



**KENT İÇİ ULAŞIM PLANLAMASINA  
YENİ YAKLAŞIMLAR:  
ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ**

**Muhammed Ali ÇOLAK**

**Doktora Tezi**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Bilim Dalı**

**Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK**

**2019**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**KENT İÇİ ULAŞIM PLANLAMASINA YENİ YAKLAŞIMLAR:  
ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ**

**Muhammed Ali ÇOLAK**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Ulaştırma Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2019**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**KENT İÇİ ULAŞIM PLANLAMASINA YENİ YAKLAŞIMLAR:  
ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ**

Dr.Öğr.Üyesi Osman Ünsal BAYRAK danışmanlığında, Muhammed Ali ÇOLAK tarafından hazırlanan bu çalışma 27 /12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı – Ulaştırma Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oy birliği/oy çokluğu (5/5)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet TORTUM

İmza :

Üye : Doç. Dr. Kadri Vefa EZİRMİK

İmza :

Üye : Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halim Ferit BAYATA

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 16.../01.../2020 tarih ve 03.../...58..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Mehmet KARAKAN**  
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

## ÖZET

Doktora Tezi

### KENT İÇİ ULAŞIM PLANLAMASINA YENİ YAKLAŞIMLAR: ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ

Muhammed Ali ÇOLAK

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Ulaştırma Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK

Kentsel ulaşım planlaması, kentlerde mevcut ve gelecekte oluşacak yolculukları dikkate alarak, ulaşım sisteminin oluşturulması, geliştirilmesi ve sorunların giderilmesi için yapılan zamansal ve mekânsal çözümler bütünüdür. Aynı zamanda, ulaştırma için yapılacak olan yatırımların, düzenlemelerin ve bunların işletilmesi için öngörülen uzun vadeli planlamalardır. Aynı zamanda kentlerin sağlıklı gelişebilmesi ve sürdürülebilir bir çevre oluşturulabilmesi için üzerinde önemle durulması gereken bir olgudur.

Bu çalışmada, Erzincan ili örnek olarak alınmıştır. İlde oluşan tüm yolculuklar anketlerle belirlenerek mevcut ve gelecekte oluşacak yolculuklar dört farklı istatistiksel yöntemlerle (Lineer regresyon, Poisson regresyon, Negatif binomial regresyon ve Yapay sinir ağları) modellenerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ulaşım yatırımları, pahalı ve geri dönüşü zor olan yatırımlar olduğundan, istatistiksel modellerin kent içerisinde oluşacak trafiğe etkisini görebilmek için makro-simülasyon programı (VISUM) kullanılarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Modeller karşılaştırıldığına, hane halkı anketleri için yapılan modellemelerde, en anlamlı modelin yapay sinir ağları ile elde edildiği, yurt anketleri için ise en anlamlı modelin lineer regresyon olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, yapılan makro-simülasyon modellemelerinde, en az seyahat süresi üreten Poisson regresyon en uygun model olarak belirlenmiştir.

**2019, 183 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Ulaşım planlaması, regresyon modelleri, yapay sinir ağları, makro-simülasyon

## **ABSTRACT**

Ph.D. Thesis

### **NEW APPROACHES TO URBAN TRANSPORTATION PLANNING: ERZINCAN PROVINCE SAMPLE**

Muhammed Ali ÇOLAK

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering  
Department of Transportation

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Urban transportation planning indicates whole spatial and temporal solutions offered to create, develop and overcome the problems of transportation system regarding current and possible trips in urbans. Moreover, it includes long-term planning predicted for investments and regulations for transportation, and operations of these. It is also a phenomenon to be emphasized for creating a sustainable environment and providing urbans to develop.

In this study, the province of Erzincan was taken as the sample. All trips in the province were determined with questionnaires, and current and possible trips were compared with each other modelling with four different statistical methods (Linear regression, Poisson regression, Negative binomial regression and Artificial neural network). Because transportation investments were expensive and difficult for regression, comparisons were made using macro-simulation software (VISUM) in order to see the effect of statistical methods on traffic possible to appear in urbans. When the models were compared, it was determined that artificial neural network was the most significant model in modellings performed for household interview questionnaires, and linear regression was the most significant for domestic questionnaires. Furthermore, it was determined that Poisson regression was the most appropriate model due to producing the lest trip time among the macro-simulation modellings.

**2019, 183 pages**

**Keywords:** transportation planning, regression models, artificial neural network, macro-simulation

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her safhasında ilgi, teşvik ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle istatistiksel çalışmalar esnasında yardımları ve önerileri ile tezimin gelişmesine katkıda bulunan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halim Ferit BAYATA'ya,

Ayrıca tez izleme komitemde bulunarak, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a, Sayın Doç. Dr. K. Vefa EZİRMİK'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım aşamasında çok değerli mesaisini harcayan Sayın Öğr. Gör. Fatih İrfan BAŞ, Sayın Arş. Gör. Ömer Faruk KELEŞ'e ve Sayın Arş. Gör. Ahmet Oğuz DEMİRİZ'e teşekkür ederim.

Ayrıca doktora çalışmam boyunca gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı aileme teşekkürü bir borç bilirim.

**Muhammed Ali ÇOLAK**

**Aralık, 2019**

## İÇİNDEKİLER

|  |           |
|--|-----------|
| ÖZET.....  | i         |
| ABSTRACT .....                                       | ii        |
| TEŞEKKÜR.....  | iii       |
| SİMGELER DİZİNİ.....                                 | vi        |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                 | viii      |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                              | xi        |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1. Çalışmanın Amacı .....                          | 3         |
| <b>2. KURAMSAL TEMELLER.....</b>                     | <b>5</b>  |
| 2.1. Ulaşım Planlaması.....                          | 5         |
| 2.1.1. Yolculuk üretimi (Trip generation) .....      | 8         |
| 2.1.2. Yolculuk dağılımı (trip distribution) .....   | 10        |
| 2.1.3. Türel dağılım (modal split).....              | 12        |
| 2.1.4. Trafikğin atanması (traffic assignment) ..... | 13        |
| 2.1.5. Değerlendirme .....                           | 13        |
| 2.2. Kaynak Özetleri.....                            | 14        |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>                    | <b>29</b> |
| 3.1. Materyal.....                                   | 29        |
| 3.1.1. Çalışma alanı .....                           | 29        |
| 3.1.2. Araştırma yöntemleri.....                     | 29        |
| 3.2. Anket Formunun Hazırlanması .....               | 32        |
| 3.3. Yöntem .....                                    | 37        |
| 3.3.1. Çok değişkenli regresyon analizi .....        | 37        |
| 3.3.2. Poisson regresyon analizi (PR).....           | 41        |
| 3.3.3. Negatif binom regresyon (NBR) .....           | 44        |
| 3.3.4. Yapay sinir ağları .....                      | 57        |
| 3.3. Makro-Simülasyon Modellemesi (VISUM).....       | 62        |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>                   | <b>75</b> |
| 4.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....      | 75        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2. Hane Halkı Toplam Yolculuğunun İstatistiksel Modellemelerinin  |            |
| Karşılaştırılması Hane halkı modeller .....                         | 110        |
| 4.3. Yurt Anketlerinden Elde Edilen Toplam Yolculuğun İstatistiksel |            |
| Modellemelerinin Karşılaştırılması .....                            | 121        |
| 4.4. Makro-Simülasyon Sonuçları .....                               | 136        |
| 4.4.1. Talep modeli .....   | 139        |
| 4.4.2. LR modeline göre yapılan atama sonuçları .....               | 141        |
| 4.4.3. PR modeline göre yapılan atama sonuçları .....               | 145        |
| 4.4.4. NBR modeline göre yapılan atama sonuçları .....              | 150        |
| 4.4.5. YSA modeline göre yapılan atama sonuçları .....              | 155        |
| <b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>                                   | <b>161</b> |
| KAYNAKLAR .....   | 164        |
| EKLER .....   | 168        |
| EK 1 .....  | 168        |
| EK 2 .....  | 169        |
| EK 3 .....  | 171        |
| EK 4 .....  | 173        |
| EK 5 .....  | 174        |
| EK 6 .....  | 175        |
| EK 7 .....  | 176        |
| EK 8 .....  | 177        |
| EK 9 .....  | 178        |
| EK 10 .....   | 179        |
| EK 11 .....   | 180        |
| EK 12 .....   | 181        |
| EK 13 .....   | 182        |
| EK 14 .....   | 183        |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 184        |



## SİMGELER DİZİNİ

|                 |   |
|-----------------|---|
| AHKT            | Ağırlıklı Hata Kareler Toplamı  |
| ART             | Tek ve Çok Katmanlı Algılayıcılar                                       |
| ÇKA             | Çok Katmanlı Algılayıcı   |
| IWLS            | Iteratively Weighted Least Squares (Adımsal Ağırlıklı En Küçük Kareler) |
| JRR             | Jackknifed Ridge Regresyon  |
| LGNB            | Lognormal Gamma Mixed Negatif Binom Regresyon Modeli                    |
| LIU             | Lineer Birleştirilmiş Regresyon Tahmin Edici                            |
| LVQ             | Tek ve Çok Katmanlı Algılayıcılar                                       |
| MLE             | Maksimum Likelihood Estimator (En Çok Olabilirlik Tahmin Edici)         |
| MSE             | Mean Square Error (Hata Kareler Ortalaması)                             |
| NB <sub>1</sub> | Doğrusal Varyans Fonksiyonu ile Negatif Binom Dağılımı                  |
| NB <sub>2</sub> | Karesel Varyans Fonksiyonu ile Negatif Binom Dağılımı                   |
| NBHR            | Negatif Binom Hurdle Regresyon  |
| NBLR            | Negatif Binom Liu Regresyon   |
| NBR             | Negatif Binom Regresyon   |
| NBRR            | Negatif Binom Ridge Regresyon   |
| NBTP            | Negatif Binom İki Parametrelili Tahmin Edici                            |
| SOM             | Tek ve Çok Katmanlı Algılayıcılar                                       |
| WMSE            | Weighted Mean Square Error (Ağırlıklandırılmış Hata Kareler Ortalaması) |
| $\sigma_2$      | Varyans   |
| $G_2$           | Sapma istatistiği   |
| $L$             | Olabilirlik değeri  |
| $N$             | Kitle büyüklüğü   |
| $R^2$           | Belirleme katsayısı   |
| $W$             | Ağırlık matrisi   |
| $X$             | Bağımsız değişkenler kümesi   |

|               |  |
|---------------|--|
| $Y$           | Negatif değerli olmayan tamsayı değerli bağımlı (yanıt) değişken |
| $d_i$         | $i$ . gözleme ait sapma artığı                                   |
| $j$           | $\beta_j$ 'nin standart hatası                                   |
| $n$           | Örneklem büyüklüğü   |
| $p$           | Modelin parametre sayısı   |
| $q$           | Modeldeki açıklayıcı değişken sayısı                             |
| $z$           | $\beta$ 'nın bir fonksiyonu                                      |
| $\beta$       | Bilinmeyen parametre vektörü                                     |
| $\beta_0$     | Doğrusal regresyon modelindeki sabit parametre                   |
| $\beta_1$     | Doğrusal regresyon modelindeki eğim parametresi                  |
| $\beta_j$     | $\beta_j$ 'nin tahmin edici                                      |
| $\gamma$      | Öz Vektör  |
| $\varepsilon$ | Hata terimi  |
| $\eta$        | Doğrusal ön kestiricidir   |
| $\theta$      | Yayılm parametresi   |
| $\mu$         | Bağımlı değişken ortalama değeri                                 |
| $\hat{\mu}$   | $\mu$ 'nün tahmin edici  |
| $\omega_i$    | Özel tanımlı bir fonksiyon                                       |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1. Ulaştırma planlaması sürecinin genel yapısı .....                     | 7  |
| Şekil 2.2. Ulaştırma planlaması adımları .....                                   | 9  |
| Şekil 3.1. Seyahat dağılım modelleri .....                                       | 66 |
| Şekil 3.2. Başlangıç noktası-varış noktası yolculuk matrisi düzeni.....          | 67 |
| Şekil 3.3. Başlangıç noktası-varış noktası yolculuk matrisi düzeni.....          | 71 |
| Şekil 4.1. Örneklem kümelerinin cinsiyete göre dağılımları .....                 | 75 |
| Şekil 4.2. Örneklem kümelerinin yaş dağılımları .....                            | 76 |
| Şekil 4.3. Hane içi eğitim durumu .....  | 78 |
| Şekil 4.4. Hane içi demografik özellikler .....                                  | 79 |
| Şekil 4.5. Hane halkının çalışma/çalışmama durumu .....                          | 80 |
| Şekil 4.6. Hane halkının ehliyet sahipliği .....                                 | 81 |
| Şekil 4.7. Hane reisinin meslek dağılımı .....                                   | 82 |
| Şekil 4.8. Hane halkı araç sahipliği dağılımı .....                              | 83 |
| Şekil 4.9. Hane halkı araç otopark dağılımı.....                                 | 84 |
| Şekil 4.10. Hane halkının oturduğu konut cinsi.....                              | 85 |
| Şekil 4.11. Hane halkı konut mülkiyet durumu .....                               | 86 |
| Şekil 4.12. Hane halkı konut büyüklüğü.....                                      | 87 |
| Şekil 4.13. Hane halkının 2. konut sahipliği.....                                | 88 |
| Şekil 4.14. Hane halkı toplam gelir .....  | 89 |
| Şekil 4.15. Yayaların kullandığı ulaşım tür dağılımları.....                     | 90 |
| Şekil 4.16. Yayaların bisiklet sahipliği, bisiklet yolu, otomobil sahipliği..... | 91 |
| Şekil 4.17. Toplu taşıma memnuniyeti .....                                       | 92 |
| Şekil 4.18. Toplu taşıma değerlendirme .....                                     | 93 |
| Şekil 4.19. Toplu taşıma güven ve konfor .....                                   | 94 |
| Şekil 4.20. Yaya trafiği gerçekleştirme rahatlığı .....                          | 95 |
| Şekil 4.21. Yaya trafiğinde rahat yürüyememe .....                               | 96 |
| Şekil 4.22. Yaya yollarının yeterli olma durumu.....                             | 97 |
| Şekil 4.23. Yurt anketörlerinin eğitim durumu.....                               | 98 |
| Şekil 4.24. Yurt anketörlerine ait genel dağılımlar .....                        | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Şekil 4.25.</b> Yurt anketörlerine ait gelir durumu .....  | 100 |
| <b>Şekil 4.26.</b> Yurt anketörlerine ait harcamalar .....  | 102 |
| <b>Şekil 4.27.</b> Yurt anketörlerine ulaşım aracı .....  | 103 |
| <b>Şekil 4.28.</b> Yurt anketörlerinin toplu taşımayı değerlendirme dağılımı .....                            | 104 |
| <b>Şekil 4.29.</b> Yurt anketörlerinin toplu taşımayı değerlendirmesinde çok kötü/kötü olma sebebi.....       | 105 |
| <b>Şekil 4.30.</b> Yurt anketörlerinin toplu taşımaya duydukları güven.....                                   | 106 |
| <b>Şekil 4.31.</b> Yurt anketörlerinin toplu taşımaya duydukları konfor .....                                 | 107 |
| <b>Şekil 4.31.</b> Mahallere gelen toplam yolcu yoğunlukları .....  | 108 |
| <b>Şekil 4.32.</b> Mahallelerden giden toplam yolcu yoğunlukları.....   | 109 |
| <b>Şekil 4.32.</b> Toplam yolculuk-LR-NBREG-YSA-Poisson tahmin grafikleri .....                               | 112 |
| <b>Şekil 4.33.</b> Toplam yolculuk-Lineer Regresyon serpilme grafiği.....                                     | 112 |
| <b>Şekil 4.34.</b> Toplam yolculuk-YSA serpilme grafiği .....   | 113 |
| <b>Şekil 4.35.</b> Toplam yolculuk-PRu serpilme grafiği .....   | 113 |
| <b>Şekil 4.36.</b> Toplam yolculuk-negatif binomial regresyonu serpilme grafiği .....                         | 115 |
| <b>Şekil 4.37.</b> Toplam yolculuk-negatif binomial regresyonu ve lineer regresyon yüzeysel grafiği .....     | 116 |
| <b>Şekil 4.38.</b> Toplam yolculuk-PR ve YSA yüzeysel grafiği .....   | 117 |
| <b>Şekil 4.39.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR, PR, NBR ve YSA karşılaştırmaları ..... | 122 |
| <b>Şekil 4.40.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR ile tahmin grafiği .....                | 123 |
| <b>Şekil 4.41.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR ile tahmin grafiği .....               | 124 |
| <b>Şekil 4.42.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun PR ile tahmin grafiği .....                | 125 |
| <b>Şekil 4.43.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun YSA ile tahmin grafiği .....               | 126 |
| <b>Şekil 4.44.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun YSA-LR yüzeysel grafiği .....              | 128 |
| <b>Şekil 4.45.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun PR-YSA yüzeysel grafiği .....              | 129 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Şekil 4.46.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR-PR yüzeysel grafiği .....  | 130 |
| <b>Şekil 4.47.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR-YSA yüzeysel grafiği ..... | 131 |
| <b>Şekil 4.48.</b> Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR-PR yüzeysel grafiği .....   | 132 |
| <b>Şekil 4.49.</b> Erzincan ili merkez ilçe için zon durumu .....                                 | 137 |
| <b>Şekil 4.50.</b> Nüfuslara göre mahallelerin yerleşimi.....                                     | 138 |
| <b>Şekil 4.51.</b> Otobüs hatları zaman çizelgeleri .....   | 138 |
| <b>Şekil 4.52.</b> Erzincan ili merkez toplu taşıma hatları rotaları.....                         | 139 |
| <b>Şekil 4.53.</b> LR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri.....                               | 141 |
| <b>Şekil 4.54.</b> LR modeline göre otomobil hacimleri.....                                       | 142 |
| <b>Şekil 4.55.</b> LR modeline göre hizmet seviyeleri.....  | 145 |
| <b>Şekil 4.56.</b> PR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri.....                               | 146 |
| <b>Şekil 4.57.</b> PR modeline göre otomobil hacimleri .....                                      | 147 |
| <b>Şekil 4.58.</b> PR modeline göre hizmet seviyeleri .....                                       | 150 |
| <b>Şekil 4.59.</b> NBR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri .....                             | 151 |
| <b>Şekil 4.60.</b> NBR modeline göre otomobil hacimleri .....                                     | 151 |
| <b>Şekil 4.61.</b> NBR modeline göre hizmet seviyeleri.....                                       | 154 |
| <b>Şekil 4.62.</b> YSA modeline göre toplu taşıma hat hacimleri.....                              | 155 |
| <b>Şekil 4.63.</b> YSA modeline göre otomobil hacimleri.....                                      | 156 |
| <b>Şekil 4.64.</b> YSA modeline göre hizmet seviyeleri.....                                       | 159 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Çizelge 3.1. Çekim modeli tahmini için maliyet matrisi ve seyahat toplamları .....                          | 73 |
| Çizelge 3.2. Direnim matrisi .....  | 73 |
| Çizelge 3.3. Birinci iterasyon.....   | 74 |
| Çizelge 3.4. Sekizinci iterasyon.....   | 74 |
| Çizelge 4.1. Çalışma alanı popülasyonu dağılımı.....  | 75 |
| Çizelge 4.2. Hane halkı, yolcu ve yayaların yaş dağılımı.....   | 76 |
| Çizelge 4.3. Hane halkı, yolcu ve yayaların yaptığı günlük yolculuk dağılımı.....                           | 77 |
| Çizelge 4.4. Hane halkının eğitim durumu .....  | 78 |
| Çizelge 4.5. Hane halkının demografik özellikleri .....   | 79 |
| Çizelge 4.6. Hane halkının çalışma/çalışmama durumu .....   | 80 |
| Çizelge 4.7. Hane halkının ehliyet olma durumu .....  | 81 |
| Çizelge 4.8. Hane reisinin mesleği .....  | 81 |
| Çizelge 4.9. Hane halkı araç sahipliği .....  | 82 |
| Çizelge 4.10. Hane halkı araç sahipliği .....   | 83 |
| Çizelge 4.11. Hane halkı konut cinsi .....  | 84 |
| Çizelge 4.12. Hane halkı konut mülkiyet durumu .....  | 85 |
| Çizelge 4.13. Hane halkı konut büyüklüğü.....   | 86 |
| Çizelge 4.14. Hane halkının 2. konut sahipliği.....   | 87 |
| Çizelge 4.15. Hane halkı toplam gelir .....   | 88 |
| Çizelge 4.16. Yayaların kullandıkları ulaşım aracı.....   | 90 |
| Çizelge 4.17. Yayaların bisiklet sahipliği, bisiklet yolu kullanımı, otomobil<br>sahipliği .....            | 91 |
| Çizelge 4.18. Yayaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesi .....  | 92 |
| Çizelge 4.19. Yayaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesinde kötü veya çok<br>kötü olmasının sebebi..... | 93 |
| Çizelge 4.20. Yayaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesinde güven ve konfor .....                       | 94 |
| Çizelge 4.21. Yaya Trafikini gerçekleştirme rahatlığı.....  | 94 |
| Çizelge 4.22. Yaya trafikini gerçekleştirmede güven olmaması durumu .....                                   | 95 |
| Çizelge 4.23. Yaya Yollarının yeterli olması durumu .....   | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Çizelge 4.24.</b> Yolcuların eğitim durumu .....                                    | 97  |
| <b>Çizelge 4.25.</b> Yurt anketörlerine ait özellikler .....                           | 98  |
| <b>Çizelge 4.26.</b> Yurt anketörlerinin geliri .....                                  | 100 |
| <b>Çizelge 4.27.</b> Yurt anketörlerinin harcaması .....                               | 101 |
| <b>Çizelge 4.28.</b> Yurt anketörlerine kullandıkları ulaşım aracı .....               | 102 |
| <b>Çizelge 4.29.</b> Yurt anketörlerine toplu taşımayı değerlendirmesi .....           | 103 |
| <b>Çizelge 4.30.</b> Değerlendirme çok kötü veya kötü ise sebebi .....                 | 104 |
| <b>Çizelge 4.31.</b> Yurt anketörlerinin toplu taşıma hizmetine duydukları güven ..... | 105 |
| <b>Çizelge 4.32.</b> Yolcuların toplu taşıma hizmetine duydukları konfor .....         | 106 |
| <b>Çizelge 4.33.</b> Hane halkı modellerinin karşılaştırması .....                     | 117 |
| <b>Çizelge 4.34.</b> LR parametre çıktıları .....                                      | 118 |
| <b>Çizelge 4.35.</b> PR parametre çıktıları .....                                      | 119 |
| <b>Çizelge 4.36.</b> NBR parametre çıktıları .....                                     | 120 |
| <b>Çizelge 4.37.</b> YSA parametre çıktıları .....                                     | 121 |
| <b>Çizelge 4.38.</b> LR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri .....     | 132 |
| <b>Çizelge 4.39.</b> LR parametre çıktıları .....                                      | 133 |
| <b>Çizelge 4.40.</b> PR parametre çıktıları .....                                      | 134 |
| <b>Çizelge 4.41.</b> NBR parametre çıktıları .....                                     | 135 |
| <b>Çizelge 4.42.</b> YSA parametre çıktıları .....                                     | 135 |
| <b>Çizelge 4.43.</b> LR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri .....     | 143 |
| <b>Çizelge 4.44.</b> LR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri .....       | 144 |
| <b>Çizelge 4.45.</b> PR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri .....     | 148 |
| <b>Çizelge 4.46.</b> PR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri .....       | 149 |
| <b>Çizelge 4.47.</b> PR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri .....     | 152 |
| <b>Çizelge 4.48.</b> NBR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri .....      | 153 |
| <b>Çizelge 4.49.</b> YSA modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri .....    | 157 |
| <b>Çizelge 4.50.</b> YSA modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri .....      | 158 |
| <b>Çizelge 4.51.</b> Seyahat sürelerinin karşılaştırılması .....                       | 159 |

## 1. GİRİŞ

Ulaşım insanların veya eşyaların kendileri için faydalı olduğu bir amaca yönelik yer değiştirmeleri olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım genişletilecek olursa, birincil olarak insanların hareketliliği, ikincil olarak ise eşyaların taşımacılığı şeklinde söylenebilir. Ulaşımdan dolayı meydana gelen her türlü hareket “trafik” deyimiyile adlandırılmaktadır. Ulaşım ve Trafik; ihtiyaçtan kaynaklanan arzı ve bu arzı doğru bir taleple tanımlamaktır. Ülkemizde artan nüfus ve buna bağlı olarak artan araç sahipliliği, mevcut yolların yetersiz kalmasına neden olmaktadır. İnsanların, daha konforlu ve hızlı bir ulaşım sağlayabilmeleri için ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, günümüz ve gelecekte oluşması beklenen trafik artışlarının tahmin edilerek, planlamaların buna göre oluşturulması gerekmektedir. Ulaşım planlaması, karar vericilerin gelecekteki ulaşım sistemlerinin gelişmelerine ait kararları verebilmelerine yardımcı olacak bilgileri geliştiren bir süreç, aynı zamanda kentsel ulaşım altyapısında mevcut durumun analiz ve değerlendirmelerinin yapıldığı, gelecek zaman (hedef yıl ve/veya yıllar) için yatırımların, düzenlemelerin ve işletme yaklaşımlarının belirlendiği, öngörülerin elde edildiği sürdürülebilir planlama yaklaşımı için bir araç veya yöntem olarak tanımlanabilir (Türkiye Belediyeler Birliği-2014). Ulaşım Planlaması yapılırken ülke genelinde en büyükten en küçük yerleşim yerlerine kadar yani makro düzeyden mikro düzeye kadar birbirleriyle ilişkilendirerek yapılması gerekmektedir.

Motorlu araç sayısının artmasından dolayı trafik yoğunluğu olan caddeler ve kavşakları düzenlemek için 1920 ve 1930 yılları arasında ilk hane ve yol kenarı yaya anketleri yapılmış ve sonuç olarak yol genişletilmesi ve bazı yolların tek yön olması bu bilgiler doğrultusunda geliştirilmiştir. 1940’lı yılların başında, ulaşım planlamasının Amerika Birleşik Devletlerinde sadece tıkanıklık oluşan kavşaklar için üretilen mühendislik çözümleri olduğu düşünülüyordu. Ancak 1950’li yıllara gelindiğinde, sadece kavşak tasarımlarının yeterli olmadığı, artan nüfus ve araç sahipliliği ile birlikte kentsel ulaşım planındaki gelişmelerin de göz önüne alındığı sistematik bir çalışma olarak kabul edilmeye başlanmıştır. 1970’li yıllarda ise kentlerdeki ulaşım planlaması için teknik ve politik konuların da ele alan bir sürecin başladığı görülmüştür (Öcalp ve Öcalır 2008).



1990'lara gelindiğinde, ulaşım için sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmış, bu da insanların, eşyaların (malların) ve hizmetlerin etkili bir biçimde ulaşımını ve gelecekte daha az zarar verilmiş bir çevre ile kültürel mirasın bırakılması hedeflenmiştir. Ulaşım planlaması için ilk yapılan modellemeler sadece maliyet verimliliğini dikkate almış olsa da sonraki çalışmalar ekonomi, arazinin kullanımı ve ulaşım sistemlerinin yönetim şekli üzerine yoğunlaşmıştır (Kılıçaslan 2012). Ulaşım planlamasında geçici çözümlü ve yüksek maliyetli tasarımlar yerine, gelecek planlaması da yaparak, ileride oluşabilecek olumsuzlukların tahmin edilmiş bir biçimde çözülmesi, hem ekonomik hem de uzun vadeli bir hizmet sağlaması bakımından önemlidir.

