda olması durumunda yolculukların açıklanmasına ilişkin modellerde kullanılması önerilmektedir.

Önerilen HTK destekli EKBK-Ridge regresyon modeline göre tahmin edilen katsayılara ait sonuçlar şu şekilde sıralanabilir,

- Bireylerin hastaneye gitme ihtiyacının doğması durumunda, özel otomobilin olmasının, hastaneleri bireyler için daha gidilebilir kılmaya sebep olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle, otomobili olan insanlar hastaneye gitme ihtiyaçlarını

daha tereddütsüz gerçekleştirebilirler. Bunun sebebi ise özel otomobilin kapıdan kapıya, hızlı ve konforlu ulaşım sağlayabilmesi, taksi ücretlerinin fazla gelmesi ve toplu taşımanın daha yavaş, konforsuz ve kapıdan kapıya ulaşım sağlayamaması olarak düşünülebilmektedir.

- Gelir ortalamalarının hastane yolculuk değerleriyle ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. İnsanların gelirlerinin artmasıyla daha sağlıklı yaşayabildikleri bu çerçevede açıklanabilmektedir.
- Hanedeki ortalama kişi sayısı değerinin, hastane yolculuk değeri arttıkça azaldığı görülmektedir. Eskişehir'deki bireylerin hanelerinde yaşayan insanların artması durumunda, hane bireylerinin aralarındaki dayanışma ve yardımlaşmadan dolayı hastaneye gitme ihtiyaçlarının azaldığı söylenebilmektedir.
- Bütün tahmin modellerinde ortalama yaş değerlerinin artmasıyla hastane yolculuk değerleri de artmaktadır. Literatürdeki incelenen çalışmalardan da görüldüğü gibi, bireylerin yaşlanması ile hastane talebi eğilimlerinin arttığı bu çalışmada da desteklenmektedir. Türkiye'nin nüfusunun yaşlandığı düşünüldüğünde, bu çalışma ile ulaştırma planlamalarındaki gelecek tahminlerinde yaş projeksiyonunun önemi ortaya koyulmuştur.
- Eskişehir nüfusunun önemli bir kısmını öğrenciler oluşturmaktadır. Böylelikle öğrencilerin hastane yolculuğu davranışları toplam hastane davranışlarını da etkilemektedir. EKBK-Ridge modelinde öğrenci miktarları arttıkça hastane yolculuğu değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi de önceki paragraflardaki gibi öğrencilerin özel otomobil sahipliğinin çok az olması, hane bireylerinin fazla olması, öğrenci nüfusunun daha genç olmasının hastane ihtiyaçlarını azaltıyor olmasıyla açıklanabilmektedir.
- İstihdam ve nüfus değerlerinin artmasıyla hastane yolculuklarının da arttığı görülmektedir. Bölgedeki nüfus sayısının artması demek bölgedeki çalışan bireylerin sayısının artması ve dolayısı ile hastane yolculuklarının artması anlamına gelmektedir. Bununla birlikte korelasyon analizine göre (Bkz. Çizelge 4.15) istihdam sayısının artış gösterdiği bölgelerde otomobil sahipliğinin de arttığı



görülmektedir. Özel otomobil sahipliğinin de hastane yolculuklarını pozitif yönde etkilediği düşünüldüğünde çalışan sayılarının artışının dolaylı olarak HYS değerlerinin artışında etkisi olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışma ile geçmişteki veriler ile kurulan modelin her ne kadar arada önemli zaman farkları olsa da, doğru parametreler, yöntemler ve kestirimlerle gelecekteki kent içindeki ulaşım hareketlerinin klasik yöntemlere göre başarılı bir şekilde ve yüksek doğrulukla tahmin edilebileceğini kanıtlanmıştır.