Ulaşım planlaması:

- Yolculuk üretimi (trip generation)
- Yolculuk dağılımı (trip distribution)
- Türel ayırım (modal split)
- Trafiğin atanması (trip assignment)

olarak dört aşamadan oluşmaktadır

Ulaşım planlamasının ilk aşaması olan yolculuk üretimi, yapılan hane halkı, yaya, yolcu ve buna benzer anketlerden elde edilen veriler yardımıyla, yapılan yolculukların sayısının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle yolculuk üretimi yapılırken gelecekteki yolculuk atamalarının doğru bir şekilde yapılabilmesi için sağlıklı verilerin toplanması gerekmektedir. Yolculuk üretimi, ulaşım planlaması yapılacak olan bölgenin zonlara ayırarak hane halkı, demografik ve sosyo-ekonomik açıdan her bir zondaki tüm yolculukların sayısını tahmin eder.

Yolculuk dağılımı, daha önceden belirlenen ve anketlerden elde edilen veriler yardımıyla zonlar arasındaki yolculuk değişimini tanımlar. Yani, planlaması yapılan bölgedeki yolculukların zonlar arasında nereden nereye yapıldığını belirlemek için kullanılmaktadır.

Türel dağılım, planlaması yapılan bölgede kullanılan ulaşım türlerinden, yolcuların hangi ulaşım türlerini tercih ettiği ve gelecekte hangi ulaşım türleriyle seyahat edebileceğinin tahmin edilmesi aşamadır. İki farklı zon arasında yapılan yolculukların ulaşım türleri arasında hangi oranda olacağı, yolculuk maliyetinin ne olacağını ve her bir ulaşım türünün yolculuk sürelerinin ne kadar olacağını tahmin eder.

Trafik ataması ise yolculuk dağılımı aşaması sonucunda tahmin edilen tüm yolculukların oluşturduğu trafiğin mevcut yollara aktarılması aşamasıdır. Belirlenen zonlar arasındaki en ekonomik, en kısa ve en uygun güzergâh seçilir ve daha sonra trafiğin buradan ilerlemesi sağlanır.

Bu çalışmada, stratejik konumu, gelişmeye açık olması ve herhangi bir ulaşım planının yapılmamış olması bakımından Erzincan ili çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Öncelikle, hane halkı, yaya ve yolcu anketleri yapılarak yolculuk üretimi ve dağılımı için gerekli veriler elde edilmiştir. Bu veriler yardımıyla, yapay sinir ağları, PR, negatif binomial regresyon ve çoklu lineer regresyon istatistiksel yöntemlerle dört farklı model kurularak karşılaştırmaları yapılmıştır. Aynı zamanda, makro-simülasyon programlarından biri olan VISUM programı yardımıyla, yolculuk dağılımları analiz edilerek kurulan modellerle karşılaştırmaları yapılmıştır.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Ulaşım planlaması, kentsel alanlardaki ulaşım sistemlerinin gelecekteki değişimleri görebilmek için geliştirilen ve geliştirilmekte olan bir yöntemdir. Ulaşım ve trafik sorunları, ülkemizde çeşitli kuruluşlar tarafından parçacı bir yaklaşımla ele alınmakta ve beklenen sonuçlara varılamamaktadır. Dolayısıyla, daha kapsamlı ve ulaşım problemlerinin tümünü içeren araştırma çalışmalarının bir bütün olarak yapılması gerekmektedir. Ulaştırma planlamasının en önemli adımlarından biri, iyi ve sağlam tahminler gerektirmesidir. Yapılacak olan öngörüler, kentte gelecek yıllarda oluşması beklenen olası trafik değişimlerinin büyüklüğünü tanımlamaktır. Seyahat tahmini, ulaştırma sisteminin arz ve talep olmak üzere birbirleriyle ilişkili iki yönü ile çalışır.

Öngörme süreci, önerilen trafik ağı ve arazi kullanımı ile birlikte mevcut trafik akışı modellerinin tam olarak anlaşılmasıyla başlar. Bu bilgilere dayanarak, seyahatlerin başladığı ve bittiği (seyahat üretimi) bir etkinliğe günümüz ve gelecekteki seyahat sayısının (seyahat dağılımı), kişilerin hangi araçlarla seyahat ettiğinin (modal bölünme) ve üzerinde tahmin yapılan yolculukların hangi rotalarda yapılacağı (trafik ataması) konusunda tahminler yapılır. Yapılan tahminler yardımıyla, gelecekte oluşması beklenen trafikler de hesaplanarak, kentte ihtiyaç duyulan noktalara iyileştirmeler yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, örnek olarak seçilen Erzincan ili için, il merkezinde yaşayan halkın, günlük yolculuk miktarları, süreleri ve hangi ulaşım sistemini kullandıklarını hakkında bilgiler toplanarak, farklı istatistiksel yöntemlerle (PR, negatif binominal regresyon, lineer regresyon ve yapay sinir ağları) belirlenen seyahat üretim ve dağılım tahminlerini birbirleriyle karşılaştırmak ve elde edilen tahmin model sonuçlarının makro-simülasyon yardımıyla kent içine olan etkilerini belirlemektir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1. Ulaşım Planlaması**

Ulaşım planlamasında konforlu, güvenli, hızlı ve ekonomik hareketlilik için insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek ulaşım alt yapısının sağlanabilmesi amaçlanmaktadır. Bu alt yapı tasarımı yapılırken insanların davranışları, karakter yapıları gibi parametreler dikkate alınarak değerlendirilmeler yapılmaktadır.

Bir yerleşim yerinde yaşayan insanlar, ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla sürekli hareket halinde bulunmaktadır. Bu amaç için yaptıkları yer değiştirmelerin güvenli konforlu ve hızlı olmasını isterler. Ancak artan nüfus, gelişen teknoloji ve kullanılan araç sayısı her geçen gün arttığından ve özellikle ülkemizde kırsal kesimlerden kent merkezlerine olan göçlerin fazlaştığından dolayı, ulaşım sistemlerinin sürekli yenilenmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı, yerleşim yerlerindeki nüfus ve trafik artışları, sanayi ve yerleşim yerlerinin nerelerde gelişeceği, kentin nüfus artışından dolayı ne kadar ve hangi istikamette büyüyeceği ve bunun gibi trafiği ve ulaşımı etkileyecek etkenler araştırılarak, ulaşım tesislerinin dengeli, ekonomik ve birbirleriyle koordinasyonları sağlanmış bir şekilde ulaşım ana planlarının hazırlanması gerekmektedir.

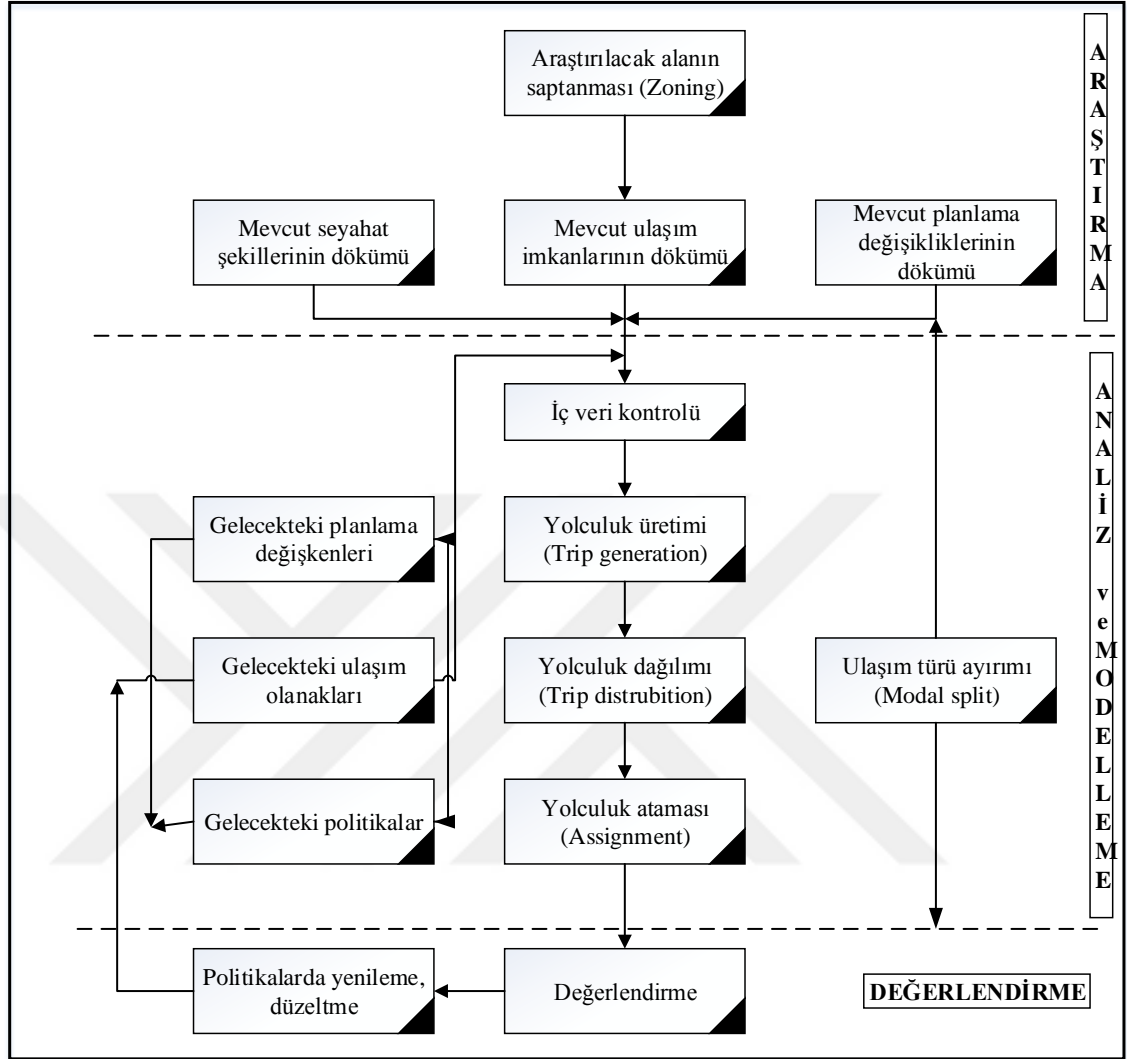
Ulaşım planlamasında, insanların ve eşyaların konforlu, hızlı ve ekonomik bir şekilde ulaşmasını sağlamak için, ulaşım ve arazi koşulları bir bütün olarak düşünülerek planlanması gerekmektedir (Gülgeç 1998). Ulaşım etütleri yapmak, planlama hazırlığı için çok önemlidir. Bu etütlerde, belirlenen bölgedeki insanların günlük yolculuklarının saat dilimleri bazında nereden nereye yaptıkları belirlenmektedir. Aynı zamanda, mevcut yolculukların gelecekte nasıl olacağı da tahmin edilerek bir alt yapı sistemi planı oluşturup ulaşım planlaması yapılmalıdır. Kısaca ulaşım planlaması nüfusa ve araç sahipliğine bağlı olarak gelecekte ulaşım sistemlerinin ve ulaşımın nasıl olması gerektiğini belirlemek için yapılmış olan planlardır.

Farklı ölçekler ve amaçları yansıtan ulaşım planlamasının birkaç özel türü vardır (Litman 2014). Bunlar;

Trafik etki çalışmaları, yerel ulaşım planları, bölgesel ulaşım planları, devlet, il ve ulusal ulaşım planları, stratejik ulaşım planları, eylem planları, koridor ulaşım planları ve özel ulaşım planlarıdır.

Ulaşım planlaması aşağıdaki adımları içermektedir (Litman 2014):

- Mevcut durumun gözlenmesi
- Gelecekteki nüfus artışını ve istihdam alanlarını tahmin etmek ve hangi bölgelerin büyüyeceğini belirlemek.
- Mevcut ulaşım sistemlerindeki problemleri araştırmak ve ne gibi eksikliklerinin olduğunu belirleyip gelecekte bu eksiklikleri de dikkate alarak strateji geliştirmek.
- Strateji ve projelerin gelişimine yönelik tanı ve değerlendirme yapmak.
- Eylemsel strateji ve yapılacak özel sermaye projelerini belirleyerek uzun ve kısa vadeli program geliştirmek
- Tüm projelerin uygulanabilmesi için gerekli finansal planlamayı geliştirmek.



**Şekil 2.1.** Ulaştırma planlaması sürecinin genel yapısı (Lane *et al.* 1971; Gülgeç 1998)

Ulaştırma planlarının yapılabilmesi için öncelikle planın amacı ve doğru verilerin toplanabilmesi gerekmektedir. Gelecekteki ulaşım ve ulaşım sistemlerinin tahminini yapmak için; öncelikle mevcut şartlardaki, analiz ve model kurulma etaplarının, seyahat davranışlarını etkileyen tüm faktörlerin mümkün olduğu kadar geniş bir biçimde toplanmış olması gerekmektedir. Araştırma ve veri toplama sırasında, planlama yapılan bölge ve ulaşım planlaması bir bütün gibi düşünülür. Özellikle, veriler toplanırken nüfus yoğunluğunun olduğu yerler, sanayi ve iş yoğunluğunun yani çalışan yoğunluğun fazla olduğu yerler, gelir dağılımının nasıl olduğu araştırmaları hatasız bulunmaya çalışılmalıdır. Ayrıca yatırım yapılacak bölgeler ve imar yönetmeliklerine göre yeşil

alan yani peyzaj alanlarının da belirlenmesi gerekmektedir. En önemli planlama verisi olan nüfus tahmini için; bölge plânlama ile ilgili genel tahmin trendleri, her kentsel alanda, planlamanın belirleneceği oranlarda olmayabilir. Bu tür nüfus tahminleri veya doğum - ölüm ve göç oranları, ancak tahmin olarak alınır. Zonlara bağlı nüfus dağılımı için, gelecekte belirlenen konut yerleri ve sayısının buna bağlı olarak nüfus yoğunluğunun bilinmesi gerekir. Gelecekteki seyahat dağılımını konutların yerlerinin yanında iş alanlarının da nereye yapılmasına bağlıdır. Aynı şekilde, gelecekteki seyahat dağılımını etkileyen diğer bir faktör de çalışanların sektörlere dağılımı ve iş alanlarının yeridir.

Gelir seviyesinin yolculuk üretimiyle doğru orantılı olması münasebetiyle, bireysel gelir seviyesinin bilinmesinin de önemi büyüktür. Özellikle, gelecekteki araç sahipliği oranı, ailedeki araç sayısı, beklenen ekonomik gelişmeye bağlıdır.

Ulaşım plânlamasının gelecekteki tahminler etabındaki diğer bir girdi de, gelecek için ulaşım sisteminin yani toplu taşıma sistemlerinin ne kadar gelişeceği ve bu gelişmeye bağlı olarak bireysel araç kullanım oranının ne kadar düşüreceğinin bilinmesidir.

Ulaşım Modellemeleri dört grupta açıklanabilir (Şekil 2.2).

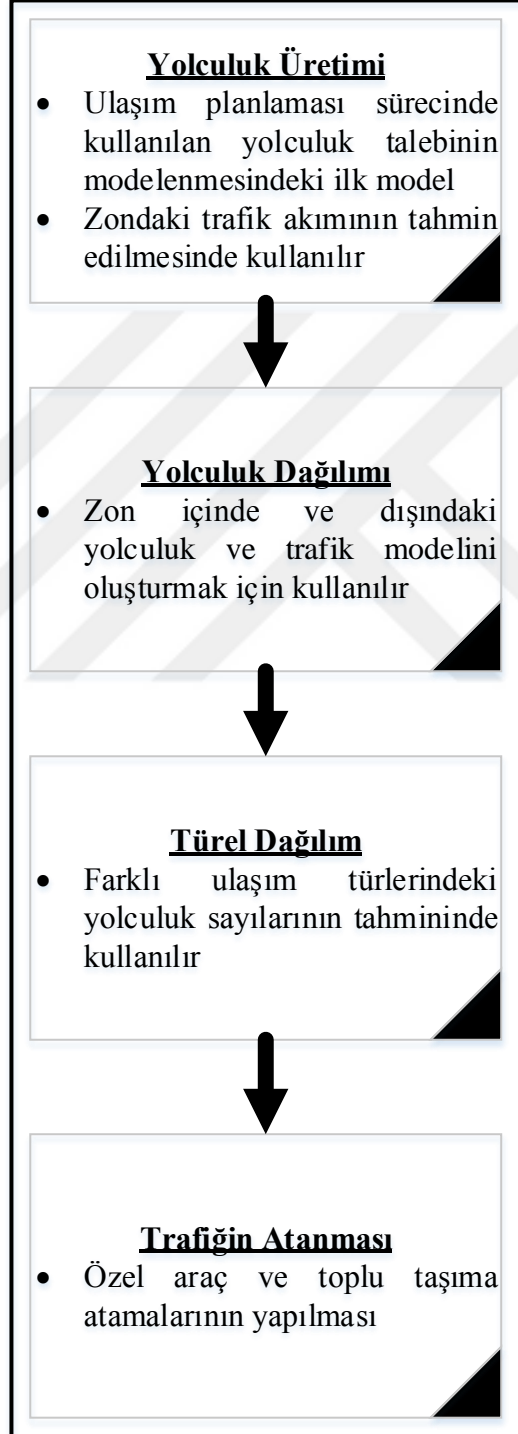
### **2.1.1. Yolculuk üretimi (Trip generation)**

Ulaştırma planlmasının ilk aşaması yolculuk üretimidir. Burada insanların belirli bir yerleşim yeri içerisindeki yer değiştirmeleri incelenir. Bir yerleşim yeri çeşitli zonlara ayrılarak insanların zonlar arasındaki yolculukların sayılarının toplamını ifade etmektedir.

Yolculuk üretimini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Nüfusun en çok yaşadığı yerler (konut alanları)

- İş yerleri (ticaret ve sanayi bölgeleri ve iş alanları)
- Üniversitenin olduğu bölge ve öğrenci sayısı



Şekil 2.2. Ulaştırma planlaması adımları



Sosyal ve ekonomik yönden bakıldığında ise;

- Ailenin nüfus sayısı
- Otomobil sahibi olup olmaması
- Gelir durumu
- Aile reisinin mesleği

Yolculuk üretimi en çok arazi kullanımıyla ilişkilendirilebilir. Çünkü gelir durumunun, bölgenin ortalama gelirin üzerinde bulunduğu zonlarda, araç sahipliliği oranı yüksek olacağından, üretilen özel araç trafiği de aynı doğrultuda yüksek olacaktır. Üniversite öğrencilerinin kaldığı yurt bölgelerinde, öğrencilerden kaynaklı bir trafik yoğunluğu oluşacaktır. Ticari bölgelerin yoğun olduğu bölgede ise çalışanlardan dolayı oluşacak yolculuk üretimi de fazla olacaktır. Bu bilgilere dayanarak, arazi kullanımı ile yolculuk üretimi arasında güçlü bir ilişkinin var olduğu görülmektedir.

Sosyo-ekonomik bakımdan yolculuk üretiminde hane halkının karakteristik özellikleri yatmaktadır. Hane halkının gelir durumu, hanede yaşayan kişi sayısı, hane büyüklüğü, hane reisinin mesleği, hanede okuyan öğrenci sayısı ve araç sahipliliği gibi değişkenler örnek verilebilir.

Ulaşım planlaması yapılacak bir bölge için yolculuk tahminlerinin belirlenmesinde birçok istatistiksel yöntem kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntemlerin başında regresyon yöntemleri gelmektedir.

### **2.1.2. Yolculuk dağılımı (trip distribution)**

Yolculuk dağılımı, seyahat üretim etabı ve gelecekte oluşabilecek seyahatler tahmin edildikten sonra bu seyahatlerin zonlar (bölgeler) arasındaki dağılımını ifade etmektedir. Araştırmanın yapıldığı mevcut zonlar arasındaki seyahatler, zonlar arasında paylaşım yapılarak her bir yolculuk için O-D (Başlangıç-Bitiş) matrisleri

oluşturulmaktadır. Yolculuk dağılımında, büyüme faktörü modeli ve sentetik model olmak üzere iki metot kullanılmaktadır.

Çok eski ulaşım modellerindeki seyahat dağılımında, basit olarak büyüme faktörü veya analogi (benzerlik) metotları kullanılmaktaydı. Bu tür modellerde, seyahat verilerinin girdi olarak alınmasına karşılık, seyahat isteğine etkili diğer unsurlar dikkate alınmamıştı. Daha sonra geliştirilen sentetik modellerdeki hesaplamalarda, mevcut seyahatler, iki zon arasındaki uzaklık ve zonların büyüklükleri fonksiyon olarak kullanılmıştır.

Büyütme faktörü modelleri:

- **Tekdüze faktör modeli:** Daha çok kısa vadeli çözüm için kullanıldığından daha az verilere uygulanmaktadır.
- **Ortalama faktör modeli:** Genel olarak tekdüze faktör modeline benzerlik gösterir. Aradaki fark ise sonuçların bu modelde daha iyi olmasıdır.
- **Detroit modeli:** Uygulama bakımından ortalama faktör modelinden daha kısa ve kolay bir yöntemdir.
- **Fratat Modeli:** Daha çok büyük ölçekli kentlerin modellenmesinde kullanılan bir yöntemdir.
- **Furness Modeli:** Fratar modeline çok benzemektedir ve en yaygın kullanılan yöntemdir.
- **Süre Fonksiyonlu Metot:** Temelini Furness modeli oluşturur ancak toplam yolculuk süresi ve zonlar arasındaki uzaklıklar da kullanılarak modellenme yapılmıştır (Gülgeç 1998).

Sentetik Modeller:

- **Gravite Modeli:** Büyük yerleşim yerlerinde kullanılan sentetik özellik gösteren bir modeldir.

- **Birbirine Etki Modeli:** Gravite modeline benzemektedir ancak zonlar arası uzaklığı sabit almayıp, yolun enine ve boyuna eğimi, kavşaklardaki kuyruk uzunlukları ve gecikmeler gibi parametreleri de dikkate alır. En çok tercih edilen modeldir.
- **Elektrostatik Model:** Basit bir modeldir çok tercih edilmez.
- **Çoklu regresyon Modeli:** Gravite model yöntemiyle benzer sonuçlar veren bu model nüfus, mesafe gibi bağımsız değişkenlerle modelleme yapar.
- **Yarışan Fırsatlar Metodu:** Uygulama olarak karmaşıklık ve zorlukları olan bu model genellikle yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarını tahmin eder (Gülgeç 1998).

### 2.1.3. Türel dağılım (modal split)

Türel dağılım, seyahat oluşumu ile güzergâh seçimi etapları arasında uygulanabilir. Bu aşamada, kentteki toplu taşıma sistemlerinin güzergâhları ve özel araç sahipliliği göz önüne alınarak, yolculuk tahmin aşamasında belirlenen yolculukların hangi oranlarda özel araç veya toplu taşıma sisteminde yapılacağı belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu dağılım, seyahat oluşumu etabında uygulandığında, güzergâh karakteristikleri dikkate alınmadığından tercih edilmemelidir.

Tamamlanmış bir ulaşım modelinde, çalışma alanı içinde elde edilen verilerin birbirleriyle uygunluğu kontrol edilmelidir. Bu işlem, çalışma alanında daha önce saptanmış perde hatlarını kesen yollarda gözlenen (%100 sayım sonucu bulunan) seyahat adetleri, sentetik modelin uygulanması sonucu bulunan hacimler ile karşılaştırılarak yapılır. Meydana gelen uyumsuzluklar, kullanılan ulaşım modelinin çeşitli etaplarında düzeltilir, işlemlerin tamamlanmasından sonra model, gelecekteki seyahat tahmininde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiş olur.

Türel dağılımı etkileyen faktörler şunlardır: (Yayla 1998)

- Yolculukla ilgili olan faktörler (Yolculuk süresi, mesafe ve amaç)
- Yolcu ile ilgili olan faktörler (Gelir durumu, özel araç sahipliliği)

- Taşıma türü ile ilgili olan faktörler (rölatif yolculuk süresi, maliyet ve hizmet düzeyi)
- Diğer faktörler (Park yeri, iklim şartları ve yolculuktaki aktarma sayıları)

#### 2.1.4. Trafiğin atanması (traffic assignment)

Gelecek için belirlenen yolculukların dağılımı tamamlandıktan sonra, tahmin edilen yolculukların oluşturacağı trafik mevcut ulaşım ağı sisteminde dağılmaktadır. Gelecekte tahmin edilen trafik atandıktan sonra mevcut yol ağındaki tıkanıklıkların nerelerde oluşacağı, yeni dizayn edilen bir yolun ileride ne şekilde tercih edileceği belirlenmektedir. Ulaşım ağına gelecekte oluşan trafiğin atanması aşağıda gösterilen şekillerde oluşur (Gülgeç 1998).

- **Sapma Eğrileri Yükleme Metodu:** Belirlenen alternatif güzergâh süre kazancı, yolculuk mesafesindeki kazanç, yolculuk süre oranı ve uzaklık oranı parametrelerine bağlı olarak ne kadar tercih edildiği grafiksel olarak belirlenir. Bu grafiksel eğriler sayesinde yapılan alternatif yolun sürücüler tarafından hangi oranda tercih edildiği değerlendirilir.
- **Hep veya hiç yükleme metodu:** Bu metotta trafik hacminin yani gecikmenin en az olduğu güzergâh tercih edilmesi esas alınır. Ancak seçilen bu güzergâh kavşaklardaki kuyruk uzunluğu gibi parametrelere bağlı olarak en kısa güzergâh olmayabilir.
- **Kapasite direnci yükleme metodu:** Bu modelde de en az süreli yolculuk güzergâhı seçilerek bu güzergâhtaki bağlantılara yükleme yapılmaktadır (Kılıçaslan 2012).

#### 2.1.5. Değerlendirme

Gelecekteki trafik tahmininin yapılmasından sonra, elde edilen sonuçlar gözden geçirilip değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme dört aşamada yapılabilir:

- **Sayısal değerlendirme:** Tahmin çalışması çıktılarının, hesaplama ve kodlama hataları gözden geçirilir.
- **Çevresel etkiler:** Modelin matematiksel olarak düzeltildiği kabul edildikten sonra, tahmin sonuçlarında belirlenen çevresel etki ve olumlu / olumsuz yanlar incelenir.
- **İşletme** (operational)
- **Ekonomik değerlendirme**

## 2.2. Kaynak Özetleri

Mishra, Tang *et al.* (2018) yaptıkları çalışmada, tahmin ve güvenilirliğini ulaştırma planlamasına dâhil etmek için bir yöntem önermişlerdir. NRIX'ten ampirik olarak gözlemlenen seyahat süresi verileri, başlangıç-varış (B-V) tabanlı güvenilirliği ölçmek için tanımlanan bir yöntemde kullanılır. B-V tabanlı güvenilirlik değerli bir kavramdır, çünkü çoğu seyahat modeline kolayca dahil edilebilir. Ölçülen güvenilirlik, belirli bir mod seçim problemi için güvenilirlik değerini bulmak ve seyahat süresi ile güvenilirlik arasındaki ilişkiyi kurmak için kullanılır. Bu ilişki gelecekteki senaryolarda güvenilirliği tahmin etmek için kullanışlıdır. Bulgular, bir durum çalışmasında ağı geliştirerek güvenilirlik tasarruflarının değerini bulmak için Maryland eyalet çapında ulaşım modeli ile birleştirilmiştir. Inter-County konektörü, güvenilirlik tasarruflarının önemini göstermek için örnek olay olarak kullanılır. Önerilen yaklaşım (1) planlama ajansları için seyahat süresi güvenilirliğini tahmin etmek için sistematik bir yaklaşım sağlamak, (2) ulaşım planlama modellerine seyahat süresi güvenilirliğini dâhil etmek ve (3) ulaşım ağı yatırımlarından elde edilen güvenilirlik iyileştirmelerini değerlendirmek için kullanılabilir.

Üçer, Özdemir vd. (2004) yaptıkları çalışmada, başlangıç varış çiftlerinin giriş-çıkış kesimlerindeki yıllık ortalama günlük trafik değerlerinden ve bölgenin farklı sosyo-ekonomik karakterleri ile bölgede üretilen seyahat sayımları arasındaki ilişkiden yararlanılarak seyahat üretimi matrisi belirlemişlerdir. Gelişen sosyo-ekonomik faktörlere göre güncelleme kolaylığı olması ve büyük ölçekli ulaşım planlamalarında

tercih edilmesi, uzun dönemli kullanımlar için uygun olması sebebiyle tercih edilen çift (üretim –çekim) kısıtlı çekim yöntemi ile seyahat dağılımı yapmışlardır.

Shirazi, Lord *et al.* (2006) yaptıkları çalışmada, yüksek çözünürlüklü verilerle kazaları öngörebilmek için derinlemesine bir öğrenme yaklaşımının uygulanabilirliğini doğrulamak istemişlerdir. Öncelikle, yüksek çözünürlüklü veri toplamanın çerçevesi belirlenmiştir. Daha sonra, trafik kazalarını tahmin etmek için evrişimli bir sinir ağının derinlemesine öğrenme yapısı benimsenmiştir. Önerilen yöntemi doğrulamak için deneysel bir çalışma yürütülmüş ve önerilen yöntem üç örneği olan, iki istatistiksel model (negatif binom modeli ve mekânsal poisson lognormal modeli) ve düşük-çözünürlüklü verileri kullanan (bölgelere dayalı toplanmış veriler) geleneksel makine öğrenmesi modeli (yapay sinir ağı) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, önerilen yüksek çözünürlüklü verilere sahip derin öğrenme yönteminin, trafik kazası tahmini için detaylı öğrenme ile derin öğrenme yaklaşımını kullanma kavramını doğrulayan düşük çözünürlüklü verileri kullanan üç geleneksel modelden önemli ölçüde daha yüksek tahmin doğruluğu sağlayabileceğini göstermiştir. Bu çalışmadan, trafik kazası tahmini için derin öğrenme yaklaşımının, ulaştırma güvenliği planlamasının gelecekteki yönleri hakkında yeni ve değerli bilgiler sağlayabileceğini beklemişlerdir.

Ben-Dor, Ben-Elia *et al.* (2018) yaptıkları çalışmada, Tahsisli Otobüs Yolları (TOY), özel araçlardan ;Toplu Taşımaya (TT) geçişi teşvik etme, seyahat sürelerini kısaltma ve kentsel trafik sıkışıklığını rahatlatmanın yanında otobüs hizmetlerinin performansını önemli ölçüde geliştirme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. TOY'ların şehir içi trafiğine etkisini değerlendiren, Sioux Falls şehrinin ulaşım ağına odaklanan ve her bir bağlantı için şeritlerden birini TOY'a dönüştürme ile TOY ekleme etkilerini karşılaştıran MATSim simülasyonlarını sunmuşlardır. TT tarafından sömürülmüş. TOY'lar, modal paylaşım için önemli değişikliklere neden olur ve TT kullanıcılarının seyahat süresini düşük seviyelerde korur. MATSim'in bireysel seyahat edenlerin değişen seyahat fırsatlarına adaptasyonunu sağlamadaki doğal yeteneği, TOY'ların trafik sıkışıklığı seviyesi yüksek ya da çok yüksek şehirlerde yüksek bir etkililik seviyesi gösterir ve bunların nitel etkilerini kantitatif olarak tahmin eder. Model,

tarihinde çoğu TT hattının trafiğın geri kalanıyla aynı yolu paylaştığı Tel-Aviv metropol bölgesinde TOY ağını kurmak için de uygulanacağını tespit etmişlerdir.

Pérez, Carrillo *et al.* (2015) yaptıkları çalışmada, kentsel yolcu taşımacılığı sistemleri için çok kriterli yaklaşımlar 1982 ve 2014 (Mayıs ayına kadar) arasında yayınlanan kentsel yolcu taşımacılığı sistemlerinin tasarımı ve işletimi için hazırlanan araştırma makalelerinin bir incelemesini sunmuşlardır. 30 yıldan uzun bir süredir yapılan analizlerden, mevcut makale, etkenlerin çokluğunu ve kendi karar kriterlerini ve çözümleme tekniğini dikkate almanın önemini vurgulamaktadır. Son olarak, gelecekteki araştırmalar için bazı öneriler belirlemişlerdir.

Hadayeghi, Shalaby *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada, coğrafi ağırlıklı poisson regresyon modelleme tekniğini kullanarak, bölgedeki trafik kazalarının sayısı ile potansiyel ulaştırma planları arasındaki mekânsal farklılıklar araştırılmıştır. Ayrıca, Coğrafi Ağırlıklı poisson regresyon modellerinin doğruluğunu genelleştirilmiş doğrusal modellerinkiyle karşılaştırarak bilgi biriktirilmiştir. Sonuçlar, Coğrafi Ağırlıklı poisson regresyon modellerinin mekânsal olarak bağımlı ilişkileri yakalamak için yararlı olduğunu ve genellikle geleneksel genelleştirilmiş doğrusal modellerden daha iyi performans gösterdiğini söylemişlerdir.

Yang, (2015) yaptığı çalışmada, farklı tahmin modellerine dayanarak, Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR), Doğrusal Olmayan Regresyon (DOR) ve Basit Doğrusal Regresyon (BDR) kullanılarak çeşitli Bölgesel Yük Taşımacılığı Talep Tahmin Modelleri (BYTYMler) oluşturmuştur. Uyum verimliliğine göre, simülasyon sonuçları, DOR'u temel alan BYTTM'nin, diğer regresyon modellerine kıyasla BYTT'yi tahmin etmede üstün performans sunduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, eğer BYTTM'lerin validasyon oranları göz önünde bulundurulursa, SLR bazlı model, diğer iki tahmin modelinden daha iyi performans gösterdiğini belirlemiştir.

Wanke, Barros *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada, kentsel ulaşım yöntemlerinin performansı, insanların hareketliliği için kritik bir konudur. Bu araştırma, 2009'dan 2012'ye kadar dünya genelinde 285 şehirde çeşitli ulaşım yöntemlerini analiz ederek verimlilik kapasitelerini azaltan verimlilik düzeylerini araştırmıştır. Buradaki düşünce, sadece her bir yöntemin içsel özellikleri açısından değil, aynı zamanda demografik bağlamda da farklı taşıma yöntemlerinin esnekliği ve talep şoklarını kavramaktır. İki aşamalı Tesadüfi Veri Zarflama Analizi (TVZA) ve Beta Regresyonu kombinasyonundan türetilmiş yeni bir yaklaşım, ağır metrodaki üretken durgunluk konsantrasyonunu ve orta ölçekli şehirler için spesifik çözümlerin gerekliliğini gösteren bulguları desteklemek için kullanılmışlardır.

Ghanim and Shaaban (2018) yaptıkları çalışmada, sağlam ve pratik bir yöntem geliştirmişlerdir. Dönme hareketi 691'li dört ayak üzerinde sayılıp ve doğru ve güvenilir bir dönme hareketi tahmin modeli geliştirmek için 156 üç-ayaklı sinyalizasyon kavşaklarında analiz etmişler, toplam 4.175 saat dönüş hareketi sayısı kullanılmışlardır. Yaklaşım hacimleri ve karşılık gelen dönüş hareketleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, geliştirilen ANN modelinin yüksek hareket hassasiyetinde dönüş hareketlerini tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Ma, He *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada, kentsel yeşil ulaşım planlamasının değerlendirilmesi için merkezi nokta üçgen beyazlatım ağırlık fonksiyonu ve entropi-AHP'ye dayanan yeni bir yöntem önermişlerdir. Hem gri değerlendirme yönteminin hem de entropi-AHP'nin avantajlarını birleştirir ve ilki merkezi bir model olarak kabul edilir. Kentsel yeşil ulaşım planlamasının kapsamlı bir değerlendirmesini elde etmek için, her bir değerlendirme endeksinin ağırlığının belirlenmesinde bir bileşik entropi-AHP modeli kullanılır, daha sonra her bir endeksin beyazlık kümeleme katsayısını ve tümleşik beyazlık kümeleme katsayısını hesaplamak için merkezi nokta üçgen beyazlık ağırlık fonksiyonunu kullanılır. Orijinal gri kümeleme değerlendirmesiyle karşılaştırıldığında, bu çalışmada yer alan yöntem, ağırlık yönteminin belirlenmesinde sadece geleneksel yöntemin özniteliğinin üstesinden gelmekle kalmaz, aynı zamanda



nitel ve nicel sistem analizi kombinasyonu nu kullanarak değerlendirmenin bilimsel seviyesini de arttırır. Son olarak, yöntemin etkinliğini doğrulamak için Çin'de Suzhou Endüstri Parkı yeşil ulaşım planlaması örnek olarak vermişlerdir.

Çodur, Tortum vd. (2013) yaptıkları çalışmada, 2005-2010 yılları arasında Erzurum Kuzey Çevre Yoluna ait veriler kullanılarak karayolu güvenliğinin sağlanmasında kazalara neden olan faktörlerin incelenmesi ve bu faktörlerin birbiriyle ilişkilerini içine alan Genelleştirilmiş Lineer Regresyon (GLR) tekniği ile kaza tahmin modelinin oluşturulmasını hedeflemişlerdir. Sonuç olarak kurulan model ve modele etki eden parametrelerin önem düzeylerini çalışma kapsamında sunmuşlardır.

Murat ve Başkan (2006) yaptıkları çalışmada, izole sinyalize kavşaklardaki ortalama gecikmeyi tahmin edebilmek için ileri beslemeli Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanmışlardır. Çalışma kapsamında, izole sinyalize kavşaklarda taşıtların gecikme süreleri gözlenmiş, etken parametreler belirlenmiş ve bu parametrelere bağlı olarak YSA ile ortalama taşıt gecikmelerini tahmin eden bir model geliştirilmiştir. Model için arazi çalışmaları yapılarak ilgili veriler toplanmıştır. Ölçülen veri gruplarının bir kısmı ağı eğitmek amacıyla, kalan diğer kısmı ise YSA modelini test etmek için kullanılmıştır. YSA model sonuçları ile gözlem gecikme değerleri karşılaştırılmış ve ortalama %12 düzeyinde hata değeri elde etmişlerdir.

Javani and Babazadeh (2019) yaptıkları çalışmada, etkin bir yol tabanlı algoritma ile birlikte analitik kapasite kısıtlı bir Dinamik Trafik Atama (DTA) modeli önermiştir. Bu model, Dinamik Trafik Talep Yönetimi (DTTY) stratejilerinin analizi için uygulanabilir, ancak belirli bir özellik stratejik ulaşım planlaması çerçevesinde gelişmiş gezgin bilgi sistemlerine (ATIS) ilişkin bir değerlendirmeyi mümkün kılmıştır. Her bağlantının sonsuz bir kapasiteye sahip olduğu ve bir yolla ulaştığı herhangi bir zaman aralığında tamamen geçildiği varsayılan eski bir DTA modelinin bir uzantısıdır. Bu nedenle, zaman aralıklarının uzunluğu bağlantı hareket zamanlarından daha uzun olmalı ve bu yüzden de bağlantı kapasitesi kısıtlamaları göz ardı edilmiştir. Bu kısıtlamaları aşmak için bu çalışma, temel modele yol-link kesir değişkenleri ekleyerek yolun uzun

bağlantılar üzerinde zaman aralıklarında yayılmasını sağlaması; (2) her bir bağlantının daha küçük parçalara (bölümlere) eşit şekilde bölünmesi, böylece her bölümün bir zaman aralığı içinde geçmesinin daha muhtemel olması; (3) her bağlantıya dinamik bir ceza işlevi uygulamak, böylece kapasite kısıtlamasının dâhil edilebilmesi olmak üzere üç önemli fikre dayanmıştır. Önerilen DTA algoritması, artırılmış modeli menşe-varış yeri (OD) çiftleri ve ayrılma zaman aralıkları açısından ayırtmış ve OD çiftleri arasında aktif yollar üretmek için dinamik bir sütun oluşturma tekniği kullanmıştır. Tek bağlantılı bir ağın en uygun çözümü, modelin bir bağlantı üzerindeki dinamik akış yayılımını makul bir doğrulukla yaklaştırabildiğini göstermiştir. Ayrıca, küçük bir test ağı için sonuçların araştırılması, algoritmanın geçici bağlantı akışlarını ve kuyruklama gecikmelerini hesaplamada çok iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Son olarak, gerçek hayat ağındaki sayısal deneyler, algoritmanın yeterince hızlı bir şekilde yakınsadığını ve her zaman aralığı için yol bilgisi sağladığını göstermiştir. Ağ, algoritmanın bir ATIS sistemini olduğu kadar dinamik bir TDM stratejisini de değerlendirme yeteneğini göstermek için de kullanmışlardır.

Sadek and Mark (2003) yaptıkları çalışmada, Yapay Sinir Ağlarının (YSA) ulaşım ağı büyüklüğü, eğitim verilerindeki değişkenlik ve YSA topolojisi olmak üzere, üç faktörün doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek için hesaplama deneyleri yapmışlardır. YSA'ların hem küçük hem de orta büyüklükteki ulaşım ağları için ve eğitim verilerindeki değişkenlik dereceleri için bağlantı hacimleri ile bölgesel gezi uçları arasındaki ilişkiyi yakalayabildiği gösterilmiştir. Bir veya iki gizli katmana sahip modüler YSA'lar, diğer YSA topolojilerinden daha iyi performans göstermiştir.

Yi, Wang *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada, kamyon taşımacılığı maliyetlerinin ve stok tutma maliyetlerinin toplamını en aza indirmek için prefabrik ürünlerin taşımacılık planlamasını optimize etmek üzere matematiksel bir programlama modeli önermiştir. Kapsamlı sayısal deneyler, modelin ürettiği optimal ulaşım planının doğrusal bir yaklaşımla elde edilen planı, % 10 maliyet tasarrufu ile geride bıraktığını ve bunun da inşaat endüstrisi için modelin etkinliğini göstermişlerdir.

Gökaşar ve Dündar (2015) yaptıkları çalışmada, sürücüsüz araçların trafik ağı üzerindeki etkisi, trafik talebinin ve sürücüsüz araçların yüzdelerinin farklı olduğu, 15 farklı senaryoda incelenmiştir. İstanbul'daki Turgut Özal Caddesi bu senaryoların uygulandığı yer olarak seçilmiş ve bir ince boyut benzetim modeli oluşturulmuştur. Sonrasında trafik değişkenleri incelenerek, bu değişkenleri tahmin edecek bir yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model ortalama akım, hız ve ivme değerlerini, ortalama takip süresi, takip uzunluğu ve doluluğa göre daha iyi olduğunu tahmin etmişlerdir.

Ryu, Chen *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada, Gİ algoritması, iki yöntemli Elastik Talep Trafik Dengesi Problemi (EDTEP) olarak görülebilen birleşik modal paylaşım ve trafik tahsis (CMSTA) problemini çözmek için uyarlanmış. EDTEP'in aşırı talep formülasyonunu kullanarak, CMSTA problemi, değiştirilmiş bir Gİ algoritması ile yeniden formüle edilmiş ve çözülmüştür. Kanada'daki Winnipeg kentinde gerçek bir çift modlu ağa dayanan sayısal sonuçlar, CMSTA problemini çözmek için değiştirilmiş yol tabanlı Gİ algoritmasının etkinliğini ve sağlamlığını kanıtlamak için kullanılmıştır. Ek olarak, CMSTA problemi, geçiş yöntemi için iki tip empedans fonksiyonu ile ve modal ayrık fonksiyonu için farklı dağılım dereceleri ile araştırılmıştır. Hesaplamalı sonuçlar, modifiye edilmiş Gİ algoritmasının her iki transit empedans fonksiyonu için klasik Evan'ın algoritmasından daha iyi performans gösterdiğini göstermiş ve trafik tahsis problemini sabit taleple çözmek için orijinal Gİ algoritması kadar verimli olabildiğini belirlemişlerdir.

Kiyildi (2017) yaptığı çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılarak Türkiye için trafik kazası tahmin modelleri araştırılmıştır. Bu şekilde, meydana gelen kazalardan yararlanarak durumun ciddiyetini ortaya koymak ve alınacak önlemlere daha ciddi tedbirlerle odaklanmanın son derece önem arz ettiğini belirlemiştir.

Tortum, Yayla vd. (2009) yaptıkları çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve uyarlamalı sinirsel-bulanık çıkarım sistemi modelleri kullanılarak şehirlerarası yük taşımacılığı modellenmesi yöntem seçiminde yeni bir yaklaşım anlatılmışlardır. Yeni yaklaşım, yapay

sinir ağlarının öğrenme yeteneğini ve bulanık mantığın şeffaf doğasını birleştirmiştir. Farklı değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin araştırılmasında yaklaşımın oldukça uyumlu ve etkili olduğu bulunmuştur. Uyarlamalı sinirsel-bulanık çıkarım sistemi modeli, Türkiye, Almanya, Fransa ve Avusturya'daki yük taşımacılığı piyasasında yük akışları ve özellikleri hakkındaki bilgiler kullanılarak test edilmiştir. YSA'lar ve ANFIS modelleri, şehirlerarası yük taşımacılığı yöntem seçiminin doğrusal olmayan davranışını temsil etmede, klasik modellere kıyasla daha başarılı olduğunu belirlemişlerdir.

Celiński and Sierpiński (2013) yaptıkları çalışmada, yol kavşaklarındaki trafik işareti kontrol algoritmalarının mantığını ilave karar verme kriterleri ile genişletme kavramı üzerine bir tartışma sunmuştur. Çalışma, trafik organizasyonu ve yönetimi bağlamında, bir karayolu şebekesinin kullanımına yönelik arz ve talebin dengelenmesi sorununa dikkat çekmiştir. F. V. Webster'ın formülü, önerilen kontrol mantığının bir uygulamasının bir örneği olarak sunulmuştur. Taşımacılığın sürdürülebilir kalkınması konusundaki çağdaş politikaya paralel olarak, bu sorun modal bölünmeyi etkileme tartışması ile tamamlanmıştır. Bu nedenle, kavşaklardaki genişletilmiş trafik sinyali kontrolü mantığı, karayolu ağlarının mekânsal potansiyelini (kapasitelerini) ve modal bölünmelerini en iyi şekilde kullanmaları için önceden belirlemişlerdir.

Girginer ve Cankuş (2008) yaptıkları çalışmada, toplu taşıma araçlarından biri olan tramvaya yönelik yolcu memnuniyeti, Eskişehir tramvay sistemi (Estram) örneğinde, Binomial Lojistik Regresyon (BLR) analizi ile incelenmiştir. İki üniversiteye sahip olan Eskişehir'de öğrenci nüfusun fazla olması ve tramvay için önemli bir yolcu kitlesi olacakları düşüncesiyle çalışma, her iki üniversiteden basit tesadüfî örnekleme yoluyla seçilen 300 öğrenci üzerinde gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin memnuniyetleri ile ilgili binomial düzeyde, gizil bir değişken kullanılmıştır. Uygulanan Binomial Lojistik Regresyon Analizi sonucunda; öğrencilerin Estram'dan memnuniyetleri üzerinde modele alınan tüm bağımsız değişkenlerin negatif etkileri olduğunu belirlemişlerdir.

Yuehua, Yanyan *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada, ticari sahalardaki ulaşım yöntemi yapısının özelliklerine dayanarak, başlangıçta toplu taşıma model bölünmesini etkileyen faktörleri analiz etmişlerdir. Geri Yayılım (BP) sinir ağının güçlü doğrusal olmayan haritalama ve genelleme özelliklerinden yararlanarak, Pekin'deki ticari alanların araştırma verilerine dayanarak bir oranın gerekli olduğunu belirlemişlerdir.

Altun, Dündar *et al.* (2005) yaptıkları çalışmada, Yapay Sinir Ağlarının (YSA) ulaştırma mühendisliği alanında, özellikle de trafik akım kontrolü alanında yapılan çalışmaları özetlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada bu konuda son zamanlarda yapılan başarılı araştırma ve uygulamalar ayrıntılı bir şekilde gözden geçirilmiştir. Ulaştırma mühendisliği alanındaki çalışmalar; ulaşım planlaması, yol üstyapısının dizayn, bakım ve onarımı, ulaşım sistemlerinin işletilmesi, ulaşım parametrelerinin tahmini ve trafik mühendisliği uygulamaları olmak üzere 5 ana gruba ayrılmıştır. Trafik mühendisliği uygulamaları kapsamında sinyalizasyon olmayan ve dur işareti ile kontrol edilen eşdüze kavşaklarda taşıt geçiş aralığının belirlenmesi, Yıllık Ortalama Trafik (YOGT) tahmini, trafik kaza analizlerinin yapılması, otoyollarda trafik akım tahmini ve sınıflandırması, kısmi kapalı yollarda kapasite ve kuyruklanma hesabını çok geniş bir şekilde incelemişlerdir.

Bolakar, Tortum vd. (2014) yaptıkları çalışmada, 2012-2013 yılları arasında Erzurum ilinde meydana gelen trafik kazaları Yapay Sinir Ağları (YSA) ile modellemişlerdir. Trafik kazalarına etki eden faktörler; ilçe nüfusu, ilçe yüzölçümü, ilçedeki köy sayısı, kişi başına düşen milli gelir, kayıtlı taşıt sayısı, yol geometrisi, yol uzunlukları, yol genişlikleri, trafik kapasitesi, endüstri kuruluşlarının sayısı, kentleşme seviyesi, trafik hacimleri, kazazedenin eğitim seviyesi, kazazede cinsiyeti, kazazede yaşı, yol düzey durumu, kaza zamanı, mevsim ve kazaya karışan araç tipi olarak belirlenmiştir. YSA modeli ile çok değişkenli regresyon model sonuçları karşılaştırılmıştır. YSA modeli, çok değişkenli regresyon modeline göre trafik kazalarına etki eden faktörler ile trafik kaza sayısı arasındaki doğrusal olmayan davranışı temsil etmede daha başarılı olduğunu göstermişlerdir.

Shirazi, Lord *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada, kaza verilerini modellemek için Dirichlet işlemi (NB-DP) ile karakterize edilen rastgele dağıtılmış karışık etkilere sahip esnek bir NB genelleştirilmiş doğrusal modelin geliştirilmesini ve uygulanmasını belgelendirmek amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı iki veri seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yeni model, NB ile karşılaştırıldı ve yakın zamanda tanıtılan model, NB ve Lindley (NB-L) dağılımlarının karışımını temel almıştır. Genel olarak, bu araştırma NB-DP modelinin, veriler aşırı dağılmış ve ağır bir kuyruğa sahip olduktan sonra NB modelinden daha iyi bir performans sunduğunu göstermiştir. NB-DP, veri kümesi ağır bir kuyruğa sahipken NB-L'den daha iyi performans göstermiş, ancak daha küçük bir sıfır yüzdesi. Bununla birlikte, her iki model de, veri kümesi büyük miktarda sıfır içerdiğinde aynı şekilde performans göstermiştir. Daha fazla esnekliğe ek olarak NB-DP, güvenlik analistinin aykırı değerlerin tanımlanması ve dağılma kaynakları gibi verilerin özelliklerini daha iyi anlamasını sağlayan kümelenmiş bir yan ürün sağlamıştır.

Barbarosoğlu ve Arda (2004) yaptıkları çalışmada acil müdahale sırasında hayati önem taşıyan ilk yardım ürünlerinin felaketten etkilenen alanlara taşınmasını planlamak için iki aşamalı bir olasılıksal programlama modeli önerilmiştir. Bir kentsel ulaşım ağı üzerinden malzemenin akışını tanımlamak için çok-yöntemli bir ağ akış formülasyonu geliştirilmiştir. Herhangi bir felaketin zamanlamasını ve büyüklüğünü ve bunun kentsel sistem üzerindeki etkisini tahmin etmek zor olduğu için, kaynak seferberliği rastgele bir şekilde ele alınmakta ve kaynak gereksinimleri rastgele değişkenler olarak gösterilmiştir. Ayrıca, ulaşım sisteminin savunmasızlığından kaynaklanan belirsizlik rastgele yay kapasitelerine ve tedarik miktarlarına yol açmaktadır. Rassallık, kapasite, arz ve talep üçlüsü için sınırlı bir senaryo örneği ile temsil edilmiştir. İki aşama, cevabın ilerleyişi sırasındaki belirsizliği açıklayan bilgi asimetrisine göre tanımlanmıştır. Bu yaklaşım, gerçek verilerden üretilen sorunlu durumlarda kusursuz ve olasılıksal bilgilerin beklenen değerini ölçerek doğrulamıştır.

Hall and Tarko (2019) yaptıkları çalışmada olumsuz binom modellerinin düşük kaza sıklığına sahip kırsal yerel yollara uygunluğunu değerlendirmek ve modelin

performansını geçmişte önerilen olasılıksal gerileme (sıralı probit) ile karşılaştırmak için konuyu gözden geçirmişlerdir. Negatif binom modelinin, kırsal kesimdeki yerel kavşaklar için kazaları tahmin ettiği ve sipariş verilen probit modelinden elde edilen tahminlerle karşılaştırıldığı öngörülmüştür. İki şiddet içerikli sonuç, ölümcül / yaralanma (FI) ve yalnızca maddi hasar (PDO) kazaları arasındaki korelasyonu birleştirerek model verimliliğini artırmak için her iki modelin de iki değişkenli versiyonları uygulanmıştır. Tahmini modeller, sezgisel işaretleri olan birkaç önemli değişkenleri içermektedir. Bu sonuçlar, her iki modelin de yeterli olduğu iddiasını desteklemek için makalede tartışılmıştır. Ayrıca, tahmin edilen etkiler üzerine koşullandırılan model ile tahmin edilen ve gözlenen çarpmaların toplamları, sonuçlardaki sistematik önyargıları saptamak için karşılaştırılmıştır. Her iki model de benzer performans göstermesine rağmen belirgin bir önyargı tespit edilemese de, negatif binom model, iddia edilen probit modelden daha iyi hareket ediyor gibi görünmektedir ki bu da modelin analiz edilen durumda uygunluğunu gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar, Karayolu Güvenliği El Kitabı metodolojisinin, tek tek yüksek çarpışma yerlerinden birden fazla konumda bulunan güvenlik yetersizliğine sahip yol özelliklerine kaydırılan odağı olan düşük hacimli ilçe yollarına uygulanması olasılığını göstermişlerdir.

Yurii and Liudmila (2017) yaptıkları çalışmada, aracın arıza teşhis sistemine entegre edilmiş yapay sinir ağları (YSA) yardımıyla bir aracın tasarımının güvenliğini artırma yaklaşımını incelenmiştir. Bu sorunu çözmek, aracın arıza teşhis sisteminin çok sayıda durum içeren bir veri tabanına sahip olmasını gerektirecek ve böylece her bilgi parametresi, aracın bir duruma geçme olasılığı üzerindeki etkisi açısından değerlendirilebilecektir. YSA'lar hızlı bakım ve akım onarımları ve ayrıca aracın güvenli kullanımı için kendi kendine teşhis çıkış sinyallerinin değerlerini düzeltmeye yardımcı olacağını tespit etmişlerdir.