Veri setinde aykırı değer bulunup bulunmaması, bağımsız değişkenler ile ilgili yüksek ilişki probleminin olup olmasına göre, bu çalışmada kullanılan RR, EKBK ve EKBK\_Ridge yöntemlerinin yolculuk üretim ve çekim modellerinde iş, okul ve diğer (alışveriş, eğlence vs...) amaçlı yolculukların tahmin modellerinin oluşturulmasında kullanılması önerilmektedir.

Sonraki çalışmalarda test verisi olarak kullanılan verilerin içerisindeki aykırı değerlerin çıkartılması ve böylelikle daha güçlü verilerle modellerin başarısının değerlendirilmesi önerilmektedir. Farklı çalışmalarda, aykırı değerleri ve çoklu doğrusal ilişki problemlerini çözebilecek farklı doğrusal yanlı ve sağlam tekniklerle veya doğrusal olmayan tahmin modelleriyle hastane yolculuklarının modellenmesi ve sonuçların karşılaştırılması gibi konular üzerine araştırma yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adegoke, A. S., Adewuyi, E., Ayinde, K. , Lukman, A. F., 2016, A comparative study of some robust ridge and liu estimators, Science World Journal, 11, 4, 16-20.
- Agyemang-Duah, K., 1995, An Analysis Of The Effect Of Locational Factors And Accessibility On Discretionary Trip Generation Using An Ordered Response Model, thesis, McMaster University, p.
- Agyemang-Duah, K. ,Hall, F. L., 1997, Spatial transferability of an ordered response model of trip generation, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 31, 5, 389-402.
- Akwawua, S. ,Pooler, J. A., 2001, The development of an intervening opportunities model with spatial dominance effects, Journal of Geographical Systems, 3, 1, 69-86.
- Allsop, R. E. (1974). Some possibilities for using traffic control to influence trip distribution and route choice. Transportation and traffic theory, proceedings.
- Alpar, R., 1997, Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş-I, Bağırhan Yayımevi, p.
- Alpar, R., 2011, Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Alpu, Ö., 2016, Aykırı değer varlığında hızlı minimum kovaryans determinantı kestiricilerinin faktör analizinde kullanımı, Sakarya University Journal of Science, 20, 3, 701-709.
- 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.
- Andersen, R., 2008, Modern methods for robust regression, Sage, p.
- Angell, M. (1993). Privilege and health--what is the connection?, Mass Medical Soc.
- Anonim. (2018). "Seyahat Talebinin Tahmini." Ders Notları Retrieved 08.09, 2019, from [http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/36713/44244/mscseyahat\\_talebinin\\_tahmini.docx-hakan.pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/36713/44244/mscseyahat_talebinin_tahmini.docx-hakan.pdf).
- Arzu, A. ,Önder, H., 2013, FARKLI VERİ YAPILARINDA KULLANILABİLECEK REGRESYON YÖNTEMLERİ, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 28, 3, 168-174.
- Bağırhan, N. ,Yenice, M. M., 2012, Yolculuk Yaratımının Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, Journal of the Institute of Science & Technology of Dumlupınar University/Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,28.
- Banks, J. H., 2002, Introduction to transportation engineering, McGraw-Hill New York, p.
- Beşirli, H., 2016, Türk Dünyasının Kültürel Etkileşiminde Sosyal Hareketliliğin Önemi, Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi,56, 53-60.
- Bilgiç, Ş., Karacasu, M., Kara, Ç. , Akalin, K. B. (2018). 71 Evler-Şehir Hastanesi Ve Opera-Kumlubel (Yeni Emniyet Müdürlüğü Binası) Hatları Fizibilite Etüdü, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi (ESTRAM).