Laffitte, Wang *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada, Malezya'daki kırsal dağlık otoyollar boyunca meydana gelen çok-araçlı kazalar için, karayolu geometrik faktörleri, trafik özellikleri, gerçek zamanlı hava koşulları, kesitsel unsurlar, yol özellikleri dahil olmak

üzere ilgili bilgilerin toplanması için ikincil veri kaynaklarının kullanımına ek olarak derinlemesine bir alan araştırması yapılmıştır. Aşırı sıfırlardan kaynaklanan heterojenliği ele almak için, Rastgele Parametrelili Negatif Binom (RPNB), Rastgele Parametrelili Negatif Binom–Lindley (RPNB-L) ve Rastgele Parametrelili Negatif Binom-Genelleştirilmiş Üstel (RPNB-GE) dâhil olmak üzere üç sıfır modelleme tekniği kullanılmıştır. Sonuçlar, RPNB-L modelinin, tahmin yeteneği ve model uyumu açısından diğer iki modelden daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir. Kaza sırasındaki şiddetli yağışların ve dağlık otoyollar boyunca küçük kavşakların varlığının çoklu taşıt çarpma ihtimalini arttırdığı, dik bir eğim boyunca yatay eğrilerin varlığı, geçiş şeridinin ve yol açıklığının mevcudiyetinin arttığını bulmuşlardır.

Raihan, Alluri *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada, kentsel alanlarda farklı karayolu segmentleri ve kavşak tesisi tiplerinde bisiklet kazaları için Kaza Modifikasyon Faktörleri (KMF) geliştirmişlerdir. Çalışmada karayolunun ve trafik özelliklerinin, bisiklet altyapısının ve bisiklet kazaları üzerindeki bisiklet etkinliği verilerinin güvenlik etkilerini ölçmek için Florida bölgesine ait dört yıllık (2011-2014) kaza verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada ilgili regresyon modellerini geliştirmek için Sıfır Ağırlıklı Negatif Binom (SANB) dağılımına sahip Genelleştirilmiş Doğrusal Model (GDM) yaklaşımı kullanılarak bir kesit analizi yapılmıştır. Medyadaki şerit genişliği, hız sınırı ve çimenin bisiklet kazalarını azaltmada olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Aksine, bisiklet kaza ihtimalini arttırmada kaldırım ve kaldırım bariyerinin varlığı tespit edildi. Artan bisiklet aktivitesinin segmentlerdeki bisiklet kazası ihtimalini azalttığı tespit edilirken, artan bisiklet aktivitesi kavşaklarda daha yüksek bisiklet kazası olasılıklarına neden oldu. Otobüs duraklarının kavşaklardaki bisiklet kazalarını arttırdığı, buna karşın korumalı sinyal kontrolünün bisiklet güvenliği üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bulunmuştur. Bu araştırmanın, araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından nadiren kabul edilen bir konu olan çeşitli özelliklerin bisiklet güvenliğini nasıl etkilediğine dair daha fazla fikir verdiğini düşünmüşlerdir.

Akgüngör ve Doğan (2010) yaptıkları çalışmada, Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve genetik algoritma (GA) yöntemleri kullanılarak İzmir ili için trafik



kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir. Modeller geliştirilirken nüfus, araç sayısı ve kaza sayısı model parametreleri olarak kullanılmış ve bu parametrelere ait 1986-2005 yılları arasındaki verilerden faydalanılmıştır. Regresyon analizi kullanılarak geliştirilen kaza modellerinde Smeed ve Andreassen kaza model formları kullanılmıştır. YSA modelinde 2-5-1 ağ mimarisi en uygun mimari olarak belirlenmiş, ağların gizli katmanında sigmoid, çıkış katmanında da doğrusal fonksiyon kullanılmıştır. Ağın eğitiminde ise ileri beslemeli geri yayılım algoritmasından yararlanılmıştır. GA tekniği ile modeller oluşturulurken farklı formdaki modeller denenmiş ancak bu çalışma için en başarılı modelin üstel model olduğu görülmüştür. Geliştirilen bütün modellerin performansları Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve Ortalama Karese Hataların karekökü (OKHK) ölçütleri içinde değerlendirmişlerdir.

Dabiri ve Heaslip (2018) yaptıkları çalışmada, istatistiksel yöntemlerin yürüyüş, bisiklet, otobüs, araba ve tren olarak etiketlendiği yalnızca ham GPS yörüngelerine dayanan seyahat yöntemlerini tahmin etmek için ESA mimarisinden faydalanmıştır. Temel katkı, ESA'nın giriş katmanının düzenini, yalnızca ESA şemalarına uyarlanabilecek şekilde değil aynı zamanda hız, hızlanma, sarsıntı ve dayanma hızı gibi hareketli bir nesnenin temel hareket özelliklerini temsil eden şekilde tasarlamasıdır. Ayrıca, birkaç veri ön işleme adımında GPS günlüklerinin kalitesi iyileştirilmiştir. Temiz giriş katmanı kullanılarak, en iyi ESA mimarisini elde etmek için çeşitli ESA konfigürasyonları değerlendirilmiştir. En iyi ESA konfigürasyonunun bir araya getirilmesiyle en yüksek %84,8 seviyesi olarak elde etmişlerdir.

Ozgan (2008) yaptığı çalışmada, kazaya karışan araç tipleri ve kazaların oluş şekli ile kaza sonuçları arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Bu amaçla, D100/11 karayolunda 2000-2004 yılları arasında meydana gelen toplam 783 trafik kaza raporu incelenmiştir. Her bir kaza için araç tipleri, kazanın oluş şekli, ölü ve yaralı sayıları belirlenmiştir. Elde edilen veriler tablo haline getirilmiş ve SPSS programı kullanılarak çoklu lineer regresyon, korelasyon ve varyans analizleri yapılmıştır. Araç tiplerine bağlı olarak kaza sayısı, ölü sayısı ve yaralı sayılarının tahmin edilebilmesi için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Sonuç olarak, araç tipi ile ölümlü kazalar arasındaki ilişkide, 0,49 ilişki

düzeyiyle kamyonet birinci sırada ve 0,43 ile kamyon ikinci sırada yer alırken 0,21 ile otobüs son sırada yer almıştır. Araç tipi ile yaralanmalı kaza arasındaki ilişki de 0.90 ile otomobil ve 0,82 ile kamyonet ilk iki sırada yer alırken, 0,26 ile bisiklet son sırada yer almıştır. Kazaya neden olma açısından 0,92 ile otomobil ve 0,77 ile kamyonet ilk iki sırada yer alırken 0,23 ile bisiklet son sırada yer almıştır. Kazaların oluş şekli ile araç tipleri arasındaki ilişkide, 0,867 ile çarpışma şeklindeki kazalarla otomobil, 0,59 ile devrilme ve kamyon ilk iki sırada yer almıştır. Ölümlü ve yaralanmalı kazalarla çarpışma şeklinde olan kazalar arasındaki ilişki 0,915, duran cisme çarpma 0,743, devrilme 0,719, duran araca çarpma 0,679 ve yoldan çıkma 0,648 olarak belirlemiştir.

Malyskhina, Mannering *et al.* (2009) yaptıkları çalışmada, kaza sıklıklarını incelemek için iki durumlu Markov anahtarlama modelleri önerilmişlerdir. Bu modeller, gözlemlenmemiş iki karayolu güvenliği durumu olduğunu ve karayolu varlıklarının (karayolu parçaları) zaman içinde bu durumlar arasında geçiş yapabileceğini varsaymaktadır. Burada sunulan yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek için, Indiana eyaletler arası otoyol bölümlerinde beş yıllık kaza sıklıkları kullanılarak iki durumlu Markov anahtarlama negatif binom modelleri tahmin edilmiştir. Bayes çıkarım yöntemleri ve Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) simülasyonları model tahmini için kullanılmıştır. Tahmini Markov anahtarlama modelleri, standart (tek durumlu) negatif binom modeline göre daha üstün bir istatistiksel uyum sağlar. Daha sık görülen durumun daha güvenli olduğu ve daha iyi hava koşulları ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Abdella, Kim *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada, yol kazalarının istatistiksel modellenmesi, son on yılda araştırmacılar için son derece ilgi çekici olmuştur. Bu modeller, karayolu güvenliğinin iyileştirilmesi için fırsatların araştırılması için gereklidir. Motorlu taşıt kaza sıklığı (MVC-F) muhtemelen en önemli trafik kazası sayısıdır. Uygulamada, birçok farklı ayrık değişken gibi, bu sayı genellikle aşırı ya da yetersiz dağılıma ile teşhis edilir, yani varyans ortalamasının üzerinde veya altındadır. Geleneksel regresyon modelleri, özellikle Poisson dağılımına dayanan modeller, dağınık sayı verilerinin modellenmesinde yetersizdir. Aksine, Conway-Maxwell-

Poisson (COM-Poisson) dağılımının sayım verilerini geniş bir dağılım yelpazesıyla modellemede güçlü olduğu kanıtlanmıştır. Kaza veri modellemesinde, birçok durum, katkıda bulunan kaza faktörleri arasında eş-doğrusallığa yol açabilir. Bu durumda, COM-Poisson GLM'nin katsayılarının maksimum olasılık tahminleri, model belirleyicileri arasındaki beraberlik arttıkça giderek güvenilmez hale gelir. Bu makale bu konuyu ele almaktadır ve tahmin performansını geliştirmek için COM-Poisson GLM regresyonuyla birlikte kullanılmak üzere penalize bir olasılık şeması önermektedir. Daha iyi GLM regresyon çıktısı için, penalize COM-Poisson GLM regresyonunun K-kat çapraz doğrulama çerçevesi altında uygulanmasını önermekteyiz. Cezalandırılmış COM-Poisson GLM regresyonunun, Poisson ve klasik COM-Poisson GLM regresyonlarına kıyasla performansını gösteren gerçek bir kaza örneği sağlanmış olduğunu belirlemiştir.

Balsas (2003) yaptığı çalışmada, son on yılda, ABD'deki kampüs planlamacıları, farklı topluluklar olarak kampüs niteliklerini tahrip etmeden erişim ve hareketlilik sağlama mücadelesi vermektedirler. Asıl hedef üniversite kampüslerinin arabalardan diğer araçlara ve özellikle bisiklete binmeye ve yürümeye nasıl bir geçişin teşvik edilmesi gerektiğini yansıtmaktır. Burada, önceden seçilmiş sekiz bisiklet ve yaya dostu kampüste yapılan anket sonuçları rapor edilmiştir. Benim iddiam, proaktif eğitim ortamları nedeniyle, üniversite kampüslerinin sürdürülebilirliği iletmek ve toplumun ulaşım yöntemlerini yeniden şekillendirmek için ayrıcalıklı yerler olduklarını belirlemiştir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Çalışma alanı**

Bu tezde çalışma alanı olarak uluslararası geçiş güzergâhı üzerinde bulunan ve gelişmeye açık illerden birisi olan Erzincan ili seçilmiştir. Erzincan ilinin coğrafi konumu ve yeni yeni gelişmeye başlayan turizm sektörü (Kayak, Rafting, yamaç paraşütü vb.) gibi sebeplerden dolayı gerek kış aylarında gerekse yaz aylarında son yıllarda oldukça yerli ve yabancı turist sayısı artmış ve bu sebeplerden dolayı nüfus yoğunluğu yılın birçok ayında artış göstermiştir. Bu ilde yolculuk üretimi ve dağılımına olan etkilerini araştırabilmek için hane halkı, yolcu ve yaya olmak üzere üç farklı anket yaptırılmış ve bunlar ayrı ayrı geleneksel istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağları modellemeleri ile modellenmiştir. Daha sonra makrosimülasyon programlarından biri olan VISUM programı yardımıyla elde ettiğimiz modellemeler karayolu ve toplu taşıma atamaları yapılarak Erzincan ili yolculuk dağılımı belirlenmiştir. Toplu taşımaların etkileri, toplu taşıma duraklarının etki alanları zonlar arası özel araç ve toplu taşıma yolculuk dağılımları gibi birçok parametreler incelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

##### **3.1.2. Araştırma yöntemleri**

Örnekleme ve araştırma ile ilgili temel kavramlar;

**Sayım:** Sayım; bir gruptaki birimlerin tamamına ulaşım bilgi elde edilmesidir. Veri toplanacak bölgedeki bireylerin tamamına ulaşmak çoğu zaman mümkün değildir bundan dolayı örnekleme işlemine gidilir. Veri toplanacak bölgelerden sosyo-ekonomik, nüfus yoğunluğu, gelir vb. parametrelere dikkat edilerek homojen bir dağılımla örneklemeler tespit edilmelidir.

**Evren:** Araştırma bulgularının genellendiği ve içerisinde araştırma örnekleminin seçildiği büyük gruptur. Ortak özellikleri olan her türlü öge evren içerisinde değerlendirilebilir. Evren içinde örnekleme girme ihtimali olan her bir analiz birimine öge denir. Ögeler insan, grup, yazılı belgeler hatta bazen sosyal olgular da olabilir. Evren belirli bir sektörde faaliyet gösteren işletmeler, bir yaş grubundaki kişiler, üniversite öğrencileri, bir semtte ikamet eden kişiler, bir ürün tüketicileri gibi farklı özelliklerdeki birimlerden oluşabilir.

Araştırmacı grupları belirli açılardan sınırlayarak farklı büyüklükte evrenler oluşturulabilir. Örneğin toplu taşıma aracını kullanan tüm bireylerin sayısı bir evren oluşturacağı gibi, toplu taşıma aracını kullanan öğrencilerin sayısı şeklinde daraltılabilir. Veya bu toplu taşıma aracını kullananlar içerisinde 10-15 yaş arası çocuklar şeklinde bir evrende belirlenebilir.

Evren; genel olarak büyük evren ve araştırma evreni olmak üzere iki şekilde ele alınmaktadır. Genel evren tanımsal olarak kolay fakat ulaşılması güç ve çoğunlukla imkânsız olan bir evrendir. Örneğin kredi yurtlarda kalan tüm üniversite öğrencileri evren olarak tanımlayan bir araştırmacının tüm şehirlerdeki kredi yurtlar kurumunda kalan öğrencilere ulaşması çok zordur. Ancak araştırmacı evrenini sadece Erzincan ili için oluşturduğu takdirde ulaşılabilirliği ve genelleme yapılabilirliği daha kolay bir evren tanımlamış olacaktır. İşte ulaşılması daha kolay ve araştırmacının örneklemini seçeceği ögelerin bulunduğu evren çalışma evrenidir. İyi bir örneklem çerçevesi örnekleme işlemi sonucunda elde edilecek örneklemin temsil gücünü belirlemektedir.

**Örneklem:** belirli bir evrendeki birimler arasından sistematik bir şekilde seçilen ve evreni temsil ettiği kabul edilen daha küçük kümedir. Tanımdaki sistematik terimi, örneklemin belirlenmesinin kabul görmüş örnekleme tekniklerine göre yapılması gerektiğine işaret etmektedir. Araştırma evreninden örneklem seçim işlemine örnekleme denir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi örneklemin bir özelliği de seçildiği evreni temsil etme yeterliliğinin bulunmasıdır. Evrenin özelliğini taşımayan örneklem genelleme ve doğru tahmin yapılmasını engeller.

**Örneklem oranı:** örneklem büyüklüğünün araştırma evren büyüklüğüne bölünmesiyle elde edilen bir orandır. ( $n/N$ ). Örneğin Erzincan ilini örnek alacak olursak nüfusu yaklaşık 130.000 olan Erzincan evreninden seçilen 5000 kişinin örnekleme alındığı düşünülürse  $n/N = 5000/130000 = 0,038$ 'dir ve örneklem oranı %3,8'dir.

**Örneklem süreci:** Araştırma evreni nedir, örneklem çerçevesi listesinde kimler olacak, hangi örneklem tekniği kullanılacak. Tüm bu soruların cevabı örnekleme sürecinin adımlarına işaret etmektedir. Örnekleme süreci genellikle 4 adımdan oluşur;

- Araştırma evreninin tanımlanması
- Örneklem çevresinin belirlenmesi
- Örneklem büyüklüğünü tespit etmek
- Örneklem tekniğinin seçilmesi ve örnekleme

**Örnekleme evrenin tanımlanması:** Bir araştırmanın örneklemini tespit etme sürecinin ilk aşaması araştırma evreninin tanımlanmasıdır. Örneklem işlemine geçmeden önce araştırma evreni tanımlanmalı ya da sınırlanmalıdır. Tercih edilen araştırma evreni araştırmanın amacına uygun olmalıdır.

Örneklem çerçevesinin belirlenmesi: örneklem çerçevesi listelerine ulaşmak çok zor olmamakla birlikte araştırma evreninin tamamını içeren listeler bulmak her zaman kolay olmamaktadır. Örneğin bir yerleşim yerinde meydana gelen kent içi kazalarına dair araştırmanın örneklem çerçevesi için hangi listenin kullanılabileceğine bakıldığında, bu yerleşim yerinde meydana gelen kazaların yerleşim yerindeki farklı bölgelerdeki raporlar kullanılmalıdır. Yerleşim yerlerindeki trafik tescil müdürlüklerinden alınan sürücü belgesi kayıtları bir örneklem çerçeve listesini bize verebilir ancak araştırma evrenindeki tüm sürücü belgesi sahiplerinin arabası olma ihtimali düşüktür. Böyle bir örneklem çerçevesi seçildiğinde evrendeki öğelerin bir kısmının örnekleme girme şansları bulunmayacaktır.

**Örneklem büyüklüğünün tespit edilmesi:** örneklem çerçevesinin belirlenmesinden sonra araştırmacı ne kadar büyüklükte bir örnekleme büyüklüğüne ihtiyacı olduğunu tespit etmelidir. Bu işlem esnasında belirlenecek örneklem büyüklüğünün örnekleme temsil edecek büyüklükte olması araştırmacının zaman ve maliyet olanaklarına uygun olması ve ileride kullanacağı bazı istatistikî analizlerin gerektirdiği büyüklükte olması son derece önemlidir.

Örneklem büyüklüğü konusunda dikkate alınması gereken konulardan biriside analizde kullanılacak istatistikî analizlerin türüdür. Araştırmada çok değişkenli analizler (çoklu regresyon, faktör analizi vb.) yapılacak ise örneklem büyüklüğü bakımından bu analizlerin gerektirdiği özel koşullar dikkate alınmalıdır.

$$n = \frac{n_0}{1+n_0/N} \quad n_0 = t^2 \cdot s^2 / d^2$$

N: Evren büyüklüğü

n: Örneklem büyüklüğü

t: güven düzeyine karşılık gelen tablo z değeri (0,05 için 1,96, 0,01 için 2,58, 0,001 için 3,28)

s: Evren için tahmin edilen standart sapma

d: Kabul edilebilir sapma toleransı

### 3.2. Anket Formunun Hazırlanması

Hane halkı, yolcu ve yaya olmak üzere Üç farklı anket formu hazırlanmıştır. Bu anketler Erzincan ilinde bireylerle yüz yüze görüşülerek ana temeli 24 saat içinde yapılan yolculuklar ve yolculukların nasıl yapıldığı hakkında bilgi toplanması şeklinde olmuştur. Saha çalışması 2014 Haziran ayında başlanmış ve 2015 Ekim ayında bitirilmiştir. Özellikle yaya ve yolcu anketleri Erzincan ilinin yılın farklı zamanlarında çektiği yerli ve yabancı turist sayısının değişken olmasından ve Üniversite

öğrencilerinin oluşturduğu yolculuk ve trafik zamanlarının eğitim öğretim yapılan aylarda yoğun olmasından dolayı kademeli olarak yıl içerisine dağıtılmıştır.

Yapılan anketlerde hane halkı, yaya ve yolculara yapılan bağımlı ve bağımsız değişken sorularımız aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

### **Hane halkı anketi:**

- 1) Hanede yaşayan kişi sayısı
- 2) Hane reisine olan yakınlık dereceleri
  - 1. derece
  - 2. derece
  - 3. derece
  - 4. derece
- 3) Hanede yaşayan kişilerin yaşı
- 4) Hanede yaşayan kişilerin eğitim durumu
  - Okul öncesi
  - Anaokulu
  - Okur-yazar
  - İlköğretim
  - Ortaöğretim
  - Lise
  - Lisans
  - Lisansüstü
- 5) Hanede yaşayan kişilerin cinsiyeti
- 6) Hanede yaşayanların ehliyet sahipliliği



## 7) Hane reisinin mesleği

- Memur
- Vasıfsız işçi
- Vasıflı işçi
- Esnaf
- Serbest meslek
- Marjinal sektör

## 8) Hanedeki araç sahipliliği ve sayısı

## 9) Araç var ise nereye park ettiği

## 10) Konutun cinsi

## 11) Konutun mülkiyet durumu

## 12) Konutun metrekaresi

## 13) Başka konut sahibi olup olmadıkları

## 14) Ailenin toplam geliri

- 0-500 TL
- 501-2500 TL
- 2501-5000 TL
- 5001 ve üstü

## 15) Aile bireylerinin günlük yaptığı yolculuk sayısı ve güzergahları

**Yurt anketi:**

- 1) Anket yapılan kişinin yaşı?
- 2) Anket yapılan kişinin cinsiyeti?
- 3) Anket yapılan kişinin eğitim durumu?
- 4) Şu anda Erzincanda bir işte çalışıp çalışmadığı?

- 5) Şu an alıŐımayıp daha önce erzincanda bir işte çalışıp çalışmadığı?
- 6) zel araç sahipliliğı?
- 7) Başka bir motorlu taŐıtının olup olmadığı?
- 8) Geçerli bir ehliyet olup olmadığı?
- 9) Kaldığı yere dediğı aylık kira?
- 10) Ailesinin aylık geliri
- 11) Toplam aylık harcama
- 12) Okula gitmek için hangi ulaşım sisteminin kullanıldığı
- 13) Erzincandaki toplu taşıma hizmetinin nasıl değerlendirildiğı

- Çok kötü
- Kötü
- İdare eder
- İyi
- Çok iyi

- 14) Değerlendirmeniz kötü yada çok kötü ise sebebi?

- Duraklar arası mesafenin uzak olması
- Uygun güzergah olmaması
- Ücretlerin yüksek olması
- Gitmek istenilen yere bir yada daha fazla aktarma yapılması gerektiğı
- Toplu taşıma araçlarının çok kalabalık olması
- Sefer sayısının az olması
- diğer

- 15) Erzincandaki toplu taşıma sisteminin güvenli olup olmaması

- 16) Erzincandaki toplu taşıma sisteminin konforlu olup olmaması

**Yaya anketi**

- 1) Anket yapılan kişinin yaşı
- 2) Anket yapılan kişinin cinsiyeti
- 3) Hangi mahallede oturduğu
- 4) Seyahatlarınızda hangi ulaşım aracını kullanıyorsunuz
- 5) Erzincan da toplu taşıma toplu taşıma hizmetlerini nasıl değerlendiriyorsunuz

- Çok kötü
- Kötü
- İdare eder
- İyi
- Çok iyi

- 6) Değerlendirmeniz kötü ve ya çok kötü ise sebebi nedir

- Duraklar arası mesafenin uzak olması
- Uygun güzergah olmaması
- Ücretlerin yüksek olması
- Gitmek istenilen yere bir yada daha fazla aktarma yapılması gerektiği
- Toplu taşıma araçlarının çok kalabalık olması
- Sefer sayısının az olması
- diğer

- 7) Değerlendirmeniz kötü veya çok kötü ise sebebi nedir

- 8) Uygun bisiklet yolu olursa ulaşım amaçlı kullanırmısınız

- 9) Kendinize ait bir otomobiliniz varmı

- 10) Erzincan da toplu taşıma hizmetlerini güvenli buluyor musunuz

- 11) Erzincanda toplu taşıma hizmetlerini konforlu buluyor musunuz

- 12) Bir birey olarak Erzincan merkezinde rahat yürüyebiliyormusunuz

13) Hayır ise nedeni nedir

- Motorlu taşıtlar ile sık sık kesişme
- Esnafın kaldırım işgali
- İşportacıların kaldırım işgali
- Kaldırımlarda çatlaklar ve kırıklar olması
- Kaldırımların dar olması
- İşaret tabela hafriyatların çok olması
- Diğer

14) Kent genelinde yaya yollarını yeterli buluyor musunuz?

Bu veriler oluşturulurken elde edilen ucu açık sorular çalışmanın amacına uygun olarak excel dosyalarına aktarılmıştır. Yolculukların yapıldığı zonların isimleri ve ulaşımın ne ile yapıldığı bilgileri numaralandırılarak tanımlanmış ve veri tabanına aktarılması sağlanmıştır. Bazı sorulara anketörler tarafından cevap verilmemiş olup bu anketler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Toplamda 270 Hane anketi, 707 Yolcu ve 675 yaya olmak üzere toplam 1652 adet anket yapılmıştır.

### **3.3. Yöntem**

#### **3.3.1. Çok değişkenli regresyon analizi**

Kâinata veriler kendi başlarına bir önem arz edebileceği gibi diğer verilerle olan ilişkileri ile de ayrı bir önem kazanabilirler. Verilerin birbiriyle ilişkilerini inceleyen farklı matematiksel ve istatistiksel metotlar mevcuttur. Bir veya birden çok veri üzerindeki değişimin yine bir veyahut birden çok veri üzerindeki değişimini irdeleyen modellere genel ismiyle Regresyon Modelleri denilmektedir. Regresyon modellerini kullanarak gerçekleştirilen regresyon analizleri şüphesiz ki günümüzde artan teknolojik gelişmelerin de yardımıyla kainatın anlamlandırabilmesi ve etkili bilimsel çalışmalar

üretilebilmesi adına oluşturulan ve günden güne geliştirilen en kullanışlı istatistiksel analizlerden biridir. Bu sebeplerdendir ki regresyon gelişen dünya koşullarında mühendislikten tarıma, biyo istatistikten sosyal bilimlere kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Regresyon teriminin anlaşılması için öncelikli olarak basit bir regresyon modelinin incelenmesi gerekmektedir. Basit regresyon aşağıdaki gibi eşitlik 3.1 de modellenmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (3.1)$$

Bu basit doğrusal regresyondaki terimler aşağıda açıklandığı gibidir.

$y$  = Bağımlı değişkeni bir diğer ifadeyle yanıt değişkenini ifade etmektedir.

$\beta_0$  = Kesen diye de ifade edilen bu terim başlangıç noktasını ifade etmektedir.

$\beta_1$  Eğimi yani bağımlı değişkendeki bir birimlik değişiminin bağımsız değişkende kaç birimlik bir değişime neden olduğunu açıklayan katsayıyı ifade etmektedir.

$x$  = Bağımsız değişkeni

$\varepsilon$  = Hata terimini yani bağımlı değişken ve başlangıç noktasının açıklayamadığı kısmı ifade etmektedir.

Basit doğrusal regresyonun olasılık dağılımı ve varyansı ise sırasıyla aşağıdaki gibi eşitlik 3.2 be 3.3 de ifade edilmektedir.

$$E\left(\frac{y}{x}\right) = \beta_0 + \beta_1 \quad (3.2)$$

$$Var\left(\frac{y}{x}\right) = Var(\beta_0 + \beta_1 + \varepsilon) = \sigma^2 \quad (3.3)$$

Basit doğrusal regresyonu uygulayabilmemiz için hata teriminin yani  $\varepsilon$ 'nin normal dağıldığı varsayımını sağlıyor olması beklenir. Bunların beraberinde tüm istatistiksel modellerde olduğu üzere regresyon analizinde de hatanın minimum olmasını bekleriz.

Regresyon analizinde hatanın minimum olabilmesi diğer bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne kadar açıklayabildiğine bağlıdır. İşte bazı durumlarda mevcut bağımlı değişken bağımsız değişkeni yeterince ifade edememekte ve hata beklenenin üzerinde çıkmaktadır. Bu birçok sebepten kaynaklanabileceği gibi, bağımlı yani Y değişkenine etki eden daha fazla bağımsız yani X değişkenin olması gerektiğinden de kaynaklanıyor olabilir. Böyle durumlarda bağımlı değişkeni etkileyebilecek diğer bağımsız değişkenlerin de modele dahil edilmesi gerekmektedir. İşte Bağımlı bir değişkeni açıklayan birden çok bağımsız değişkenin var olduğu regresyon modellerine çok değişkenli regresyon modelleri denilmektedir.