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Boyce, D. E., Zhang, Y.-F. , Lupa, M. R., 1994, Introducing " Feedback" Into Four-Step Travel Forecasting Procedure Versus Equilibrium Solution of Combined Model, Transportation Research Record, 1443, 65.
- Bwambale, A., Choudhury, C. F. , Hess, S., 2017, Modelling trip generation using mobile phone data: A latent demographics approach, Journal of Transport Geography, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.08.020>.
- Bwambale, A., Choudhury, C. F. , Sanko, N. (2015). Modelling Car Trip Generation in the Developing World: The Tale of Two Cities.
- Caldwell III, L. C. ,Demetsky, M. J., 1980, Transferability of trip generation models, Transportation Research Record,751.
- Cevat, İ. ,Yetkin, M., 2006, Robust Yöntemlerle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 21, 3-4, 33-48.
- Chang, J. S., Jung, D., Kim, J. , Kang, T., 2014, Comparative analysis of trip generation models: results using home-based work trips in the Seoul metropolitan area, Transportation Letters, 6, 2, 78-88.
- Cleophas, C., Cottrill, C., Ehmke, J. F. , Tierney, K., 2018, Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice, European Journal of Operational Research, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.037>.
- Çetin, M. C. ,Orsoy, A., 2001, Doğrusal Regresyonda Sağlam Tahmin Ediciler ve Bir Uygulama.
- Çukur, A. ,Bekmez, S., 2011, Türkiye’de Gelir, Gelir Eşitsizliği Ve Sağlık İlişkisi: Panel Veri Analizi Bulguları, Gaziantep University Journal of Social Sciences, 10, 1, 21-40.
- de Almeida Guimarães, V. ,Leal Junior, I. C., 2017, Performance assessment and evaluation method for passenger transportation: a step toward sustainability, Journal of Cleaner Production, 142, Part 1, 297-307.
- de Dios Ortázar, J. ,Willumsen, L. G., 2011, Modelling transport, John Wiley & Sons, p.
- de Dios Ortuzar, J. ,Willumsen, L. G., 2011, Modelling transport, John Wiley & Sons, p.
- De Maesschalck, R., Jouan-Rimbaud, D. , Massart, D. L., 2000, The mahalanobis distance, Chemometrics and intelligent laboratory systems, 50, 1, 1-18.
- Demir, Y. K., 1997, Yapay sinir ağları ulaştırma taleplerinin modellenmesi, thesis, p.
- Demirci, M. A., 2014, Ridge Regresyonda Sapma Parametresi k'nın Elde Edilmesinde Genetik Algoritma Yaklaşımı, thesis, 19 Mayıs Üniversitesi, İstatistik Anabilim Dalı,p.
- Dincer, B., Özaslan, M. , Kvasoğlu, T. (2003). İllerin Ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması, Bölgesel Gelişme Ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Douglas, A. ,Lewis, R., 1970, Trip generation techniques, Traffic Engineering & Control.
- Fusun, Ü., Özdemir, T., Ceylan, H. , Turabi, A., 2009, Ulaşım Ağlarında Seyahat Üretimi Belirlenmesi İçin Model Yaklaşımı ve Seyahat Dağılımı, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11, 2, 3-16.
- Gezer, F., 2016, Eşanlı Denklem Modellerinde Çoklu İç İlişkinin Etkileri Ve Alternatif Tahmin Edicilerin Karşılaştırılması, thesis, Çukurova Üniversitesi Ekonometri Anabilim Dalı,p.
- Goel, R., 2018, Distance-decay functions of travel to work trips in India, Data in brief, 21, 50-58.
- Goel, S. (2015). GA based trip attraction model for DUA. Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2015 2nd International Conference on, IEEE.
- Gonzalez-Feliu, J. ,Peris-Pla, C., 2017, Impacts of retailing attractiveness on freight and shopping trip attraction rates, Research in transportation business & management, 24, 49-58.
- Grazia Speranza, M., 2018, Trends in transportation and logistics, European Journal of Operational Research, 264, 3, 830-836.
- Guilkey, D. K. ,Murphy, J. L., 1975, Directed ridge regression techniques in cases of multicollinearity, Journal of the American Statistical Association, 70, 352, 769-775.