Çok değişkenli regresyon aşağıda ki eşitlik 3.4 de modellenmektedir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (3.4)$$

Çok değişkenli regresyonun terimleri ise aşağıda ifade edildiği gibidir.

- y: Bağımlı değişkeni bir diğer ifadeyle yanıt değişkenini ifade etmektedir.
- $\beta_0$ : Kesen diye de ifade edilen bu terim başlangıç noktasını ifade etmektedir.
- $\beta_i$ : Regresyon katsayıları olarak adlandırılır.

Her bir bağımlı değişkendeki bir birimlik değişiminin bağımsız değişkende kaç birimlik bir değişime neden olduğunu açıklayan katsayıları ifade etmektedir.

$x_i$ : Her bir x değişkeni için bağımsız değişkenleri

$\varepsilon$ : Hata terimini yani tüm değişkenlerin modele dahil edildikten sonra y değişkeninde açıklanamayan kısmı ifade etmektedir. Çok değişkenli regresyonda da basit doğrusal regresyonda olduğu gibi hata terimi olan  $\varepsilon$ 'un normal dağıldığı varsayımı mevcuttur. Bu da beraberinde ortalamasının 0 ve varyansının ise  $\sigma^2$  olması gerekliliğini getirmektedir.

Modelde bağımlı değişkene etki edecek bağımsız değişkenlerin bulunması ve modele dahil edilmesinin ardından modeldeki parametrelerin ( $\beta_i$ )'lerin tahmini işlemine geçilir. Bu modellere ait parametrelerin tahmini ile ilgili yöntemler değerlendirilerek regresyon modelinin parametreleri hatayı en aza indirecek şekilde tahmin edilmektedir. Bu parametre tahmin yöntemleri (kestirim yöntemleri) verilerin ve hatanın türüne, bunların göstermiş oldukları dağılımlara göre değişiklik göstermektedir. Parametrelerin tahmini için yararlanılan birçok yöntem mevcuttur. Fakat uygulamada daha çok yaygın iki yöntem kullanılmaktadır. Hata terimi normal dağılım gösteriyorsa en büyük olasılırlık yöntemi, hata teriminin dağılımı ile ilgili bir varsayım yoksa en küçük kareler yöntemi kullanılır. Bunların dışında bir modelin inşası sırasında veri tipine, sayısına ve gösterdikleri dağılımlara göre seçilmesi gereken başkaca unsurlar da mevcuttur. Bunlardan bir diğeri kovaryans matris yapısının belirlenmesi ve bilgi (enformasyon) kriteri dediğimiz kriterlerin seçimi işlemidir. Bu bilgi kriterleri başlıca şunlardan oluşmaktadır. Akaike Bilgi kriteri (AIC), Bayesci Bilgi kriteri (BIC), Hannan ve Quinn Bilgi Kriteri (HQIC), Tutarlı Akaike Bilgi Kriteri (CAIC), AICC Bilgi kriteri ve Sapma Bilgi Kriteri (DIC) Tüm bu bahsi geçen unsurlar dikkate alındığında hatayı en aza indiren doğru regresyon modeli seçilebilir.

Regresyon modelinin açıklamaya başlanılmasından bu yana basit doğrusal regresyon ve çok değişkenli doğrusal regresyon açıklanırken hata teriminin normal dağılım gösterdiği varsayımı üzerinde durulmaktadır. Hata teriminin normal dağılım gösterdiği durumlarda açıklayıcı değişken olan  $y$  değişkeni de normal dağılım göstermekte yani ortalaması 0 varyansının ise  $\sigma^2$  olması beklenir. Fakat kainattaki tüm veri dağılımları normal dağılım göstermeyebilmektedir. Bazı dağılımlarda bağımlı değişkenlerde dağılım üssel ailesinden birçok çeşitli dağılımı gösterebilir. İşte bu çeşitli üssel dağılımları göstermesi halleri için birçok geliştirilmiş doğrusal regresyon modeli formüle edilmiştir. Bunlar başlıca; Lojistik regresyon , PR, Probit regresyon ve Negatif Binom regresyon'dur. Bu çalışmada ise veri değerlerine uygun olan PR ve negatif binom regresyon açıklanmıştır.

### 3.3.2. Poisson regresyon analizi (PR)

Yapılan çalışmalarda veriler her zaman sürekli yapıda olmayabilir. Bazen elde ettiğimiz veriler katagorik yapıya sahip olurlar. Genellikle sayım sonucu elde ettiğimiz sayma verileri katagorik yapıya sahip verilerdir. Bunlar Normal dağılımdaki gibi bir dağılım yerine üssel dağılımlar halinde görülürler ve kendi dağılımlarının koşullarına özgü regresyon modelleri halinde modellenirler. Bu kesikli veri yapısına sahip verilerin regresyon modellerinde sıklıkla kullanılan lojistik regresyon olmakla birlikte, lojistik regresyonun da açıklayamadığı bazı özel durumlar vardır ki bu durumlarda çoğunlukla karşımıza PR modeli çıkmaktadır. Poisson dağılımı 19. yüzyılda Poisson tarafından Binom dağılımının özel bir hali olarak formülize edilmiştir. Poisson dağılımı binom dağılımından türetildiği için ilk olarak binom dağılımına bakılması daha açıklayıcı olacaktır.

$$f(y, p, n) = C(n_i, y_i) p_i^{y_i} (1 - p_i)^{n_i - y_i} \quad (3.5)$$

$$f(y; p, n) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y (1 - p)^{n-y} \quad (3.6)$$

burada;

- y: Başarılı deneme sayısını
- n: Toplam deneme sayısını
- p: Denemelerdeki başarıların olasılıklarını

ifade etmektedir.

İndisler olmadan denklemin genel hali aşağıdaki eşitlik 3.7 deki gibi olacaktır.

$$f(y; p, n) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y (1 - p)^{n-y} \quad (3.7)$$



$\lambda = np$  ve  $\mu = np$  olacak şekilde

Eşitlik 3.7'deki  $p$  yerine  $\frac{\lambda}{n}$  yazılırsa,

$$f\left(y; \frac{\lambda}{n}, n\right) = \frac{n!}{y!(n-y)!} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^y \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{n-y} \quad (3.8)$$

Bu dağılım üzerinde  $n$ 'nin sonsuza gittiği,  $p$ 'nin ise çok küçüldüğü durum altında yazılıp düzenlendiğinde;

$$f(y; \lambda, n) = \frac{n(n-1)\dots(n-y+1)}{n^y} \frac{\lambda^y}{y!} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{-y} \quad (3.9)$$

elde edilir. Bu denkleme ise Limit sonsuza giderken gerekli dönüşümler uygulandığında

$$f(y; \lambda, n) = \frac{\lambda^y}{y!} e^{-\lambda} \quad (3.10)$$

elde edilir. Buradan ise poisson dağılımının yoğunluk fonksiyonu;

$$f(y; \lambda) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!} \quad (3.11)$$

Buradan da olasılık yoğunluk dağılımı için  $\lambda$ 'nın  $\mu$  olduğunu hatırlayarak

$$f(y; \mu) = \frac{\lambda^y e^{-\mu}}{y!} \quad y = 0, 1, 2, 3 \dots \quad (3.12)$$

olacağı Şekil 3.12'de ifade edildiği üzere aşikardır. Poisson dağılımında sahip olduğu  $\mu$  parametresi araştırmacı tarafından deneyin kapsayacağı zaman diliminde belirlenen sürede meydana gelen ortalama olay sayısını ifade eden parametredir.  $y$  yanıt değişkeni ise poisson dağılımının özelliği olarak sadece negatif olmayan sayıları içerebilmektedir.

Bunun nedeni ise poissonun tanımından gelmektedir. Poissonu katagorik veri düzenlerinde çeşitli kesikli verilerin bağımlı değişken üzerine etkisini incelerken kullandığımız hatırlandığında kesikli verilerin negatif olmayacağı dahası bu katagorik verilerin sayma yoluyla elde edildiği düşünülünce zaten 0,1,2... şeklinde var olan veriler olacağı aşikardır. Ayrıca poisson dağılımının temel prensibi ortalamanın ve varyansın birbirine eşit olmasıdır. Bu durumu aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$E[y] = V[y] = \mu \quad (3.13)$$

Bu modelde ortalamanın ve varyansın eşit olması durumuna ‘eşit yayılım ifadesi de kullanılmaktadır. Fakat uygulamada her zaman bu koşul sağlanmayabilir. Sayarak elde ettiğimiz bu verilerin varyansları bazı durumlarda ortalamadan daha büyük olabilmektedir. Bu duruma literatürde over dispersion yani aşırı yayılım denilmektedir. Aşırı yayılım olduğunda PR Modelinden elde edilen tahminler tutarlı fakat etkin değildir (Selim 2003; Demaris 2004). Bu yüzden aşırı yayılımın olduğu durumlar için negatif binom regresyon modeli formüle edilmiştir.

Verilerin yukarıda bahsi geçen dağılım koşulları dikkate alındığında bu dağılımı gösteren üssel ailenin logaritma ailesi olduğu anlaşılmış ve regresyon modeli aşağıdaki gibi eşitlik 3.14’de ifade edilmiştir.

$$\log_e(y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (3.14)$$

Burada eşitlik e üzeri formatında yazıldığında ise eşitlik 3.15 elde edilecektir.

$$y = (e^{\beta_0})(e^{\beta_1 X_1})(e^{\beta_2 X_2}) \dots (e^{\beta_n X_n}) \quad (3.15)$$

Görüldüğü üzere PR modeli Doğrusal regresyonun bir logaritmik dönüşümünü ifade etmektedir.

### 3.3.3. Negatif binom regresyon (NBR)

PR analizlerinde genellikle varyansın ortalamadan daha büyük olduğu yani fazla yayılım olduğu durumlar sürekli ortaya çıkan durumlardır. Bunun gibi durumlarda farklı PR çeşitleri uygulanmalıdır. Bunlardan biride karışık PR dir. Bu modelden en çok kullanılan model NPR modelidir.

PR modeli sayım verileri açısından genellikle sınırlıdır. Bunu sebebi olarak, NPR modeli gibi alternatif modellerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu kısıtlı halin görüldüğü ilk durum poisson dağılımında sıfır sayısının olasılığının tahminlerinin, veri tabanlarında gerçek gözlemlerden oldukça düşük kalmasıdır. Verideki poisson tahminlerinden daha çok sıfır olduğu için, bu aşırı sıfır problemini meydana getirir. Diğer en belirgin durumda, poissonda varyansın genellikle ortalamadan fazla olması sayım verileri için eksik olan özellik aşırı yayılım adını alır. Değer dağılımında aşırı yayılım anlamlı ise, PR modelinden oluşturulan tahminler tutarlı olmasına rağmen yetersizdir. PR modelindeki bireylerin normal hataları yanlı-azalan sayılmaktadır. Bu durum katsayıların anlamlılığı hakkında araştırmacının yanlış istatistiksel yorumlar yapmasına neden olabilir. NPR modeli PR modeli için bir seçenek sağlar. NPR modeli sadece aşırı yayılım durumuna seçenek olarak kullanılır. NPR ye poisson-gamma regresyon modeli de denilmektedir.

$Y \sim \text{poisson}(\mu)$  ve  $\mu \sim \text{gamma}(\alpha, P)$  dağılımlarına sahip rastgele değişkenler olsun.  $\text{Gamma}(\alpha, P)$ ,  $\alpha P$  ortalamalı ve  $\alpha P^2$  varyanslı gamma dağılımıdır. Bu dağılıma ait olasılık /yoğunluk fonksiyonu;

$$p(\mu) = \frac{1}{P^\alpha \Gamma(\alpha)} \mu^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{\mu}{P}\right) \quad \mu > 0 \quad (3.16)$$

$$f(y) = \frac{\varphi(\alpha+y)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(y+1)} \left(\frac{P}{1+P}\right)^y \left(\frac{1}{1+P}\right) \alpha \quad y = 0, 1, 2, \dots, P \quad \alpha > 0 \quad (3.17)$$

ile gösterilir. Yukarıdaki eşitlik 3.17'de gösterilen dağılımın ortalaması ve varyansı aşağıdaki eşitlik 3.18, 3.19 ve 3.20'de gösterildiği gibi Negatif binom dağılımı, poisson ve gamma dağılımının birleşimlerinden elde edilmektedir (Cameron and Trivedi 2013; Agresti 2015).

$$E(y) = E\left(E\left(\frac{x}{\mu}\right)\right) = E(n) = \alpha P \quad (3.18)$$

$$V(y) = E\left(V\left(\frac{Y}{\mu}\right)\right) + VE\left(V\left(\frac{Y}{\mu}\right)\right) \quad (3.19)$$

$$V(\mu) + E(\mu) = e^{\mu} + \alpha p^2 \quad (3.20)$$

Doğrusal Varyans Fonksiyonu ile Negatif Binom Dağılımı (NB1):

PR modelinde ise  $y_i$ ,  $\mu_i = \exp(x_i' \beta)$  ortalama ve  $\mu_i$  varyanslıdır. Çoğu zaman reel yaşam verilerinde ortalamayla ilgili varsayım mevcut kalırken varyansın ortalamaya eşit olduğu varsayımı çoğu zaman doğrulamaz ve ortalamanın  $\exp(x_i' \beta)$  varsayımı kabul edilmektedir. Bu nedenle  $y_i$ 'nin koşullu varyansı için genel olarak gösterim şekli,

$$\omega_i = V[y_i/x_i] \text{ biçimindedir.} \quad (3.21)$$

Ortalamanın bir fonksiyonu olarak varyans modeli;

$$\omega_i = \omega(\mu_i, \alpha) \text{ şeklinde tanımlanabilir.} \quad (3.22)$$

Bu eşitlikte  $\omega_i$  özel tanımlanan fonksiyondur ve  $\alpha$  sabit bir skaler parametredir. Bir çok model tanımlanan fonksiyonu aşağıda gösterilen eşitlik ile tanımlanmış genel varyans fonksiyonu ile genelleştirir:

$$\omega_i = \mu_i + \alpha \mu_i^p \quad (3.23)$$

Yukarıdaki Şekil 3.21’de gösterilen fonksiyonda  $p$  parametresi sabittir ve bu fonksiyon özel olarak tanımlanır. Analiz genellikle  $\alpha=0$  olan poisson durumuna ek olarak iki özel durumla sınırlandırılır.

İlk olarak,  $p=1$  olarak alınırsa elde edilen NB1 varyans fonksiyonunda oluşan varyans

$$\omega_i = (1 + \alpha) \mu_i \quad (3.24)$$

gibi Şekil 3.22 deki gibi ortalamanın katı olarak tanımlanır. Bu ifade genel doğrusal modeller sürecinde genellikle  $\omega_i = \phi \mu_i$  şeklinde ifade edilir.

Karesel Varyans Fonksiyonu ile Negatif Binom Dağılımı (NB2):

İkinci adımda,  $p=2$  olarak alınırsa elde edilen NB2 varyans fonksiyonunda varyans ortalamanın karesel bir form şeklinde olur ve aşağıdaki formülle bulunur.

$$\omega_i = \mu_i + \alpha \mu_i^2 \text{ şeklindedir.} \quad (3.25)$$

Gösterilen bütün durumlarda yayılım parametresi  $\alpha$  tahmin yöntemiyle belirlenmesi gereken bir parametredir. Bu varyans fonksiyonu iki farklı yerde kullanılabilir. Bunlardan ilki poisson quasi en fazla olabilirlik (QMLE)’den daha etkin tahmin edici olarak sağlamak için, ikincisi ise poisson QMLE için alternatif standart hatalar elde etmek içindir (Cameron and Trivedi 2013; Agresti 2015).

En Çok Olabilirlik Tahmin Edici (MLE):

NB1 Model ve En Çok Olabilirlik Tahmini:

NB1 model, klasik doğrusal regresyon modeli yaklaşımında uygulanan varyans fonksiyonu ile benzerlik gösterir. NB1 log-olabilirlik fonksiyonu eşitlik 3.26 deki gibi gösterilir.

$$\ln b(\beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{y_i-1} \ln \left( J^{+\alpha^{-1}} - \exp(x_i' B) \right) - \ln y_i! \right\} \quad (3.26)$$

NB1 en çok olabilirlik tahmininin ilk sıra koşulları çözümü eşitlik 3.27 ve 3.28'deki gibidir.

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{y_i-1} \frac{\alpha^{-1} \mu_i}{j + \alpha^{-1} \mu_i} x_i + \alpha^{-1} \mu_i x_i \right) = 0 \quad (3.27)$$

$$\frac{1}{\alpha^2} - \sum_{j=0}^{y_i-1} \frac{\mu_i}{j + \alpha} - \alpha^{-1} \mu_i \ln(1 + \alpha) - \frac{1}{1 + \alpha} + y_i \alpha = 0 \quad (3.28)$$

NB2 Model ve En Çok Olabilirlik Tahmini:

Negatif binom dağılımının en yaygın uygulaması  $\mu + \alpha \mu^2$  varyans fonksiyonu ile NB2 modeldir. Bu modelin yoğunluk fonksiyonu,

$$f(y|\mu, \alpha) = \frac{\Gamma(y + \alpha^{-1})}{\Gamma(\alpha^{-1})\Gamma(9+1)} \left( \frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \mu} \right)^{\alpha^{-1}} \left( \frac{\mu}{\alpha^{-1} + \mu} \right)^y \quad \alpha > 0, y = 0, 1, \dots \quad (3.29)$$

olarak eşitlik 3.29'daki gibi bulunur.  $\alpha=0$  durumunda fonksiyon poisson dağılımına indirgenir. Üstel ortalama  $\mu_i = \exp(x_i' \beta)$  için log olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki eşitlik 3.30'daki gibi açıklanır.

$$\ln b(\alpha \beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=0}^{y_i-1} (J + \alpha^{-1}) - \ln y_i! \\ -(y_i + \alpha^{-1}) \ln(1 + \alpha \exp(x_i' \beta)) + y_i \ln \alpha + y_i x_i \beta \end{array} \right\} n \quad (3.30)$$

NB2 en çok olabilirlik tahmini

$$\sum_{i=1}^n \frac{y_i + \mu_i}{1 + \alpha \mu_i} = 0 \quad (3.31)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha} \left( \ln(1 + \alpha \mu_i) - \sum_{j=0}^{y_i-1} \frac{1}{j + \alpha^{-1}} \right) + \frac{\mu_i - x_i}{\alpha(1 + \alpha \mu_i)} = 0 \quad (3.32)$$

sıra koşulunun çözümü yukarıda verilen Şekil 3.28 ve 3.29 daki denklemdir (Cameron and Trivedi 2013; Agresti 2015).

NPR Bazı Yanlı Tahmin Ediciler:

a. Negatif Binom Ridge Tahmin Edici (NBRR):

NBRR modeli sayım verileri yardımıyla yapılan analizlerde ve uygulamalı olan çalışmalarda çok fazla uygulanmaktadır. Parametre tahmininde kullanılan en fazla olabilirlik tahmin edici fazla seviyede iç ilişkisi olan değişkenlerin olduğu durumlarda çok duyarlıdır. Bundan dolayı çoklu iç ilişki olan durumlarda NPR modelinde parametreleri tahmin etmek için daha doğrusal bir seçenek olarak Mansson (2012) tarafından NBRR tahmin edici tavsiye edilmektedir. Bu tahmin edici eşitlik 3.33'te tanımlanır.

$$\beta_{NBRR} = (x^l w_{Bm_l} + k_l)^{-1} (X w_{Bm_l} x) \beta_{m_l} \quad (3.33)$$

Bu tahmin edicinin MSE değeri aşağıdaki eşitlik 3.34, 3.35 ve 3.36'daki şekilde elde edilebilir.

$$E(L_{NBRR}^2) = (\tilde{\beta}_{NBRR} - \beta)^l (\tilde{\beta}_{NBRR} - \beta) \quad (3.34)$$

$$= E \left[ (\beta_{m_l} - \beta)^l z' z (\beta_{m_l} - \beta) \right] + (z \beta_{m_l} - \beta)' (z \beta_{m_l} - \beta) \quad (3.35)$$

$$= \sum_{j=1}^j \frac{n_j}{(n_j+k)^2} + k^2 \sum_{j=1}^j \frac{\alpha_j^2}{(n_j+k)^2} = \gamma_1(k) + \gamma_2(k) \quad (3.36)$$

Burada  $\alpha_j^2$  değeri  $\gamma\beta_{BML}$ 'nin j. elemanı ve  $\gamma$  değeri  $\Lambda=diag(\eta_j)$  olan  $X'W\beta MLX = \gamma'\Lambda\gamma$  olacak şekilde tanımlanan öz vektöre karşılık gelir (Mansson, 2012).

Negatif Binom Ridge Regresyon Tahmin Edicinin Özellikleri:

- Toplam varyans  $\gamma_1(k)$ , sürekli ve k'nın monoton azalan bir fonksiyonudur.
- Karesel yanlılık  $\gamma_2(k)$ , sürekli ve k'nın monoton artan bir fonksiyonudur.
- Her zaman  $k>0$  olan bir k değeri vardır:

$$E(l_{BR}^2) < E(l_{ml}^2) = \sum_{j=1}^j \frac{1}{n_j} \quad (3.37)$$

Ridge parametresi için optimal k değeri ise; eşitlik 3.38 deki gibidir (Hoerl and Kennard 1970a).

$$k = \frac{1}{\alpha_j^2} \quad (3.38)$$

Negatif Binom Ridge Tahmin Edicide k Parametresinin Seçimi:

Ridge parametresini tahmin etmek için Hoerl ve Kennard (1970a, 1970b), Kibria (2003), Alkhamisi *et al.* (2006) ve Muniz ve Kibria (2009) tarafından önerilen birden çok yöntem bulunmaktadır ve aşağıdaki eşitlik 3.39 daki haliyle Hoerl ve Kennard (1970a, 1970b) tarafından önerilmiştir.

$$K1 = k_{HK1} = \frac{\hat{\alpha}^2}{\hat{\alpha}_{max}^2} \quad (3.39)$$



Burada  $\hat{\alpha}_{max}^2$   $\gamma_{\beta ML}$ 'nin en büyük elemanıdır.  $\gamma$ ,  $X'WX$  matrisinin öz vektörü ve

$$\hat{\alpha}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\mu}_i)^2}{n-p-l} \quad (3.40)$$

Sıradaki iki tahmin edici lineer regresyon için Kibria (2003) tarafından tavsiye edilmiş tahmin edicilerdir.

$$K2 = \hat{k}_{Gm} = \frac{\hat{\alpha}^2}{(\prod_{i=1}^p \hat{\alpha}_j^2)^{1/p}} \quad (3.41)$$

$$K3 = \hat{k}_{MED} = \text{medyan}(m_j^2) \quad (3.42)$$

$$\text{Buradan } m_j = \sqrt{\frac{\hat{\alpha}^2}{\hat{\alpha}_j^2}} \quad (3.43)$$

$$K4 = \hat{k}_{max}^{ks} = \text{Max}(S_j) \quad (3.44)$$

$$S_j = \frac{t_1 \hat{\alpha}^2}{(n-p)\hat{\alpha}^2 + t_j \hat{\alpha}_j^2} \quad (3.45)$$

ve  $t_j$ ,  $X'X$  matrisinin öz değeridir. Verilen tahmin ediciler ise Muniz ve Kibria (2009) tarafından önerilmiştir:

$$K5 = \hat{k}_{KM2} = \max\left(\frac{1}{m_j}\right) \quad (3.46)$$

$$K6 = \hat{k}_{KM4} = \prod_{j=1}^p \left(\frac{1}{m_j}\right)^{\frac{1}{p}} \quad (3.47)$$

$$K7 = \hat{k}_{KM6} = \text{medyan}\left(\frac{1}{m_j}\right) \quad (3.48)$$

b. Negatif Binom Liu Tahmin Edici:

NPR modeli sağlık, sosyo-ekonomik ve fiziksel bilimler alanlarında, bağımlı değişkenler pozitif olan tamsayılar veya sayılar şeklinde geldiğinde belirginliği fazladır. Bu model çoğunlukla en çok olabilirliği tahmin eden (ML) ile tahmin edilir, doğrusal olmayan bir denklemin çözümü ise iter aktif ağırlıklı en küçük kareler algoritması uygulanarak bulunur. Bu tahmin metodunun bir problemi regresyon modelindeki açıklayıcı değişkenler birbiri ile yüksek derecede ilişkili ise meydana gelir. Bu problem MLE yöntemi ile tahmin edilen parametrelerin varyansının yüksek olmasına ve durağan olmamasına yol açar (Mannson 2013).

Günümüzde yanlı tahmin edicilerin uygulanması çoklu doğrusal bağlantıların sebebiyet verdiği sorunları çözmek için etkili bir daha iyi sonuç verebilen bir yaklaşım olarak uygulanır. Mannson (2013) tarafından doğrusal regresyon modeli için Liu tarafından önerilen tahmin ediciyi uygulayarak NPR modeli için yeni bir yanlı tahmin edici önerilmiştir. Bunun yanısıra yanlılık parametresi  $d$ 'yi tahmin etmek için bazı metotlar da gösterilmiştir.

MLE yöntemi yardımıyla tahmin edilen parametreler ise varyansının fazla olmasına ve hareketli olmasına yol açar. IWLS tahmini olarak ağırlıklı hata kareler ortalamasını minimuma indirdmesinden dolayı DR için Liu yönteminin bir genelleşmiş hali olarak uygulanabilir ve aşağıda gösterilen şekilde yanlı tahmin edici olarak elde edilir (Mannson 2013):

$$\beta_d = (X'WX + I)^{-1}(X'WX + dI)\hat{\beta}_{mL} \quad (3.49)$$

Yanlılık parametresi  $d$ , 0 ile 1 arasında değer alır ve nasıl tahmin edileceğine dair kesin bir kural yoktur.

Negatif Binom Liu tahmin edicide parametre seçimi:

Yanlılık parametresi olan  $d$ 'nin en iyi değerini tahmin etmek için birçok yöntem önerilmiştir. Liu tahmincisinin tanımına göre, yanlılık parametresinin optimal değeri, tek bir  $d$  değeri ile tahmin edilecektir.

$$D_1 = \max\left(0, \frac{\hat{\alpha}_{max}^2 - 1}{\lambda_{max} + \hat{\alpha}_{max}^2}\right) \quad (3.50)$$

Burada  $\hat{\alpha}_{max}^2$  ve  $\lambda_{max}$  değerleri sırasıyla  $\hat{\alpha}_j^2$  ve  $X'WX$  in öz değerlerinin maksimum bileşenleridir (Mannson 2013).

tanımlanmayan parametrelerin değerleri Hoerl ve Kennard (1970a, 1970b)'dan alınan fikirlere dayanarak yansız tahmin edicilerin en büyük değerleriyle değiştirilmektedir. Bunun yanı sıra Liu tahmin edici için yanlılık parametresinin pozitif olmasını sağlayan farklı bir maksimum bileşkesi kullanılmıştır (Mannson 2013). Ve bunun yanında aşağıdaki eşitlik bulguları 3.51, 3.52, 3.53 ve 3.54 de olduğu şekliyle tahmin edicileri kullanılmıştır (Mannson 2013).

$$D_2 = \max(0, \text{medyan})\left(\frac{\hat{\alpha}_j^2 - 1}{\lambda_j + \hat{\alpha}_j^2}\right) \quad (3.51)$$

$$D_3 = \max\left(0, \frac{1}{p} \sum_j \frac{\hat{\alpha}_j^2 - 1}{\lambda_j + \hat{\alpha}_j^2}\right) \quad (3.52)$$

$$D_4 = \max\left(0, \max\left(\frac{\hat{\alpha}_j^2 - 1}{\lambda + \hat{\alpha}_j^2}\right)\right) \quad (3.53)$$

$$D_4 = \max\left(0, \max\left(\frac{\hat{\alpha}_j^2 - 1}{\lambda + \hat{\alpha}_j^2}\right)\right) \quad (3.54)$$

c. İki Parametrelî Negatif Binom Tahmin Edici

Huang and Yang (2014) tarafından NPR modelinde çoklu doğrusal bağlantıya karşı çözüm olarak iki parametrelî tahmin edici önerilmiştir. Önerilen bu tahmin edici özel durumlarda en fazla olabirlik, ridge ve Liu tahmin edicilerine denk olan genel bir tahmin edici yapısındadır.

Sırasıyla Mannson (2012) ve Mannson (2013) tarafından önerilen NPR ridge tahmin edici (NBRR) ve NPR Liu tahmin edici (NBLR).

$$N_{BRR} = (X' \widehat{W} X + kI)^{-1} + (X' \widehat{W} X + I) \hat{\beta}_{ML} \quad (3.55)$$

$$\hat{\beta}_{NBLR} = (X' \widehat{W} X + kI)^{-1} (X' \widehat{W} X + dI) \hat{\beta}_{ML} \quad (3.56)$$

Eşitlik 3.55 ve 3.56'da olduğu şekliyle önerilmiştir. Bu iki ayrı tahmin edici kullanılarak Huang ve Yang (2014) tarafından negatif binom iki parametrelî tahmin edici (NBTP),

$$\hat{\beta}_{(k,d)} = (X' \widehat{W} X + kI)^{-1} (X' \widehat{W} X + dI) (X' \widehat{W} X + kI)^{-1} (X' \widehat{W} X) \hat{\beta}_{ML} \quad (3.57)$$

olarak önerilmiştir. Burada  $k \geq 0$  ve  $0 \leq d < 1$ 'dir.

Negatif binom iki parametrelî tahmin edici bazı özel durumlarda en büyük olasılık, ridge ve Liu tahmin edicilerine denktir.

$$\lim_{d \rightarrow 1} \beta_{(0,d)} = \beta_{ML} \quad (3.58)$$

$$\lim_{d \rightarrow 1} \beta_{(k,d)} = (X' \widehat{W} X + kI)^{-1} (X' \widehat{W} X) \hat{\beta}_{ML} = \beta_{Ridge} \quad (3.59)$$

$$\beta_{(0,d)} = (X'WX + I)^{-1}(X'WX + dI)\hat{\beta}_{ML} = \beta_{Liu} \quad (3.60)$$

$\beta = Z\hat{\beta}_{ML}$  şeklinde tanımlanan bir tahmin edicinin asimptotik MSE değeri;

$$MSE(\hat{\beta}) = E(\hat{\beta} - \beta)'(\hat{\beta} - \beta) \quad (3.61)$$

$$E = (\beta_{ML} - \beta)'Z'Z(\hat{\beta}_{ML} - \beta) + (Z\beta - \beta)'(Z\beta - \beta) \quad (3.62)$$

olarak eşitlik 3.61 ve 3.62 deki şekliyle tanımlanır.

İki parametrelili tahmin edicinin tanımından yola çıkarak MSE değeri aşağıdaki eşitlik 3.63 ve 3.64'deki şekilde elde edilebilir.

$$MSE(\beta_{(k,d)}) = \sum_{j=1}^P \frac{(\lambda_j + d)^2}{(\lambda_j + 1)^2 (\lambda_j + k)^2} + \sum_{j=1}^P \frac{[(k+1-d)\lambda_j + k]^2}{(\lambda_j + 1)^2 (\lambda_j + k)^2} \quad (3.63)$$

$$= \gamma_1(k, d) + \gamma_2(k, d) \quad (3.64)$$

Bu eşitlikte ilk terim asimptotik varyans, ikinci terim yanlılık teriminin karesine karşılık gelir. İki parametrelili tahmin edicinin maksadı varyans terimindeki azalmanın yanlılık teriminin karesindeki artmadan daha fazla olacak şekilde  $k$  ve  $d$  parametrelerini seçmektir.

d. İki Parametrelili Negatif Binom Tahmin Edicide Parametrelerin Seçimi:

Uygulamalarda  $k$  ve  $d$  parametrelerinin seçimi karmaşık bir problemdir. Hoerl ve Kennard (1970a, 1970b) ve Kibria (2003) tarafından doğrusal ridge regresyon modeli için yanlılık parametresi seçimine yönelik önerilen birkaç metottan hareketle Huang ve Yang (2014) tarafından  $k$  ve  $d$  parametreleri için ayrı tahmin ediciler önerilmiştir.

$d$  parametresi sıfır ile bir arasında sabit iken,  $k$  için optimal tahmin edici

$$k = \min \left( \frac{(\hat{\lambda})^{+d} \lambda_{-\lambda_j}^a \hat{\alpha}_j^2 (1-d')}{\hat{\alpha}_j^2 (\hat{\lambda}_j + 1)} \right), J = 1, 2, 3, \dots, p \quad (3.65)$$

şeklinde önerilmiş olup, bu eşitlik  $(\partial MSE(\hat{\beta}_{(k,d)}))/\partial k$  değerini sıfıra eşitleyerek ve  $\lambda_j$  ve  $\alpha_j$  yerine yansız tahmin edicilerini yazarak elde edilir.  $d=1$  iken  $k=1/\alpha_{max}^2$  olur ve Hoerl ve Kennard tarafından ridge parametresi  $k$  bu değeri tahmin etmek için önerilmiştir.

Benzer şekilde  $k>0$  olacak şekilde sabit bir değer alındığında  $d$  parametresinin optimal değeri;

$$D_1 = \frac{(k' \hat{\lambda}_{maks} + \hat{\lambda}_{maks} + k') \hat{\alpha}_{maks}^2 - \hat{\lambda}_{maks}}{\hat{\alpha}_{maks}^2 \hat{\lambda}_{maks} + 1} \quad (3.66)$$

Eşitlik 3.66'daki eşitliği uygulanarak elde edilebilir. Burada  $\lambda_{maks}$ ,  $X'WX$  matrisinin en büyük öz değeri olarak tanımlanır.

eşitlikte  $k=0$  alındığında  $D_1$  değeri aşağıdaki Şekil 3.67'de gösterildiği şekliyle alınabilir.

$$D_1 = maks \left( 0, \frac{\hat{\alpha}_{maks}^2 - 1}{\frac{1}{\hat{\lambda}_{maks}} + \hat{\alpha}_{maks}^2} \right) \quad (3.67)$$

$MSE(\hat{\beta}_{(k,d)})$  minimize etmek için  $\frac{(\partial MSE(\hat{\beta}_{(k,d)}))}{\partial d}$  alındığında  $d$  parametresi için başka bir seçenek olan bir tahmin edici

$$d_2 = \frac{\sum_{j=1}^p \left( (k_{+1, \lambda_j}^a + k') \hat{\lambda}_j \hat{\alpha}_j^2 \right) / (\hat{\lambda}_j + 1)^2 (\hat{\lambda}_j + k')^2}{\sum_{j=1}^p (1 + \hat{\lambda}_j \hat{\alpha}_j^2) \hat{\lambda}_j / (\hat{\lambda}_j + 1)^2 (\hat{\lambda}_j + k')^2} \quad (3.68)$$

olarak Şekil 3.68 deki şekilde bulunabilir.

Pratik amaçla  $D_2 = \text{maksimum}(0, d_2)$  eşitliği de kullanılabilir.

Sonuç olarak  $d$  parametresi üzerinde

$$\text{maks} \left( 0, \frac{\hat{\lambda}_{maks}(1-\hat{\alpha}_{maks}^2)}{\frac{1}{\hat{\alpha}_{maks}^2}(1+\hat{\lambda}_{maks})} \right) < k < \frac{1}{\hat{\alpha}_{maks}^2} \quad (3.69)$$

gibi eşitlik 3.69 daki kısıt elde edilir.

Pratik olarak  $D_2 = \text{maksimum}(0, d_2)$  eşitliği de kullanılabilir. Bu kısıt altında,  $D_1$ 'in her zaman birden küçük ve sıfırdan büyük olduğu söylenebilir. Ayrıca  $D_2$ 'nin birden küçük ve negatif olmayacağı söylenebilir.  $k$  ve  $d$  parametrelerinin seçimi aşağıdaki adımlar uygulanarak bulunabilir:

Adım 1. Son eşitliğe uygun olarak  $k$  belirlenir.

Adım 2. Belirlenen  $k$  değeri kullanılarak  $D_1$  ve  $D_2$  hesaplanır.

Adım 3.  $D_1$  ve  $D_2$  değerleri kullanılarak  $K$  değeri elde edilir.

Adım 4. Elde edilen  $K$  negatif ise  $K=k$  alınır.

e. Negatif Binom Hurdle Regresyon Modeli:

Negatif binom hurdle regresyon modeli ile poisson hurdle modeli çok fazla benzer özellikler göstermektedir. Bol sıfırlı modellerde ki gibi yine sıfır değeri ve negatif olmayan değeri yanıt değerlerini tahmin edebilmek amacıyla meydana getirilen iki aşamadan oluşan süreç içermekte olup, aşırı yayılım (over-dispersion) ve eksik yayılım (under-dispersion) durumlarında kullanılabilen bir modeldir.

Poisson hurdle regresyonda olduğu gibi sıfır değerleri için yanıtta ikili değişken muamelesi yapılır ve bu amaç için probit veya logit model kullanılır. Pozitif yanıt değerlerini tahmin ederken ise poisson hurdle regresyondan farklı olarak kesilmiş negatif binom dağılımı kullanılır. Her iki model de uygulama alanı olarak aynı amaçlarla kullanılabilir ve sıfır değerlerinden kaynaklanan sorunlara çözüm olabilir. Bu model hakkında daha fazla bilgi için McDowell (2003), Saffari *et al.* (2012), Cameron ve Trivedi (2013) ve Agresti (2015) incelenebilir.

### 3.3.4. Yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları uygulanan diğer hesaplama yöntemlerinden farklı bir hesaplama metodu önermektedir. Buldukları ortamda uyumlu, adaptif, eksik bilgi olsa dahi çalışabilen, belirsizlikler olduğu halde bile karar verebilen, hatalara karşı bile daha doğru veriler verebilen bu hesaplama yöntemi hayatın her kısmında başarılı uygulamaları görülmektedir. Oluşturulacak olan ağın yapısının belirlenmesinde, ağ parametrelerinin seçiminde, belirli bir standardın olmaması, problemlerin yalnızca nümerik bilgiler ile gösterilebilmesi, eğitimin nasıl bitirileceğinin bilinmemesi ve ağın davranışlarını açıklayamamasına rağmen bu ağlara olan ilgi büyüktür. Bilhassa, sınıflandırma, örüntü tanıma, sinyal filtreleme, veri sıkıştırma ve optimizasyon çalışmalarında yapay sinir ağları en etkili teknikler arasında sayılabilirler. Veri madenciliği, optik karakter taşıma, optimum rota belirleme, parmak izi tanıma, malzeme analizi, iş çizelgelemesi ve kalite kontrol, tıbbi analizler gibi bir çok alanda günlük yaşantımızda göreceğimiz örnekleri bulunmaktadır.

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminden etkilenecek geliştirilmiştir. Biyolojik sinir hücreleri birbirleri ile synapsler aracılığı ile iletişim kurarlar. Bir sinir hücresi işlediği bilgileri axon'ları yolu ile başka hücelere gönderirler. Yapay sinir hücreleri dışarıdan gelen bilgileri bir toplama fonksiyonu ile toplar ve aktivasyon fonksiyonundan geçirerek çıktıyı üretip ağın bağlantılarının üzerinden diğer hücelere (proses elemanlarına) benzer şekilde gönderirler. Farklı toplama ve aktivasyon fonksiyonları vardır. Yapay sinir ağlarını birbirlerine bağlayan bağlantıların değerlerine ağırlık



değerleri adı verilmektedir. Proses elemanları birbirlerine paralel olarak 3 katman halinde bir araya gelerek bir ağ oluştururlar.

Bunlar;

- Girdi katmanı
- Ara katmanlar
- Çıktı katmanı

Bilgi iletimi ağa girdi katmanından yapılır. Ara katmanlarda işlenip oradan çıktı katmanına gönderilirler. Bilgi işlemeden kasıt ağa gelen bilgilerin ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürülmesidir. Ağırlıkların doğru çıktılar üretmesi için ağırlıkların doğru değerlerinin olması gerekmektedir. Doğru ağırlıkların bulunması işlemine ağırlık eğitimi denmektedir. Bu değerler başlangıçta rasgele atanırlar. Sonrasında eğitim sırasında tüm örnekler ağa gösterildiğinde ağırlıklar ağırlık öğrenme kuralına göre değiştirilir. Daha sonra başka bir örnek ağa sunulur, ağırlıklar yine değiştirilir ve en doğru değerleri elde edilmeye çalışılır. Ağ eğitim setindeki örneklerin tamamı için doğru çıktılar üretinceye kadar bu işlemler tekrarlanır. Bunların sağlanmasının ardından yapay Sinir Ağları test setindeki örnekler ağa gösterilir. Eğer ağ test setindeki örneklere doğru cevaplar verirse ağ eğitilmiş kabul edilmektedir. Ağırlıklar belirlendikten sonra tüm ağırlıkların ne anlama geldiği bilinmemektedir. Bu nedenle yapay sinir ağlarına “kara kutu” benzetmesi yapılmaktadır. Ağırlıkların tek tek ne anlama geldikleri bilinmemektedir bununla birlikte ağırlıklar hakkındaki kararını bu ağırlıklar kullanarak vermesi, ağırlıkların bu ağırlıklarda saklandığı söylenebilir.

Ağın bir olayı öğrenmesi o olay için en doğru yapay sinir ağı modelini seçmekle mümkündür. Şu ana kadar bir çok yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Bir yapay sinir ağının modelini şu bilgiler belirlemektedir.

- Ağın topolojisi
- Kullanılan toplama fonksiyonu

- Kullanılan aktivasyon fonksiyonu
- Öğrenme stratejisi
- Öğrenme kuralı

En yaygın olarak kullanılanlar modeller, tek ve çok katmanlı algılayıcılar, LVQ, ART ağları, SOM, Elman ağı gibi ağlardır. Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmaları tek katmanlı algılayıcılarla başlamıştır. Bu algılayıcıların en önemli özellikleri problem uzayını bir doğru veya bir düzlem ile sınıflara ayırmalarıdır. Problemin girdileri ağırlıklar ile çarpılıp toplanmasının ardından elde edilen değer bir eşik değerinden büyük veya küçük olmasına göre girdinin sınıfı belirlenir. Sınıflar 1 veya -1 rakamları (bazen 1 ve 0 rakamları) ile gösterilir. Öğrenme sırasında hem ağırlıklar hem de eşik değer ünitesinin ağırlık değeri değiştirilir. Eşik değer ünitesinin çıktısı sabit olup 1'dir. Bilinen en nemli tek katmanlı algılayıcılar şunlardır. Basit tek katmanlı algılayıcılar (perceptron) ADALINE/MADALINE üniteleridir. Bu modelleri birbirinden ayıran tek şey öğrenme kuralıdır. Basit tek katmanlı algılayıcılarda ağırlıklar değiştirilir iken girdilerin öğrenme katsayısı ( $\lambda$ ) denilen bir sabit ile çarpılıp ağırlıklara eklenmesi veya çıkartılması ile gerçekleştirilir. Ağa sunulan girdilere dayanarak üretilen çıktının değerine göre ağırlıklar artırılır veya azaltılır.

ADALINE ünitesinde ise ağırlıkların değiştirilmesi beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farka dayanarak gerçekleştirilir. Aradaki bu fark hata olarak kabul edilirse; yeni ağırlık değerleri bu hatanın bir öğrenme katsayısı ( $\alpha$ ) ile girdilerin çarpılmasının sonucu elde edilen değer eski ağırlıklara ilave edilmesi ile belirlenir.

ADALINE üniteleri bir araya gelerek MADALINE ağının oluştururlar. MADALINE ağı ile ADALINE ünitesinin öğrenme kuralı aynıdır. MADALINE ağında ADALINE üniteleri birbirlerine AND veya OR operatörlerini kullanarak bağlanırlar. Bu operatörler alışılmış mantıkta kullanıldıkları şekilde kullanılırlar. Her ADALINE çıktısı bu operatörler yöntemi ile MADALINE ağının çıktısına dönüştürülürler. Tek katmanlı algılayıcıların en belirgin problemi doğrusal olmayan olayları öğrenememeleridir bu nedenle bu yöntemler geliştirilmiş ve yeni modeller oluşturulmuştur.

Yapay sinir ağlarının günümüzde en çok kullanılan modeli çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) ağlarıdır. Bu ağların niteliği özellikle mühendislik problemlerinin %95'ine çözüm üretebilecek kapasitede olmalarıdır. ÇKA ağları XOR problemini çözebilmek için yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu ağlar 3 katmandan oluşmaktadır

- Girdi katmanı: Dış dünyadan bilgileri alır. Bu katmanda herhangi bir bilgi işleme yapılmaz.
- Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgileri işlerler. Bir adet ara katman ile birçok problem çözülebilir. Ağın öğrenmesi istenilen problemin girdi/ çıktı arasındaki ilişkisinin doğrusal olmama ve karmaşıklık artma durumlarında birden fazla sayıda ara katmanda kullanılabilir.
- Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağa girdi katmanından sunulan girdi için ağın ürettiği çıktıyı bulur.

Bu çıktı dış dünyaya iletilir. Girdi ve çıktı katmanlarında proses elemanının sayısına probleme göre karar verilir. Ara katman sayısı ve her ara katmandaki proses elemanı sayısının değerini gösteren bir yöntem yoktur. Bu deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Girdi katmanındaki proses elemanlarının her birisi ara katmandaki proses elemanlarının tümüne bağlıdır. Onlar da çıktı katmanındaki proses elemanlarının tümüne bağlıdır. Bilgi akışı girdi katmanından ara katmana sonra da çıktı katmanına ileri doğrudur.

ÇKA ağının eğitilmesi “genelleştirilmiş delta kuralına göre gerçekleşmektedir. ÇKA ağları öğretmenli öğrenme stratejileri kullandıkları için eğitim esnasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık ağın üretmesi gereken çıktılar ağa gösterilirler. Kullanılan öğrenme kuralının felsefesi eğitim esnasında ağın ürettiği çıktılarla üretmesi gereken Papatya Yayıncılık Eğitim (beklenen) çıktılar arasındaki farkın (hatanın) ağın ağırlıklarına dağıtılarak zamanla bu farkın en aza indirgenmesidir. Öğrenme sırasında öncelikle girdiler ağa sunulup bu girdilere karışıklık gelen çıktılar üretilir. Bu işleme ileri doğru hesaplama adı verilir. Daha sonra üretilen çıktı ile beklenen çıktı karşılaştır

ve aradaki hata geriye doğru dağıtılarak ağırlıklar değiştirilirler. Buna da geriye doru hesaplama denmektedir. ÇKA ağlarının olayları öğrenmesini etkileyen faktörler bunlardır.

- Örneklerin seçilmesi
- Girdi ve çıktıların ağa sunulması
- Girdi ve çıktılarının sayısal gösterimi
- Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması
- Öğrenme ve momentum katsayılarının belirlenmesi
- Örneklerin ağa sunulması
- Ağırlıkların değiştirilme zamanları
- Girdi ve çıktılarının ölçeklendirilmesi
- Durdurma kriterinin belirlenmesi
- Ağların büyütülmesi ve budanması

ÇKA ağlarının tasarımcıları bu faktörleri dikkatlice değerlendirmeli ve problemin çözümü için en uygun yaklaşımı kullanmalıdırlar. Bölüm içinde değişik yaklaşımlar örnekler ile anlatılmıştır. ÇKA ağlarının eğitim performansını ölçmek için eğitimin bitmesinin ardından ağın eğitim esnasında görmediği örnekler ağa gösterilerek bunlar hakkında ağın kararına bakılır. Ağ görmediği örneklere doğru cevaplar üretiyorsa o zaman performansı iyidir ve layı öğrenmiştir denir. ÇKA ağlarının mühendislik problemlerindeki başarılı uygulamaları ilgi görmektedir.

Özellikle;

- Sınıflama
- Tahmin etme
- Tanıma
- Yorumlama
- Teşhis etme

Konularında finans dünyasından tıp bilimine kadar bir çok alanda başarılı uygulamalar görülmektedir. Taguchi'nin kalite tasarım metoduna alternatif olarak geliştirilen bir ÇKA ağı bölüm içinde tanıtılmıştır. Problemin tanıtılması ve ağın eğitilmesinin sonucunda Taguchi'nin yaklaşık %6 hata ile tahmin ettiği üretim kombinasyonunu ÇKA ağı %25 gibi çok küçük bir hata ile daha başarılı bir şekilde tahmin etmiştir. ÇKA ağının problem hakkında ön bilgi istememesi, doğrusal olmayan ilişkileri dikkate alması gibi faydalarının olduğu da görülmüştür; bu, geleneksel yöntemlere alternatif olacağını da göstermektedir.

### **3.3. Makro-Simülasyon Modellemesi (VISUM)**

Ulaştırma yatırımları, pahalı ve uygun olmaması durumunda geri dönüşü zor olan yatırımlardır. Yapılacak bir planlamanın veya düzenlemenin ne kadar verimli olacağını önceden tahmin edilebilmesi ulaşım alanında çok önemlidir. Dolayısıyla, yapılacak planlama ve düzenlemelerin, sahaya uygulanmadan önce bilgisayar ortamında tahmin edilmesi (mikro, mezo ve makro- simülasyon) ulaşım mühendisleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü, simülasyon güvenli, ucuz ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Mikro ve mezo-simülasyonlar, daha çok tek kavşak veya bir koridor için kullanılırken, makro-simülasyonlar, makro ölçekte plan ve yapılacak iyileştirmeleri değerlendirme amacı ile kentlerdeki ulaşım taleplerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan birçok program olmakla birlikte bu çalışmada PTV firması tarafından üretilen VISUM programı kullanılmıştır.

VISUM, ağ ve talep modellemesi, beklenen trafik akımının analizi, toplu taşıma servislerinin planlanması, ulaşım stratejilerinin ve çözümlerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan bir yazılımdır. Zonlar arasında oluşacak ulaşım talebinin, ulaşım sistemi tabanlı, zaman çizelgeli ve aralık tabanlı olarak sisteme tanımlanmaktadır.

Ulaşım ana planı;

- Yol ve demiryolu ağlarının çeşitli kaynaklardan (OSM, shape, Google Transit vs.) içe aktarımı
- Uygun çok modlu talep modelinin hesaplaması
- Modele uygun atama yönteminin seçimi

Toplu taşıma planlaması;

- Hat optimizasyonu
- Fayda-maliyet analizi
- Operasyonel planlama

Trafik mühendislik uygulamalarının analizi;

- Sinyal programlarının optimizasyonu
- Mikro ölçekli analizler için simülasyon ağının oluşturulması

Maliyet analizi;

- Yol inşaatı yatırımlarının belli standartlara göre ekonomik olarak değerlendirmesi
- Toplu taşıma hatlarının operasyonel gelir ve giderlerinin hesaplanması

Yolların inşası ve geliştirilmesi;

- Yol ağının iyileştirilmesi için trafik akımının optimizasyonu
- Farklı senaryoların modellenmesi
- Çevresel etki analizleri

gibi toplu taşıma sistemlerinin kapsamlı analizleri VISUM yardımıyla yapılabilmektedir. Zonlar arasında oluşan ulaşım talepleri, zaman çizelgeli (time-table based), ulaştırma

sistemi tabanlı (TSys based) ve aralık tabanlı (Headway based) atama yöntemleri kullanılarak atanmaktadır.

Ulaştırma sistem tabanlı atamalar, özellikle gelecekte oluşması beklenen yolculukların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu atama yöntemi ile şu anda mevcut olan hiçbir toplu taşıma hattı ve durakları kullanılmadan, zonlar arasında oluşacak yolculuklar belirlenmektedir. Bu atamada, en kısa rota yöntemi kullanılmakta ve yolculukların oluşacağı koridorlar belirlenmektedir.

Aralık tabanlı prosedür için her bir hat, hat güzergahı ile tanımlanır. Aslında, bu bilgiyi içeren zaman profilidir ve ana yol prosedürü bu model düzeyinde çalışır. Transfer bekleme süreleri genellikle dünya çapında kabul görür. Bu, farklı hatların kalkışlarının birbirinden bağımsız olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, açık modelleme ile hatların paylaşılan bir bölümdeki her biri aynı boşlukta çalıştığı veya iki hat arasında sabit bir geçici bekleme süresi olduğu ifade edilebilir. Aralık temelli prosedür ataması üç operasyonel adım içerir. Bununla birlikte, açık modelleme ile hatların paylaşılan bir bölümdeki her biri aynı boşlukta çalıştığı veya iki satır arasında sabit bir geçici bekleme süresi olduğu ifade edilebilir.

Yol temelli prosedür ataması üç operasyonel adım içerir.

1. Headway hesaplama
2. Rota arama ve rota seçimi
3. Rota yükleme (Bir başlangıç varış yeri çiftinin toplam talebi, en düşük empedanslı rotaya tayin edilir)

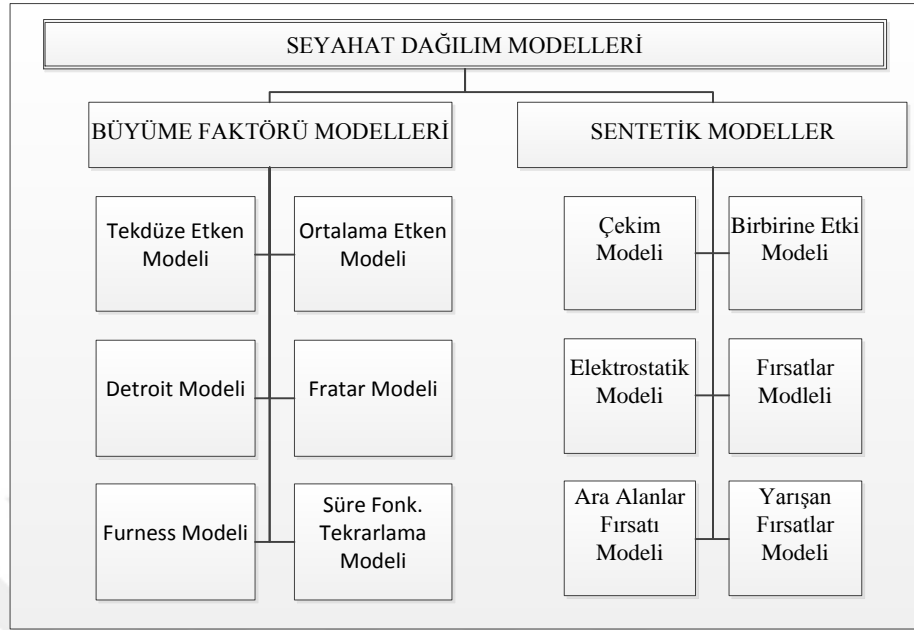
Toplu taşıma hatlarının tüm hizmetleri kesin kalkış ve varış zamanları dikkate alındığında, arama yöntemine zaman çizelgesi adı verilir. Zaman çizelgesine dayalı yöntemler, bir hat ağı planı ve detaylı bir zaman çizelgesi analiz edildiğinde toplu taşıma arzı için mevcut olduğunda atamalar ve göstergelerin hesaplanması için

uygundur. Bu atamada, zaman çizelgesinin koordinasyonu hesaba katılır ve bu nedenle gösterge verisi hesaplamasının çok kesin sonuçlar alması sağlanır.