- Gujarati, D. (2004). Basic Econometrics. United States Military Academy, West Point, Tata McGraw-Hill.
- Gujarati, D. N. ,Madsen, J., 1998, Basic econometrics, Journal of Applied Econometrics, 13, 2, 209-212.
- Haldenbilen, S., 2003, Genetik algoritma yaklaşımı ile türkiye için sürdürülebilir ulaştırma göstergelerinin analizi ve planlaması, thesis, Pamukkale Üniversitesi, p.
- Haluk Gerçek, Orhan Demir, Ergun Gedizoğlu, Mehmet Ocakçı, Faik İyınam vd. (2003). Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Ana Planı.
- Heanue, K. E. ,Pyers, C. E., 1966, A comparative evaluation of trip distribution procedures, Highway Research Record,114.
- Hidalgo, D. ,Huizenga, C., 2013, Implementation of sustainable urban transport in Latin America, Research in Transportation Economics, 40, 1, 66-77.
- Hoerl, A. E. ,Kennard, R. W., 1970a, Ridge regression: applications to nonorthogonal problems, Technometrics, 12, 1, 69-82.
- Hoerl, A. E. ,Kennard, R. W., 1970b, Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems, Technometrics, 12, 1, 55-67.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hoerl, A. E. ,Kennard, R. W., 1976, Ridge regression iterative estimation of the biasing parameter, *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 5, 1, 77-88.
- Holmgren, J., 2013, An analysis of the determinants of local public transport demand focusing the effects of income changes, *European Transport Research Review*, 5, 2, 101-107.
- Hurowitz, J. C. (1993). *Toward a social policy for health*, Mass Medical Soc.
- İlıcılı, M., Öngel, A. , Kızıldaş, M. Ç. (2012). *Onuncu Kalkınma Planı (2014 – 2018) Ulaştırma Ve Trafik Güvenliği Özel İhtisas Komisyon Raporu*.
- İmir, E., 1986, Çoklu bağıntılı doğrusal modellerde Ridge regresyon yöntemiyle parametre kestirimi: Türkiye'de (1963-1983) enflasyon analizi, TC Anadolu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, p.
- Kan, B., Alpu, Ö. , Yazıcı, B., 2013, Robust ridge and robust Liu estimator for regression based on the LTS estimator, *Journal of Applied Statistics*, 40, 3, 644-655.
- 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.
- Khandokar, F., Price, A. , Ryley, T., 2017, Healthcare representatives' perspectives on hospital travel plans in England, *Case Studies on Transport Policy*, 5, 1, 61-70.
- Khisty, C. J. ,Arslan, T., 2005, Possibilities of steering the transportation planning process in the face of bounded rationality and unbounded uncertainty, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13, 2, 77-92.
- Kilinc, B. K., Alpu, O. , Kilinc, M. B. K., 2013, Package 'ltsbase'.
- Konaç, İ., 2018, *Dış Ticaret ve Cari İşlemler Dengesinin Türkiye'nin Ekonomik Büyümesi Üzerindeki Etkisinin Regresyon Analizi ile İncelenmesi*, thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı,p.
- Küçükmustafa, A. Z., 2014, *Genetik Algoritmaya Dayalı Dayanıklı Regresyon Yaklaşımları*, thesis, T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İstatistik Anabilim Dalı,p.
- Lenormand, M., Bassolas, A. , Ramasco, J. J., 2016, Systematic comparison of trip distribution laws and models, *Journal of Transport Geography*, 51, 158-169.
- Mahmud, S. S., Ferreira, L., Hoque, M. S. , Tavassoli, A., 2018, Micro-simulation modelling for traffic safety: A review and potential application to heterogeneous traffic environment, IATSS Research.
- Mathew, T. V. ,Rao, K. K., 2006, *Introduction to Transportation engineering*, Civil Engineering–Transportation Engineering. IIT Bombay, NPTEL ONLINE, <http://www.cdeep.iitb.ac.in/nptel/Civil%20Engineering>.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- McNally, M. G., 2000, The four step model.
- Mitchell, R. B. ,Rapkin, C., 1954, Urban Traffic--A Function of Land Use.