Zaman çizelge bazlı metot, her bir başlangıç-varış çifti için bağlantıları hesaplar. Araştırmada, yolcuların zaman çizelgesi bilgisine sahip olduğu ve ilk toplu taşıma hattındaki kalkışa göre erişim zamanlarını seçtikleri varsayılmaktadır. Arama sırasında kullanıcı, arama empedansı aracılığıyla farklı şekillerde bulunan bağlantı türlerini etkileyebilir. Bağlantı araması için, eldeki alternatiflerin sayısı ile bellek ve hesaplama süresi gereklilikleri arasındaki farklı uyumsuzlukları temsil eden iki değişken (dal ve bağlı değişken, en kısa yol) sunulmaktadır. Bağlantıların ön seçimi sırasında, arama algoritması tarafından sağlanan bağlantılar, bazılarının önemli derecede düşük kalitede olup olmadıklarına ve dolayısıyla silinebileceklerine ilişkin genel kriterler ile analiz edilir. Bu çalışmada, zaman çizelge bazlı atama yapılarak dal ve bağlı araştırma algoritması kullanılmıştır.

Belirli bir amaç için seyahat etme kararına yolculuk üretimi denilmektedir. Zonlarda üretilen ve çekilen yolculukların zonlar arasında dağılımları klasik yolculuk dağılım modelleri kullanılarak yapılmaktadır. Yolculukların zonlar arasındaki dağılımını uç noktaların üretim ve çekimleri ile yolculuk süreleri belirlemektedir. Mevcut üretilen ve çekilen yolculuklar matris şeklinde gösterilir. Gelecek için tahmin edilen yolculuklar ise ayrı matrislerle gösterilir. Bu matrislerde, satır toplamları, satır başındaki zonun diğer zonlar için ürettiği yolculukların toplamını gösterirken, sütun toplamları ise sütun başındaki zona diğer zonlardan çekilen toplam yolculukları göstermektedir. Yolculuk dağılım modelleri iki ana grupta toplanabilir (Şekil 3.1).





**Şekil 3.1.** Seyahat dağılım modelleri

Büyüme modellerinde, çalışma alanı içinde belirlenen zonlar arasındaki yolculuklar için büyüme katsayısı uygulanmaktadır. Bu modeller, sadece başlangıç noktası ve varış noktasındaki göreceli büyüme oranlarına cevap bulabilen bir yöntemdir ve kısa-vadeli dışa dönük eğilim tahmini için uygundur. Sentetik modellerde ise mevcut yolculuğun nedeni açıklanarak buna uyan model kurulur. Modeldeki girdi değerleri ile gelecek için değiştirilecek zonlar arasındaki yolculuk dağılımı hesaplanır. Sentetik modellerden en çok kullanılanlarından birisi çekim (gravity) modelidir. Bu modelde, seyahat etme davranışı ve bunun dış faktörlerden etkilenme şekillerine dair varsayımlardan başlanır. Gravite modellerinin kullanımında önemli bir özellik kalibre edilebilmesidir yani parametrelerini sabitleyebilmedir ki böylece mevcut yıl yolculuk örneği modelle iyi bir şekilde temsil edilir.

Bir çalışma alanındaki yolculuk örneği, yolculuk matrisi ya da başlangıç-varış noktası (B-V) matrisi ile temsil edilebilir. Bu, çalışma alanındaki her bölgeyi temsil eden sütun ve satırların olduğu ikiboyutlu hücre dizisidir. Yolculuk matrisi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

| Zonlar | 1        | 2        | ... | j        | ... | n        | Üretim |
|--------|----------|----------|-----|----------|-----|----------|--------|
| 1      | $T_{11}$ | $T_{12}$ | ... | $T_{1j}$ |     | $T_{1n}$ | $O_1$  |
| 2      | $T_{21}$ | $T_{22}$ | ... | $T_{2j}$ | ... | $T_{2n}$ | $O_2$  |
| ⋮      | ...      | ...      | ... | ...      | ... | ...      | ⋮      |
|        | $T_{i1}$ | $T_{i2}$ | ... | $T_{ij}$ | ... | $T_{in}$ | $O_i$  |
| ⋮      |          |          | ... | ...      | ... | ...      | ⋮      |
| n      | $T_{n1}$ | $T_{n2}$ | ... | $T_{nj}$ |     | $T_{nn}$ | $O_n$  |
| Çekim  | $D_1$    | $D_2$    | ... | $D_j$    | ... | $D_n$    | T      |

burada,  $D_i = \sum_j T_{ij}$ ,  $O_i = \sum_j T_{ij}$ , ve  $T = \sum_{ij} T_{ij}$

**Şekil 3.2.** Başlangıç noktası-variş noktası yolculuk matrisi düzeni

Her satırın hücrelerindeki  $i$ , karşılık gelen sütunlardaki variş bölgelerinde başlayan yolculuklardır.  $T_{ij}$ , başlangıç noktası  $i$  ve variş noktası  $j$  arasındaki yolculukların toplam sayısıdır.  $O_i$ ,  $i$  bölgesinde başlayan yolculukların toplam sayısıdır ve  $D_j$ ,  $j$  bölgesine çekilen yolculukların toplam sayısıdır. Bir satırdaki yolculukların toplamı, o bölgeden başlayan yolculukların toplam sayısına eşit olmalıdır. Bir sütundaki yolculukların toplamı, o bölgeye çekilen yolculukların sayısıdır. Bu iki kısıtlayıcı şu şekilde ifade edilebilir:

$\sum_j T_{ij} = O_i$   $\sum_i T_{ij} = D_j$ . Eğer hem  $O_i$  hem de  $D_j$ 'yi tahmin etmek için güvenilir bir bilgi varsa, model çifte kısıtlı olarak adlandırılır. Bazı durumlarda, bu kısıtlayıcılardan sadece biriyle ilgili bilgi olur, bu model tekli-kısıtlı olarak adlandırılır.

$$c_{ij} = \alpha_1 t_{ij}^{\phi} + \alpha_2 t_{ij}^w + \alpha_3 t_{ij}^t + \alpha_4 F_{ij} + \alpha_5 \phi_i + \delta \quad (3.70)$$

burada  $t_{ij}^{\phi}$ ,  $i$  ve  $j$  arasındaki araç-içi yolculuk süresidir;  $t_{ij}^w$ , molalara ve molalardan yürüme süresidir;  $t_{ij}^t$ , molalardaki bekleme süresidir;  $F_{ij}$ ,  $i$  ve  $j$  arasındaki yolculuğa ödenen ücrettir;  $\phi_i$ , variş noktasındaki park etme maliyetidir; ve  $\delta$ , uygunluk ve konforu temsil eden bir parametredir ve,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  maliyet fonksiyonunun her elementine bağlı ağırlıklardır.

### Büyüme faktörü yöntemleri:

Tekli büyüme faktörü

Mevcut tek bilgi, çalışma alanının tamamı için genel bir büyüme oranı ile ilgili ise, bunun sadece matristeki her hücreye uygulanacağını varsayabiliriz, yani tekdüze bir büyüme oranı. Denklem şu şekilde yazılabilir:

$$T_{ij} = fxt_{ij} \quad (3.71)$$

burada  $f$ , tekli büyüme faktörüdür;  $t_{ij}$ , yolculukların önceki toplam sayısıdır;  $T_{ij}$ , yolculukların genişletilmiş toplam sayısıdır. Avantajları, anlaşılması kolay olmaları ve kısa vadeli planlama için faydalı olmalarıdır. Sınırlama, tüm bölgeler ve cazibe merkezleri için aynı büyüme faktörünün varsayıldığıdır.

İki kat kısıtlı büyüme faktörü modeli

Her bölgede meydana gelen ve sonlanan seyahatlerin sayısındaki artış hakkında bilgi mevcut olduğunda, her zona ve zondan yapılan geziler için farklı büyüme oranlarının olacağını ve sonuç olarak her bölge için iki büyüme faktörü olacağı bilinmektedir. Bu, söz konusu model için iki kısıtlama olduğunu ve böyle bir modele iki katına çıkmış büyüme faktörü modeli denir. Böyle bir modeli çözme yöntemlerinden biri  $a_i$  ve  $b_j$  dengeleme faktörlerini tanıtan Furness tarafından aşağıdaki gibi verilir:

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot a_i \cdot b_j \quad (3.72)$$

Bu gibi durumlarda, daha sonra her bir satır veya sütundaki hücre girişlerine uygun şekilde uygulanan bir dizi ara düzeltme katsayısı hesaplanır. Her düzeltmeyi söylemek için bu düzeltmeleri uyguladıktan sonra, her sütun için toplamlar hesaplanır ve hedef

değerlerle karşılaştırılır. Farklılıklar önemliyse, düzeltme katsayıları hesaplanır ve gerekirse uygulanır. Prosedür aşağıda verilmiştir:

1.  $b_j = 1$  olarak belirlenir.
2.  $b_j$  ile yolculuk yaratma kısıtlamasını karşılamak için  $a_i$  ile çözülür.
3.  $a_i$  ile yolculuk yaratma kısıtlamasını karşılamak için  $b_j$  ile çözülür.
4. Matrisi güncellenir ve hatalar kontrol edilir.
5. Hata yeterince küçülene kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.

Burada hata şöyle hesaplanır:  $E = \sum |O_i - O_i^1| + \sum |D_i - D_i^1|$  bölgesinden gerçek üretimlere karşılık gelir ve  $O_i^1$ , o bölgeden hesaplanan üretimlerdir. Benzer şekilde  $D_j^1$ ,  $j$  bölgesinden gerçek cazibe noktalarıdır ve  $D_j^1$  bu bölgeden hesaplanan cazibe merkezleridir.

Burada hata şöyle hesaplanır:  $E = \sum |O_i - O_i^1| + \sum |D_i - D_i^1|$ ; burada  $O_i$ ,  $i$  bölgesinin gerçek üretimlerine karşılık gelir ve  $O_i^1$  bu zondan hesaplanan üretimlerdir. Benzer şekilde  $D_i^1$ ,  $j$  zonundan olan gerçek çekimdir ve  $D_i^1$  bu bölgeden hesaplanan çekimlerdir.

Büyüme faktörü modelinin avantajları ve sınırlamaları:

Bu yöntemin avantajları:

- Anlaması basit.
- Gözlemlenen açma düzenini koruyun.
- Kısa vadeli planlamada kullanışlıdır.

Sınırlamalar:

- Gözlenen açma düzenine büyük ölçüde bağlıdır.

- Gözlenmemiş yolculukları açıklayamaz.
- Seyahat maliyetindeki değişiklikleri dikkate almayın.
- Bir modun başlatılması gibi politika çalışmaları için uygun değildir.

### Çekim (Gravity) modeli:

Bu model esasında Newton'un yerçekimi yasasına dair bir benzerlikten üretilmiştir. Newton'un yerçekimi yasasında belirtildiği üzere,  $F = G \cdot M_1 \cdot M_2 / d_3^2$ 'dir. Benzer şekilde  $T_{ij} = C \cdot O_i \cdot D_j / c_{ij}^n$  olur. Denge faktörleri  $T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij})$  olur. Burada,  $A_i$  ve  $B_j$  denge faktörleridir,  $f(c_{ij})$  seyahat maliyetinin genelleştirilmiş fonksiyonudur. Bu fonksiyona direnım fonksiyonu denilir çünkü mesafe (zaman) ya da maliyet arttıkça seyahat etmedeki engeli temsil eder. Bu fonksiyonun bazı versiyonları şöyledir:

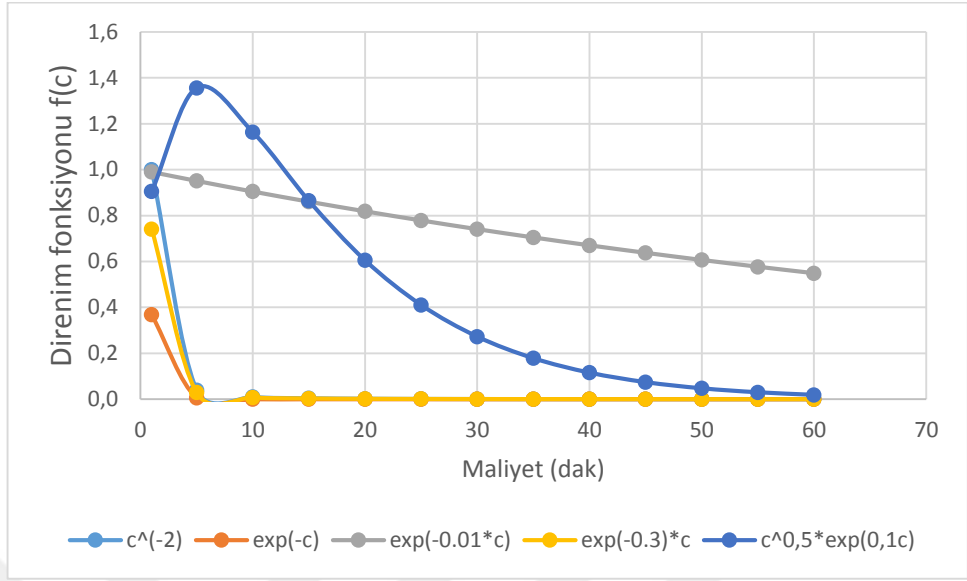
$$f(c_{ij}) = e^{-\beta c_{ij}} \quad (3.73)$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n} \quad (3.74)$$

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-n} \cdot e^{-\beta c_{ij}} \quad (3.75)$$

Birinci denkleme üstel fonksiyon, ikincisine güç fonksiyonu, üçüncü denklemin ise üstel ve güç fonksiyonunun bir kombinasyonu denir. Parametrelerinin farklı değerleri açısından bu fonksiyonların genel şekli şekilde gösterilmiştir.

Farklı direnım fonksiyonlarının görsel karşılaştırmaları Şekil 3.3'te verilmiştir. Şekil 3.3'e bakılacak olursa, 2 tane kuvvet fonksiyonu, 3 tane de üslü fonksiyon görülmektedir. Üslü fonksiyonların karşılaştırması yapılacak olursa, tamamında seyahat talebi eğrinin başından sonuna doğru azalmaktadır. Ancak,  $\exp(-c)$ 'de eğri başlangıcından sona kadar yolculuk talebi azalırken,  $\exp(-0.01 \cdot c)$  ve  $\exp(-0.3) \cdot c$ 'de ise seyahat maliyeti eğrinin başlangıcı için yeterince fazla değildir.



**Şekil 3.3.** Başlangıç noktası-varış noktası yolculuk matrisi düzeni

Model, bölgeler arasındaki mesafenin veya seyahat maliyetinin işlevini azaltarak mesafenin etkisinin daha iyi modellenebileceği varsayılarak genelleştirilmiştir. Bu işlem, "direnim fonksiyonu" ile yapılır, çünkü bu fonksiyon mesafe (zaman) veya maliyet arttıkça seyahat etmenin caydırıcılığını temsil eder.

Büyüme faktörü modelinde olduğu gibi, burada da tekli ve çiftli kısıtlayıcı modellerimiz vardır.  $T_{ij} = A_i \cdot O_i \cdot B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij})$  ifadesi çiftli kısıtlayıcı modelin klasik versiyonudur. Tekli kısıtlayıcı versiyonlar bire eşit olan tekli  $A_i$  ya da  $B_j$  dengeleyici faktör grupları oluşturarak üretilebilir. Bu yüzden, tekli kısıtlayıcı modele çiftli kısıtlayıcı modelden üretilebilen özel bir durum muamelesi gösterilebilir.

$$\sum_i T_{ij} = \sum_i A_i \cdot O_i \cdot B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij}) \quad (3.76)$$

fakat

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (3.77)$$

Bu yüzden,

$$D_j = B_j \cdot D_j \sum_i A_i \cdot O_i \cdot f(c_{ij}) \quad (3.78)$$

Bu şekilde, dengeleyici faktör olan  $B_j$ 'yi şöyle bulabiliriz

$$B_j = \frac{1}{\sum_i A_i \cdot O_i \cdot f(c_{ij})} \quad (3.79)$$

$B_j$ , aşağıdaki denklemle bulunabilen  $A_i$ 'ya dayanmaktadır.

$$A_i = \frac{1}{\sum_j B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij})} \quad (3.80)$$

Görebildiğimiz üzere, hem  $A_i$  hem de  $B_j$  birbirine bağlıdır. Bu yüzden, bazı tekrarlama prosedürleri Furness yöntemininkine benzerlik göstermektedir. Çözüm prosedürü aşağıda maddeler halinde anlatılmıştır.

1.  $B_j = 1$  alınarak denklem 3.80 yardımıyla  $A_i$  bulunur.
2. Denklem 7 kullanılarak  $B_j$  bulunur.
3. Hata  $E = \sum |O_i - O_i^1| + \sum |D_i - D_i^1|$  ile hesaplanır. Burada,  $O_i$   $i$  bölgesindeki gerçek üretime karşılık gelir ve  $O_i^1$  bu bölgedeki hesaplanan üretimdir. Benzer şekilde  $D_i$   $j$  bölgesindeki gerçek çekimlerdir ve  $D_i^1$  bu bölgedeki hesaplanan çekimleri ifade eder.
4. Tekrar  $B_j = 1$  oluşturulur  $A_i$  bulunur, ayrıca  $B_j$  bulunur. Hata yaklaşık sıfır olana kadar bu adımlar tekrar edilir.

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında, çalışma alanında zonlar arası maliyet matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan matris küçük bir örnekle aşağıda anlatılmıştır.

Çizelge 3.1’de verilen maliyet matrisini ele alalım. Burada maliyetler, zonlar arası seyahat (başlangıç-varış çifti) için dakika cinsinden ifade edilmiştir. Bu matriste aynı zamanda seyahat üretimin modellerinden elde edilen hedef üretim ve hedef çekim miktarları da girilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çekim modeli tahmini için maliyet matrisi ve seyahat toplamları

| <b>Maliyet matrisi (dak) (C<sub>ij</sub>)</b> |                    |                   |                  |                 |               |
|---|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------|
| <b>Seyahat Süresi</b>                         | <b>Akşemsettin</b> | <b>Yunus Emre</b> | <b>Başbağlar</b> | <b>Barbaros</b> | <b>Üretim</b> |
| <b>Akşemsettin</b>                            | 1                  | 2                 | 4                | 3               | 177           |
| <b>Yunus Emre</b>                             | 3                  | 1,5               | 4                | 2               | 194,5         |
| <b>Başbağlar</b>                              | 5                  | 5                 | 2                | 3               | 157           |
| <b>Barbaros</b>                               | 4                  | 3                 | 4                | 1               | 149           |
| <b>Çekim</b>                                  | 177                | 194,5             | 157              | 149             | 677,5         |

Çekim modeli, üssel bir fonksiyon olan  $T_{ij} = a_i \cdot b_j \cdot \exp(-\beta c_{ij})$  direnim fonksiyonu ile ifade edilmiştir. En uygun  $\beta$  değeri olarak 0.1 alınmıştır ve  $c_{ij}$  her bir başlangıç-varış çiftinin seyahat maliyeti olarak hesaba katılmıştır. Direnim fonksiyonu ve maliyet matrisini kullanılarak direnim matrisini elde edilmiştir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Direnim matrisi

| <b>Direnim fonksiyonu <math>f(c_{ij})=\exp(-0,1*c_{ij})</math></b> |                    |                   |                  |                 |               |
|--|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------|
| <b>Zonlar</b>  | <b>Akşemsettin</b> | <b>Yunus Emre</b> | <b>Başbağlar</b> | <b>Barbaros</b> | <b>Üretim</b> |
| <b>Akşemsettin</b>   | 1,63               | 2,50              | 4,25             | 3,37            | 11,75         |
| <b>Yunus Emre</b>  | 3,37               | 2,06              | 4,25             | 2,50            | 12,19         |
| <b>Başbağlar</b>   | 5,12               | 5,12              | 2,50             | 3,37            | 16,11         |
| <b>Barbaros</b>  | 4,25               | 3,37              | 4,25             | 1,63            | 13,49         |
| <b>Çekim</b>   | 14,37              | 13,06             | 15,24            | 10,88           | 16,46         |

Direnim fonksiyonu elde edildikten sonra çiftli kısıtlayıcı çekim modelinin uygulanması yapılmıştır. Bunun için  $T_{ij} = A_i x O_i x B_j x D_j f(c_{ij})$  denklemi kullanılmıştır. İlk adımda



$B_j = 1$  alınarak denklem 8 yardımıyla  $A_j$  hesaplanmış, ve elde edilen çift kısıtlayıcı çekim matrisinin hedef üretim ve çekimden olan farkları bulunmuştur (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3.** Birinci iterasyon

| $T_{ij}=A_i.O_i.B_j.D_j.f(c_{ij})$ |             |            |           |          |        |       |           |
|------------------------------------|-------------|------------|-----------|----------|--------|-------|-----------|
| Zonlar                             | Akşemsettin | Yunus Emre | Başbağlar | Barbaros | Toplam | Hedef | Hata (%)  |
| <b>Akşemsettin</b>                 | 26,24       | 44,29      | 60,70     | 45,77    | 177    | 177   | 1,605E-14 |
| <b>Yunus Emre</b>                  | 56,99       | 38,33      | 63,62     | 35,56    | 194,5  | 194,5 | -1,46E-14 |
| <b>Başbağlar</b>                   | 50,86       | 55,89      | 22,04     | 28,22    | 157    | 157   | -1,81E-14 |
| <b>Barbaros</b>                    | 48,33       | 42,20      | 42,87     | 15,60    | 149    | 149   | 1,90E-14  |
| Toplam                             | 182,4       | 180,7      | 189,2     | 125,2    | 677,5  |       |           |
| Hedef                              | 177         | 194,5      | 157       | 149      |        |       |           |
| Hata (%)                           | -3,0617     | 7,0960     | -20,5294  | 16,0059  |        |       |           |

Sekizinci iterasyondan sonra elde edilen hata terimleri yeterince küçük olduğundan, burada iterasyona son verilmiştir (Çizelge 3.4).

**Çizelge 3.4.** Sekizinci iterasyon

| $T_{ij}=A_i.O_i.B_j.D_j.f(c_{ij})$ |             |            |           |          |        |       |          |
|------------------------------------|-------------|------------|-----------|----------|--------|-------|----------|
| Zonlar                             | Akşemsettin | Yunus Emre | Başbağlar | Barbaros | Toplam | Hedef | Hata (%) |
| <b>Akşemsettin</b>                 | 25,30       | 47,54      | 49,88     | 54,28    | 177    | 177   | 0,0000   |
| <b>Yunus Emre</b>                  | 56,08       | 41,99      | 53,37     | 43,06    | 194,5  | 194,5 | 0,0000   |
| <b>Başbağlar</b>                   | 47,94       | 58,64      | 17,71     | 32,72    | 157    | 157   | 0,0000   |
| <b>Barbaros</b>                    | 47,68       | 46,34      | 36,05     | 18,94    | 149    | 149   | 0,0000   |
| Toplam                             | 177,0       | 194,5      | 157,0     | 149,0    | 677,5  |       |          |
| Hedef                              | 177         | 194,5      | 157       | 149      |        |       |          |
| Hata (%)                           | 0,0000      | 0,0000     | 0,0000    | 0,0000   |        |       |          |

Bu çalışma için yapılan tüm direnir fonksiyonları için elde edilen çekim matrisleri EK'te verilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

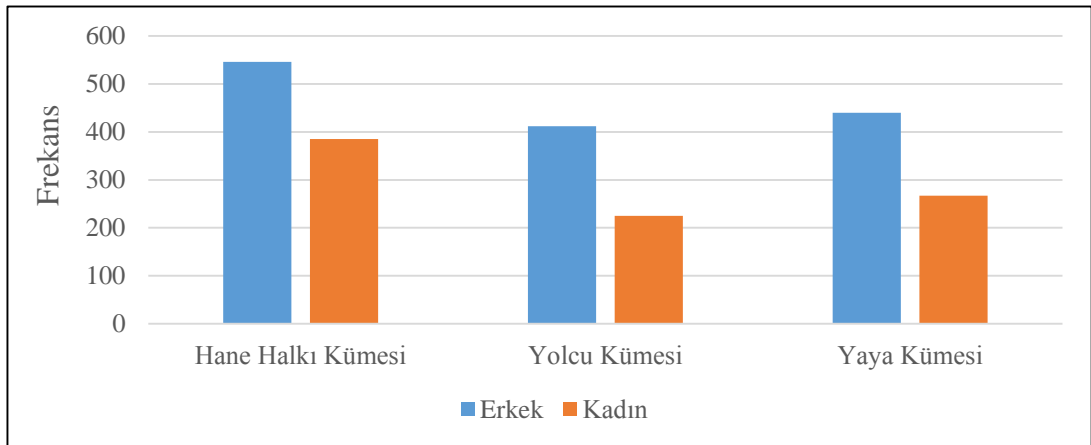
Bu bölümde, Erzincan ilinde yapılan hane halkı, yolcu ve yaya anketlerinden elde edilen veriler kullanılarak, il içerisindeki yolculuklar belirlenmiştir. Bu veriler üzerinden üçüncü bölümde anlatılan yöntemler yardımıyla yolculuk modellemeleri yapılmıştır. Daha sonra makro-simülasyon programı olan VISUM kullanılarak yolculuklar üretilmiş ve mevcut ulaşım sistemi (toplu taşıma ve özel araç) değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Erzincan ili içinde yapılan hane halkı, yolcu ve yaya anketlerinden elde edilen cinsiyet dağılımı Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanı popülasyonu dağılımı

| Cinsiyet | Hane Halkı |           | Yurt    |           | Yaya    |           |
|----------|------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
|          | Frekans    | Yüzde (%) | Frekans | Yüzde (%) | Frekans | Yüzde (%) |
| Erkek    | 546        | 58,6      | 412     | 64,7      | 440     | 62,2      |
| Kadın    | 385        | 41,4      | 225     | 33,1      | 267     | 36,6      |
| Toplam   | 931        |           | 637     |           | 707     |           |

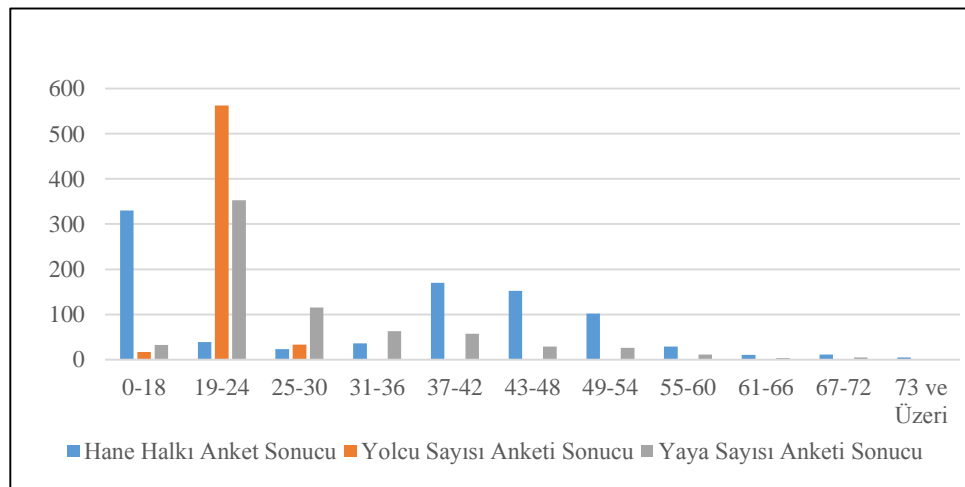


**Şekil 4.1.** Örneklem kümelerinin cinsiyete göre dağılımları

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde, çalışma alanında hane halkı örneklem kümesi 931 kişi, yolcu örneklem kümesi 637 kişi ve yaya örneklem kümesi 707 kişiden oluştuğu görülmektedir. Hane halkının %58,6 sı erkek, %41,4'ü kadın, yolcuların %64,7 si erkek, %33,1'i kadın, yayaların ise %62,2'si erkek %36,6'sı kadın olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Hane halkı, yolcu ve yayaların yaş dağılımı

| Yaş         | Hane Halkı Anket Sonucu |           | Yurt Anketi Sonucu |           | Yaya Sayısı Anketi Sonucu |           |
|-------------|-------------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------------|-----------|
|             | Frekans                 | Yüzde (%) | Frekans            | Yüzde (%) | Frekans                   | Yüzde (%) |
| 0-18        | 330                     | 36,38     | 17                 | 2,77      | 32                        | 4,61      |
| 19-24       | 39                      | 4,29      | 563                | 91,67     | 353                       | 50,80     |
| 25-30       | 23                      | 2,53      | 33                 | 5,37      | 115                       | 16,57     |
| 31-36       | 36                      | 3,96      | 1                  | 0,16      | 63                        | 9,07      |
| 37-42       | 170                     | 18,74     |                    |           | 57                        | 8,21      |
| 43-48       | 152                     | 16,75     |                    |           | 29                        | 4,17      |
| 49-54       | 102                     | 11,25     |                    |           | 26                        | 3,74      |
| 55-60       | 29                      | 3,20      |                    |           | 11                        | 1,58      |
| 61-66       | 10                      | 1,10      |                    |           | 3                         | 0,43      |
| 67-72       | 11                      | 1,21      |                    |           | 5                         | 0,72      |
| 73 ve Üzeri | 5                       | 0,55      |                    |           |                           |           |



**Şekil 4.2.** Örneklem kümelerinin yaş dağılımları

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2 incelendiğinde yaşa göre hane halkı, yolcu ve yaya örneklem kümesi içerisinde katılım dağılımları görülmektedir. Buna göre hane halkı örneklem kümesinde 0-18 yaş aralığında 30 kişi ve oranının %36,38 olduğu, 19-24 yaş aralığında 39 kişi ve oranının %4,29 olduğu, 25-30 yaş aralığında 23 kişi ve oranının %2,53 olduğu, 31-36 yaş aralığında 36 kişi ve oranının %3,96 olduğu, 37-42 yaş aralığında 170 kişi ve oranının %18,74 olduğu, 43-48 yaş aralığında 152 kişi ve oranının %16,75 olduğu, 49-54 yaş aralığında 102 kişi ve oranının %11,25 olduğu, 55-60 yaş aralığında 29 kişi ve oranının %3,20 olduğu, 61-66 yaş aralığında 29 kişi ve oranının %1,10 olduğu, 67-72 yaş aralığında 11 kişi ve oranının %1,21 olduğu, 73 ve üzeri yaş aralığında 5 kişi ve oranının %0,55 olduğu; Yolcu örneklem kümesinde 0-18 yaş aralığında 17 kişi ve oranının %4,61 olduğu, 19-24 yaş aralığında 563 kişi ve oranının %91,67 olduğu, 25-30 yaş aralığında 33 kişi ve oranının %5,37 olduğu, 31-36 yaş aralığında 1 kişi ve oranının %0,16 olduğu; yaya örneklem kümesinde 0-18 yaş aralığında 32 kişi ve oranının %4,61 olduğu, 19-24 yaş aralığında 353 kişi ve oranının %50,80 olduğu, 25-30 yaş aralığında 115 kişi ve oranının %16,57 olduğu, 31-36 yaş aralığında 63 kişi ve oranının %9,07 olduğu, 37-42 yaş aralığında 57 kişi ve oranının %8,21 olduğu, 43-48 yaş aralığında 29 kişi ve oranının %4,17 olduğu, 49-54 yaş aralığında 16 kişi ve oranının %3,74 olduğu, 55-60 yaş aralığında 11 kişi ve oranının %1,58 olduğu, 61-66 yaş aralığında 3 kişi ve oranının %0,43 olduğu, 67-72 yaş aralığında 5 kişi ve oranının %0,72 olduğu görülmektedir.