- Moscelli, G., Siciliani, L., Gutacker, N. , Gravelle, H., 2016, Location, quality and choice of hospital: Evidence from England 2002–2013, *Regional Science and Urban Economics*, 60, 112-124.
- Mosteller, F. ,Tukey, J. W., 1977, Data analysis and regression: a second course in statistics, Addison-Wesley Series in Behavioral Science: Quantitative Methods.
- Naser, M. ,Faris, H., 2015, Developing trip generation rates for hospitals in Amman, *Jordan Journal of Civil Engineering*, 9, 1.
- Nguyen, S. ,Pallottino, S., 1988, Equilibrium traffic assignment for large scale transit networks, *European Journal of Operational Research*, 37, 2, 176-186.
- Noland, R. B., Smart, M. J. , Guo, Z., 2016, Bikeshare trip generation in New York City, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 164-181.
- Okafor, S., 1983, Factors affecting the frequency of hospital trips among a predominantly rural population, *Social science & medicine*, 17, 9, 591-595.
- Osula, D., 1991, Development of Trip Generation Models for Land Uses in Nigeria, *J. Institute of Transportation Engineers*, 61, 1, 28-31.
- Öğüt, K. S., Tezcan, H. O., Sarısoy, G., Terzi, F., Gerçek, H. vd. (2017). Eskişehir Ulaşım Ana Planı Sonuç Raporu, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Öztürk, L. ,Türkay, H., 2005, Aşırı Değer İçeren Veri Kümelerinde Hata Terimlerinin Binom Dağılıma Uyduğu Durumda Ekk Ve Robust Lts Regresyon Tahmincilerinin Simulasyon Çalışması İle Karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10, 1, 263-279.
- Peng, Z., Dai, W. , Xu, J. (2010). Research on Trip-generation Forecasting Model based on neural networks and genetic algorithms. *Mechanic Automation and Control Engineering (MACE)*, 2010 International Conference on, IEEE.
- Plummer, A. V. (1997). "The Chicago Area Transportation Study Creating The First Plan (1955-1962)." from [http://www.surveyarchive.org/Chicago/cats\\_1954-62.pdf](http://www.surveyarchive.org/Chicago/cats_1954-62.pdf).
- Polat, E., 2009, Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu, thesis, Hacettepe Üniversitesi, İstatistik Anabilim Dalı,p.
- Polat, E., 2014, Sağlam Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu.
- Prasad, P. ,Maitra, B., 2019, Identifying areas of interventions for improvement of shared modes for school trips, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, 122-135.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Qiu, Z., Zhou, B. , Yuan, J., 2017, Protein–protein interaction site predictions with minimum covariance determinant and Mahalanobis distance, *Journal of theoretical biology*, 433, 57-63.
- Ratrou, N. T. ,Reza, I., 2014, Comparison of optimal signal plans by Synchro & TRANSYT-7F using PARAMICS–A case study, *Procedia Computer Science*, 32, 372-379.
- Rousseeuw, P. ,Leroy, A., 1987, *Robust regression and outlier detection*. John Wiley & Sons, New York, *Robust regression and outlier detection*. John Wiley & Sons, New York., -.
- Rousseeuw, P. J. ,Driessen, K. V., 1999, A fast algorithm for the minimum covariance determinant estimator, *Technometrics*, 41, 3, 212-223.
- Ruiter, E. R., 1967, Toward a better understanding of the intervening opportunities model, *Transportation Research*, 1, 1, 47-56.
- Salehi, M., Jalalian, M. , Vali Siar, M. M., 2017, Green transportation scheduling with speed control: trade-off between total transportation cost and carbon emission, *Computers & Industrial Engineering*, 113, 392-404.
- Sankuri, U., 2003, *Improvements in Small To Medium Sized Community Trip Generation*, Master of Science, thesis, The University of Alabama in Huntsville, The Department of Civil and Environmental Engineering,p.
- Schneider, M., 1959, Gravity models and trip distribution theory, *Papers in Regional Science*, 5, 1, 51-56.
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., Tal, A.-G. , Shemuel, B., 1995, The location of a hospital in a rural region: The case of the Negev, *Location Science*, 3, 4, 255-266.
- Sossiau, A. B., Hassam, A. B., Carter, M. M. , Wickstrom, G. V. (1978). *Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques And Transferable Parameters. User's Guide*.
- Stopher, P. R. ,McDonald, K., 1983, Trip generation by cross-classification: an alternative methodology, *Transportation Research Record*, 944, 84-91.
- Stouffer, S. A., 1940, Intervening opportunities: a theory relating mobility and distance, *American sociological review*, 5, 6, 845-867.
- Strunk, B. C., Ginsburg, P. B. , Banker, M. I., 2006, The effect of population aging on future hospital demand, *Health Affairs*, 25, 3, w141-w149.
- Sun, L. ,Yin, Y., 2017, Discovering themes and trends in transportation research using topic modeling, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 77, 49-66.
- Şamkar, H., Alpu, Ö. , Altan, E., 2011, Ridge Regresyonda M Tahmin Edicilerinin Kullanımı Üzerine Bir Uygulama.
- Tarı, R., 2010, *Ekonometri, Genişletilmiş 6. Baskı*, Umuttepe Kitabevi, Kocaeli.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taşkaya, S. ,Demirkıran, M., 2016, Enflasyon, gelir ve sağlık harcaması arasındaki nedensellik ilişkisi, TAF Preventive Medicine Bulletin, 15, 2.
- TCMB. (2019). "Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası." Retrieved 20.01, 2019, from [http://www3.tcmb.gov.tr/enflasyonecalc/enflasyon\\_anayeni.php](http://www3.tcmb.gov.tr/enflasyonecalc/enflasyon_anayeni.php).
- Teodorović, D. ,Janić, M., 2017, Transportation Engineering,Butterworth-Heinemann, 495-568 p.
- Topal, M., Eyduran, E., Yağanoğlu, A. M., Sönmez, A. , Keskin, S., 2010, Çoklu Doğrusal Bağlantı Durumunda Ridge ve Temel Bileşenler Regresyon Analiz Yöntemlerinin Kullanımı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41, 1, 53-57.
- Topuz, S., 2008, İstanbul İlindeki Toplu Taşıma Yolculuk Taleplerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Modellenmesi thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,p.
- Toy, A., 2014, Sağlam Regresyon Tahmin Edicilerinin İncelenmesi Ve Bir Uygulama, thesis, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,p.
- Turgut, K., 2010, Çok Değişkenli Veride Aykırı Değerlerin Tespiti İçin MVV Yöntemi Ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması thesis, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,p.
- TÜİK. (2019). "Türkiye İstatistik Kurumu."
- Türkiye Belediyeler Birliği, T. (2014). Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu. Ankara.
- Tüylüoğlu, Ş. ,Tekin, M., 2009, Gelir Düzeyi ve Sağlık Harcamalarının Beklenen Yaşam Süresi ve Bebek Ölüm Oranı Üzerindeki Etkileri, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13, 1.
- Ulaştırma Bakanlığı, T. (2008). Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik. Official Gazette.
- Üçkardeş, F., Şahinler, S. , Ercan, E., Aykırı Gözlemlerin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı İstatistikler, KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 13, 1, 42-45.
- Vupa, Ö. ,Alma, Ö., 2008, Doğrusal Regresyon çözümlemesinde Çoklu bağlantı probleminin sapan değer içeren küçük örneklerde incelenmesi, F. Derg,31, 97-107.
- Vural, A., 2007, Aykırı değerlerin regresyon modellerine etkileri ve sağlam kestiriciler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Walker, W. T. ,Peng, H., 1991, Long-range temporal stability of trip generation rates based on selected cross-classification models in the Delaware Valley Region, Transportation Research Record, 1305, 61-71.
- Wang, Y., Zhu, X., Li, L. , Wu, B., 2013, Integrated Multimodal Metropolitan Transportation Model, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 96, 2138-2146.



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Weiner, E. (1997). Urban transportation planning in the United States: an historical overview, United States. Dept. of Transportation. Research and Special Programs Administration.
- Wilson, A., 2013, Entropy in Urban and Regional Modelling (Routledge Revivals), Routledge, p.
- Yao, L., Guan, H. , Yan, H., 2008, Trip Generation Model Based on Destination Attractiveness, Tsinghua Science & Technology, 13, 5, 632-635.
- Yayla, N., 2011, Karayolu mühendisliği, Birsen Yayınevi, p.
- Yıldırım, N., 2010, En Küçük Kareler, Ridge Regresyon ve Robust Regresyon Yöntemlerinde Analiz Sonuçlarına Aykırı Değerlerin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 80 thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Adana,p.
- Yıldırım, V., 2012, Doğrusal Regresyon Modeli İçin M-Tahmincilerin İncelenmesi, thesis, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı,p.
- Yu, B., Zhang, J. , Li, X., 2017, Dynamic life course analysis on residential location choice, Transportation Research Part A: Policy and Practice, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.009>.
- Zipf, G. K., 1946, The P 1 P 2/D hypothesis: on the intercity movement of persons, American sociological review, 11, 6, 677-686.

## EK AÇIKLAMALAR

**Ek Açıklama-A:** TC Eskişehir Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü Bilimsel Araştırma İzni

**Ek Açıklama-B:** ESOGÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu İzni



## Ek Açıklama-A: TC Eskişehir Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü Bilimsel Araştırma İzni



TC Sağlık Bakanlığı

T.C  
ESKİŞEHİR VALİLİĞİ  
İl Sağlık Müdürlüğü

ESKİŞEHİR İL SAĞLIK MÜDÜRLÜĞÜ - ESKİŞEHİR İSM  
İDARİ HİZMETLER BİRİMİ  
11/07/2018 17:43 - 28345694 - 604.02 - E.128



00072821512

Sayı : 28345694-604.02  
Konu : Bilimsel Araştırma İzni/ Çağdaş  
KARA

### DAĞITIM YERLERİNE

**İlgi** : 28/05/2018 tarihli ve 22205031-799-234 sayılı yazı

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden Araştırma sahibi Araş. Gör. Çağdaş KARA'nın "Kent içi Ulaştırma Planlamasında Yolculuk Taleplerinin Modellenmesinde Yeni Yöntemlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi" konulu çalışması, Müdürlüğümüzün Bilimsel Araştırma Talepleri Değerlendirme Komisyonunda görüşülmüş olup, söz konusu bilimsel araştırmanın Eskişehir Devlet Hastanesi, Eskişehir Yunus Emre Devlet Hastanesi ve Eskişehir Özel Anadolu Hastanesinde yapılması uygun görülmüştür.

Bilgi ve Gereğini rica ederim.

e-İmzalıdır.  
Dr. Seydi Ahmet GÜLLÜ  
İl Sağlık Müdürü a.  
Personel ve Destek Hizmetleri  
Başkanı

### EKLER:

- 1- Komisyon Kararı
- 2- Protokol

### DAĞITIM:

Eskişehir Devlet Hastanesi  
Özel Anadolu Hastanesi  
Eskişehir Yunus Emre Devlet Hastanesi

Kırmızı Toprak Mahallesi Atatürk Caddesi No:59 (Yunus Emre Devlet Hastanesi İki Eylül Binası) 26000 Odunpazarı /Eskişehir  
Faks No:02223351540

e-Posta:Murat.Pekozcan@saqlik.gov.tr İnt.Adresi: Bilgi için: M.PEKÖZCAN Teli: 02223351510

Evrakın elektronik imzalı suretine <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinden ddaab3ddb-e705-4b8b-b857-anc5f82f250f kodu ile erişebilirsiniz.  
Bu belge 5070 sayılı elektronik imza kanuna göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Murat PEKÖZCAN

Unvan:Mühendis

Telefon No:

## Ek Açıklama-B: ESOGÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu İzni



T.C.  
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ  
Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurul  
HİZMETE ÖZEL



Sayı : 53893652-050.99-E.53150  
Konu : 2018-Karar.

17/05/2018

Sayın DR.ÖĞRETİM ÜYESİ ŞAFAK BİLGİÇ

Sorumlu Araştırmacısı olduğunuz "*Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Yolculuk Taleplerinin Modellenmesinde Yeni Yöntemlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi*" başlıklı çalışma hakkında alınan karar ilişikte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

Prof. Dr. Neşe ÖZTÜRK  
Etik Kurul Başkanı

BU BELGE ELEKTRONİK  
İMZA ASLI İLE AYNIDIR.

17.05.2018

Sibel AK  
Bilgisayar İşletmeni

S.A.

HİZMETE ÖZEL

Bu evrak 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na göre elektronik olarak imzalanmıştır. Evrak doğrulama adresi:  
<https://ebysnetm.ogu.edu.tr/Home/Dogrulama/5e1638ce-023e-4a38-b79d-7f62ff301325>

Adres	: Meselik Kampüsü PK:26480 Odunazari	Ayrıntılı Bilgi	: Münevver Sibel AK - Bilgisayar İşletmeni
Telefon	: 0222 2393750-5074	Faks	:
E-Posta	: atbcfak@ogu.edu.tr	Elektronik Ağ	: <a href="http://www.ogu.edu.tr">http://www.ogu.edu.tr</a>
		KEP Adresi	: esk.osmangaziunirek@bs01.kep.tr

T.C.  
**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU**  
**ESKİŞEHİR**

**Toplantı Tarihi : 17.05.2018**

**Toplantı No : 2018-04**

**GÜNDEM :**


**1. Başvuru Sahibi :** Dr. Öğretim Üyesi Şafak BİLGİÇ tarafından yürütülmekte olan BAP A2-565 kodlu “Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Yolculuk Taleplerinin Modellenmesinde Yeni Yöntemlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi” başlıklı Araştırma Projesi kapsamında uygulanacak olan anket ve içeriğinin, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’na etik açıdan uygunluğunun görüşülmesi.


**KARAR :**


1. Dr. Öğretim Üyesi Şafak BİLGİÇ tarafından yürütülmekte olan BAP A2-565 kodlu “Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Yolculuk Taleplerinin Modellenmesinde Yeni Yöntemlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi” başlıklı Araştırma Projesi kapsamında uygulanacak olan anket ve içeriğinin, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’na etik açıdan uygun olduğuna, oy birliğiyle karar verildi.


  
 Prof. Dr. Neşe ÖZTÜRK  
 Başkan

  
 Prof. Dr. Rafet ASLANTAŞ  
 Başkan Yardımcısı


  
 Prof. Dr. Sibel AKAR  
 Raportör

  
 Prof. Dr. Volkan KARABACAK  
 Üye

  
 Prof. Dr. Gökhan ÇINAR  
 Üye

  
 Prof. Dr. Zeki YILDIZ  
 Üye

Prof. Dr. Bülent SAKA  
 Üye (Katılmadı)

  
 Prof. Dr. Necmettin CANER  
 Yedek Üye

## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Muğla'da doğan Çağdaş Kara, ilk, orta ve lise öğrenimini Muğla'da tamamladı. 2009 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2009 yılından başlayarak, önce birer yıl süreyle Esgen Yapı Denetim Ltd. Şti.' ve Titiz Yapı Denetim Ltd. Şti.'de İnşaat Mühendisi yapı kontrol elemanı olarak çalıştı ve sonrasında 2011 yılında, lisans mezuniyetini aldığı bölümde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2012 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansını tamamladı ve 2012 yılında aynı enstitüde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Bilim Dalı'nda doktora programına kayıt oldu. Halen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarını devam ettirmektedir.