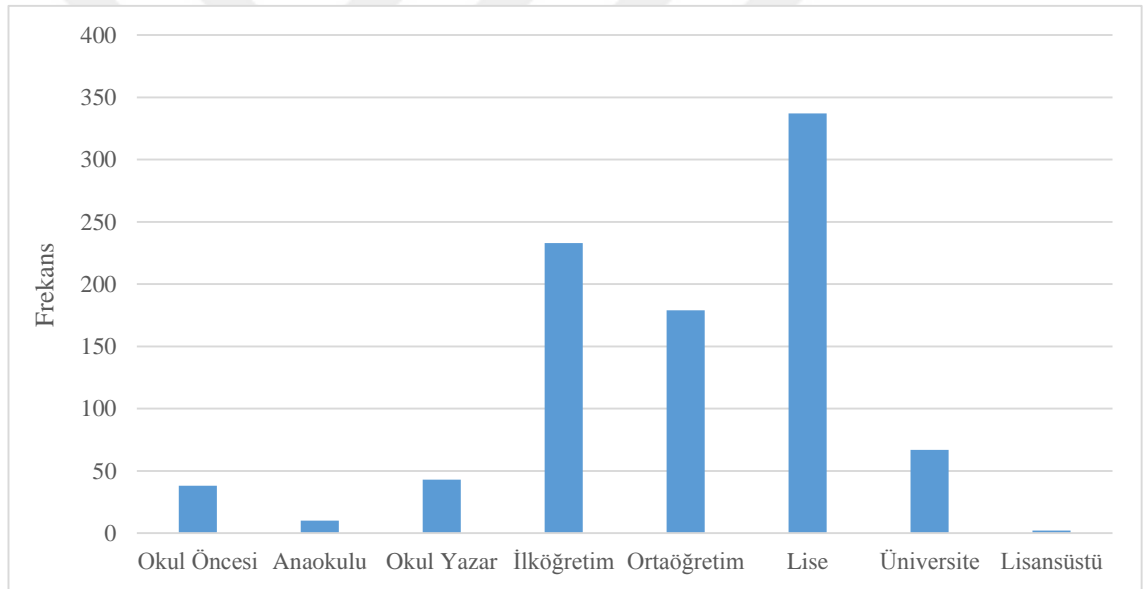
**Çizelge 4.3.** Hane halkı, yolcu ve yayaların yaptığı günlük yolculuk dağılımı

| Anket | Top. Kişi | T. Yolculuk | Kişi Başına | Hane Başına | H. Büyüklüğü |
|-------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Hane  | 931       | 2170        | 2,33        | 8,04        | 3,45         |

Çizelge 4.3 incelendiğinde hanelerde yaşayan 931 kişinin toplam 2170 yolculuk yaptığı, kişi başına ortalama yolculuğun 2,33 olduğu, hane başına düşen ortalama yolculuğun 8,04 olduğu ve hanelerde yaşayan kişi sayısının ortalama 3,45 kişi olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** Hane halkının eğitim durumu

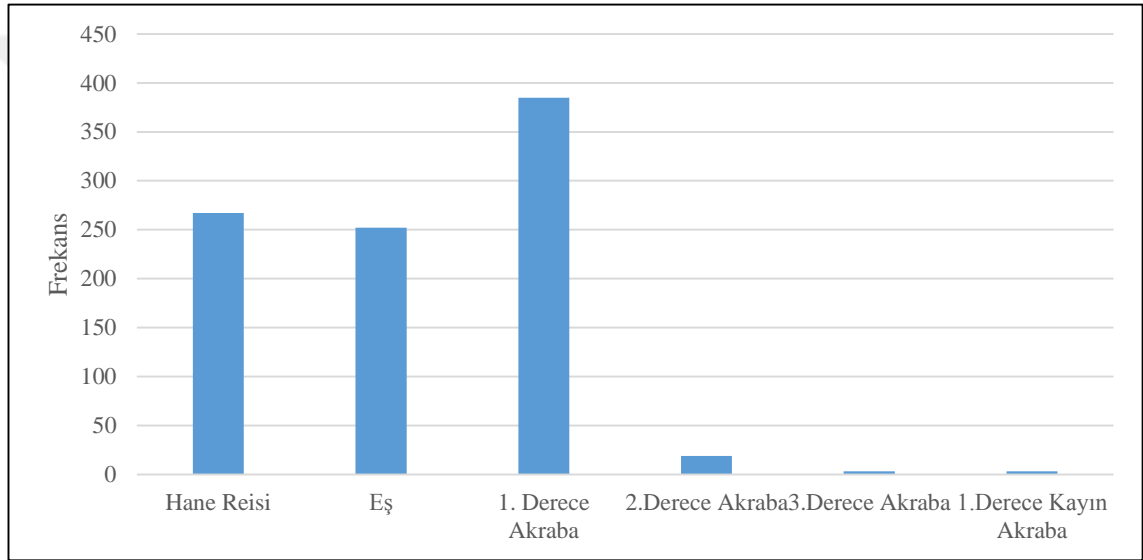
| Eğitim Durumu | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|---------------|---------|----------------|
| Okul Öncesi   | 38      | 4,1            |
| Anaokulu      | 10      | 1,1            |
| Okul Yazar    | 43      | 4,6            |
| İlköğretim    | 233     | 25,0           |
| Ortaöğretim   | 179     | 19,2           |
| Lise          | 337     | 36,2           |
| Üniversite    | 67      | 7,2            |
| Lisansüstü    | 2       | 0,2            |

**Şekil 4.3.** Hane içi eğitim durumu

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3 incelendiğinde hanelerde yaşayanların eğitim durumlarının 38 kişinin okul öncesi ve oranının %4,1, 10 kişinin anaokulu ve oranının %1,1, 43 kişinin okuryazar olduğu ve oranının %4,6, 233 kişinin ilköğretim mezunu olduğu ve oranının %25 olduğu, 179 kişinin ortaöğretim mezunu olduğu ve oranının %19,2 olduğu, 337 kişinin lise mezunu olduğu ve oranının %36,2 olduğu, 67 kişinin üniversite mezunu olduğu ve oranının %7,2 olduğu, 2 kişinin lisansüstü mezunu olduğu ve oranının %0,2 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.5.** Hane halkının demografik özellikleri

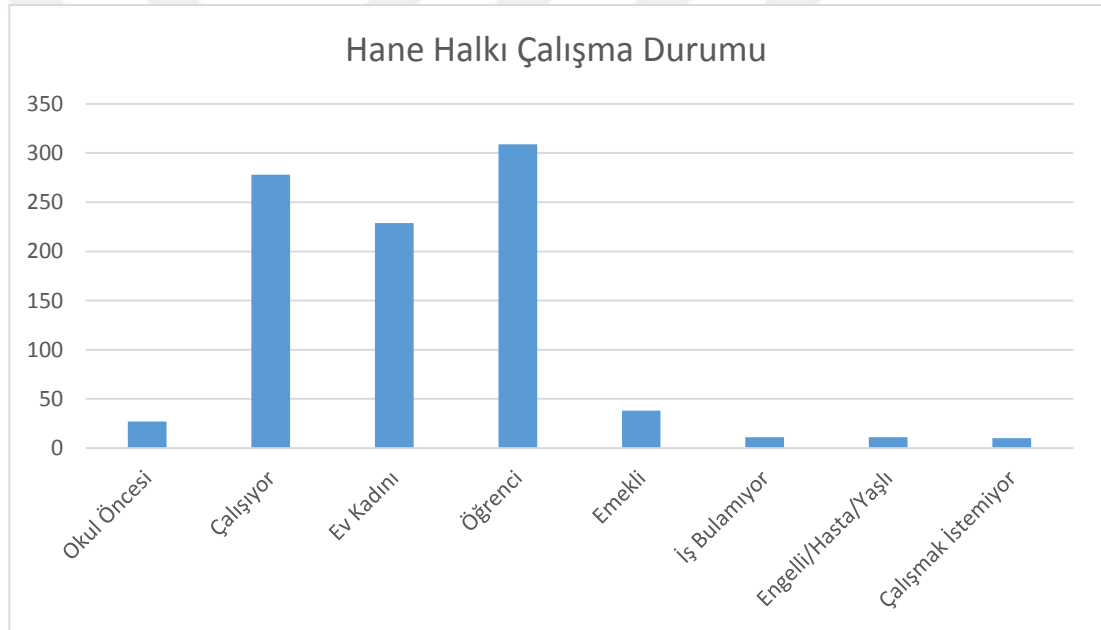
| Hane İçi Yakınlık     | Frekans | Yüzelik % |
|-----------------------|---------|-----------|
| Hane Reisi            | 267     | 28,70     |
| Eş                    | 252     | 27,10     |
| 1. Derece Akraba      | 385     | 41,40     |
| 2.Derece Akraba       | 19      | 2,00      |
| 3.Derece Akraba       | 3       | 0,30      |
| 1.Derece Kayın Akraba | 3       | 0,30      |

**Şekil 4.4.** Hane içi demografik özellikler

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4 incelendiğinde hane halkının demografik özelliklerinin Hane reisinin sayısının 267 ve oranının %28,70 olduğu, eş sayısının 252 ve oranının %27,10 olduğu, 1. Derece Akraba sayısının 385 ve oranının %41,40 olduğu, 2. Derece Akraba sayısının 19 ve oranının %2,00 olduğu 3. Derece Akraba sayısının 3 ve oranının %0,30 olduğu, 1. Derece Kayın Akraba sayısının 3 ve oranının %0,30 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.6.** Hane halkının çalışma/çalışmama durumu

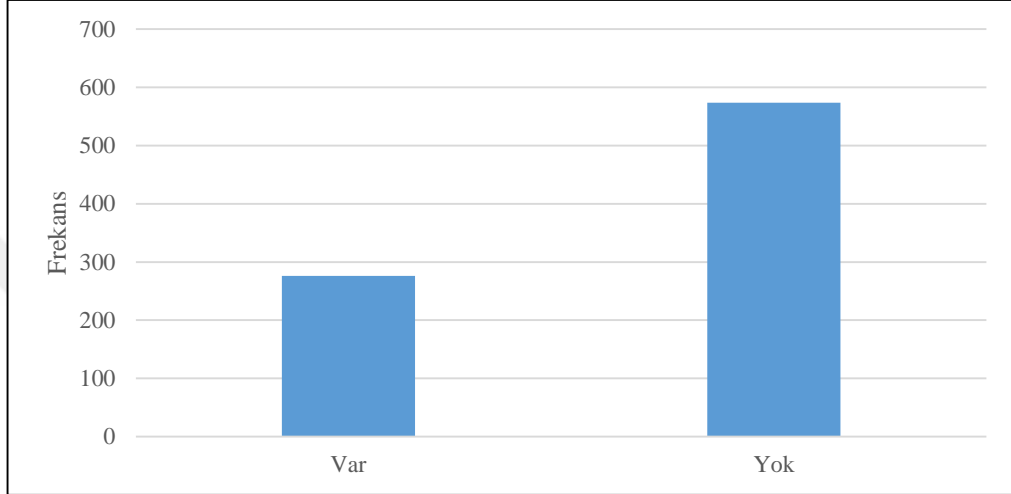
| <b>Çalışma Durumu</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|-----------------------|----------------|---------------------|
| Okul Öncesi           | 27             | 2,9                 |
| Çalışıyor             | 278            | 29,9                |
| Ev Kadını             | 229            | 24,6                |
| Öğrenci               | 309            | 33,2                |
| Emekli                | 38             | 4,1                 |
| İş Bulamıyor          | 11             | 1,2                 |
| Engelli/Hasta/Yaşlı   | 11             | 1,2                 |
| Çalışmak İstemiyor    | 10             | 1,1                 |

**Şekil 4.5.** Hane halkının çalışma/çalışmama durumu

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5 incelendiğinde Hanelerdeki çalışma durumunun Okul öncesi kişi sayısının 27 ve oranının %2,90 olduğu, çalışan sayısının 278 ve oranının %29,90 olduğu, ev kadını sayısının 229 ve oranının %24,6 olduğu, Öğrenci sayısının 309 ve oranının %33,2 olduğu, emekli sayısının 38 ve oranının %4,1, İş bulamayan sayısının 11 ve oranının %1,2 olduğu, engelli-Hasta-Yaşlı sayısının 11 ve oranının %1,2 olduğu ve Çalışmak istemeyenlerin sayısının 10 ve oranının %1,1 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.7.** Hane halkının ehliyet olma durumu

| <b>Ehliyet Sahipliği</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|--------------------------|----------------|---------------------|
| Var                      | 276            | 32,4                |
| Yok                      | 574            | 67,6                |

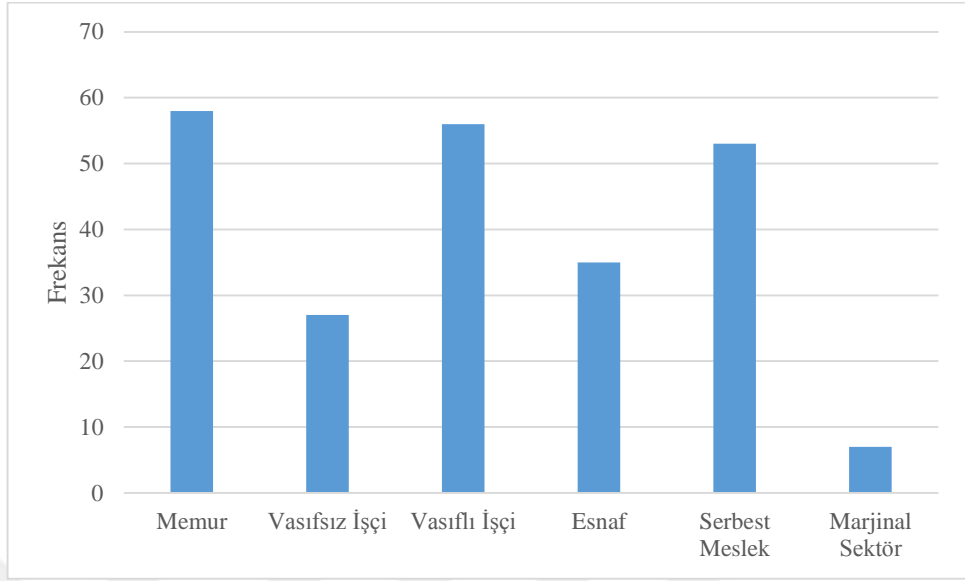
**Şekil 4.6.** Hane halkının ehliyet sahipliliği

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6 incelendiğinde hane halkının ehliyet sahipliliği sayısının 276 ve oranının %32,4 ve ehliyeti olmayanların sayısının 574 ve oranının %67,6 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.8.** Hane reisinin mesleği

| <b>Hane Reisi Mesleği</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|---------------------------|----------------|---------------------|
| Memur                     | 58             | 24,57               |
| Vasıfsız İşçi             | 27             | 11,44               |
| Vasıflı İşçi              | 56             | 23,73               |
| Esnaf                     | 35             | 13,67               |
| Serbest Meslek            | 53             | 22,45               |
| Marjinal Sektör           | 7              | 2,96                |



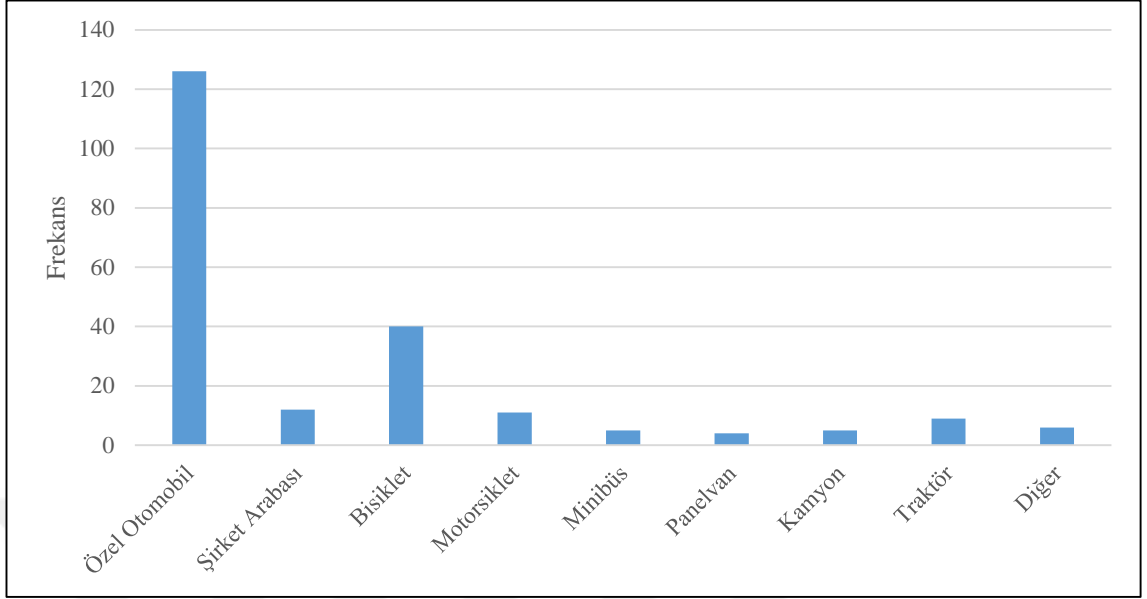


**Şekil 4.7.** Hane reisinin meslek dağılımı

Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7 incelendiğinde Hane reisinin mesleği Memur olanların sayısı 58 ve oranı %24,57 olduğu, vasıfsız işçi olanların sayısı 27 ve oranının %11,44 olduğu, vasıflı işçi sayısının 56 ve oranının %23,73 olduğu, esnaf olanların sayısı 35 ve oranının %13,67 olduğu, Serbest meslek sahiplerinin sayısının 53 ve oranının %22,45 olduğu ve marjinal sektörde çalışanların sayısının 7 ve oranının %2,96 olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.9.** Hane halkı araç sahipliği

| Hane Halkına Ait Araç Türü | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|----------------------------|---------|----------------|
| Özel Otomobil              | 126     | 57,79          |
| Şirket Arabası             | 12      | 5,50           |
| Bisiklet                   | 40      | 18,34          |
| Motorsiklet                | 11      | 5,04           |
| Minibüs                    | 5       | 2,29           |
| Panelvan                   | 4       | 1,83           |
| Kamyon                     | 5       | 2,29           |
| Traktör                    | 9       | 4,12           |
| Diğer                      | 6       | 2,75           |

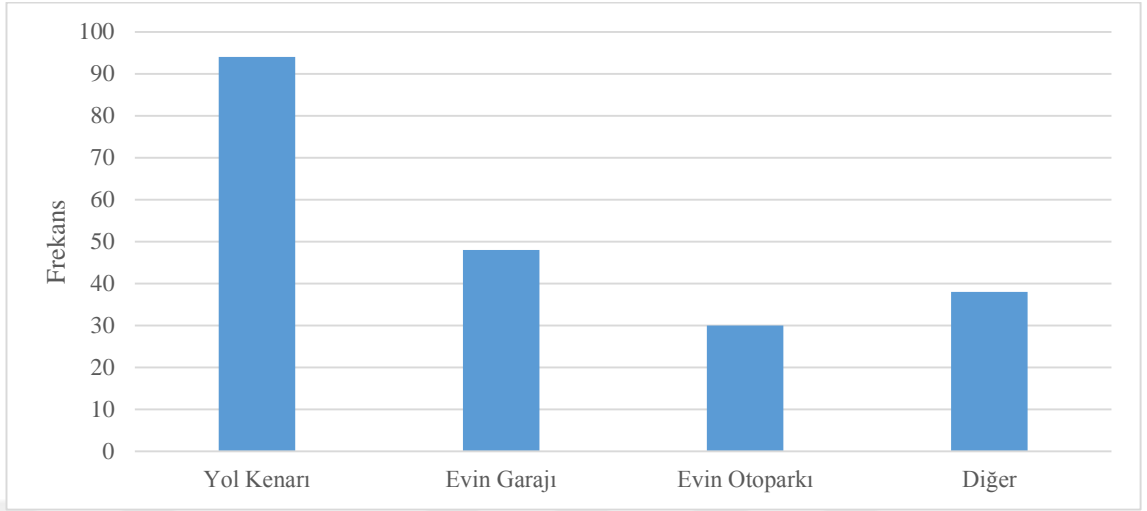


**Şekil 4.8.** Hane halkı araç sahipliği dağılımı

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.8 incelendiğinde hane halkına ait araç türlerinden özel otomobil olanların sayısı 126 ve oranının %57,79 olduğu, şirket arabası kullananların sayısı 12 ve oranının %5,50 olduğu, bisiklet kullananların sayısının 40 ve oranının %18,34 olduğu, minibüs kullananların sayısının 5 ve oranının %2,29 olduğu, traktör kullananların sayısının 9 ve oranının %4,12 olduğu ve diğer ulaşım araçlarını kullananların sayısının 6 ve oranının %2,75 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.10.** Hane halkı araç sahipliği

| Hane Halkına Ait Araç Park Durumu | Frekans | Yüzdellik (%) |
|-----------------------------------|---------|---------------|
| Yol Kenarı                        | 94      | 44,76         |
| Evin Garajı                       | 48      | 22,85         |
| Evin Otoparkı                     | 30      | 14,28         |
| Diğer                             | 38      | 18,09         |

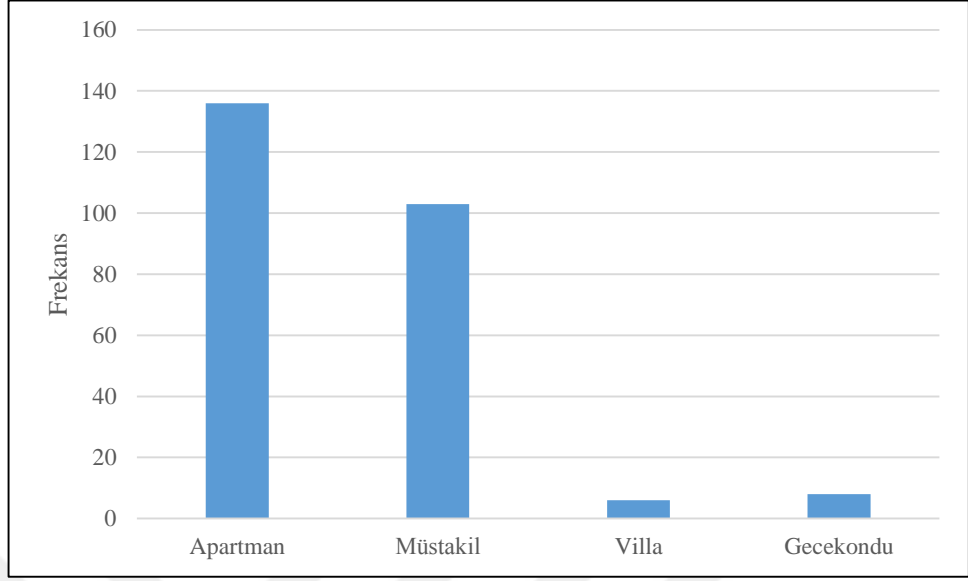


**Şekil 4.9.** Hane halkı araç otopark dağılımı

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.9 incelendiğinde Hane Halkı araçlarının 94 tanesi yol kenarına park ettiği ve oranının %44,76 olduğu, 48 tanesinin evin garajına park ettiği ve oranının %22,85 olduğu, 30 tanesinin evin otoparkına park ettiği ve oranının %14,28 olduğu 38 kişinin de farklı yerlere park ettiği ve oranının %18,09 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.11.** Hane halkı konut cinsi

| Hane Halkına Ait Konut Cinsi | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|------------------------------|---------|----------------|
| Apartman                     | 136     | 53,75          |
| Müstakil                     | 103     | 40,71          |
| Villa                        | 6       | 2,37           |
| Gecekondu                    | 8       | 3,16           |

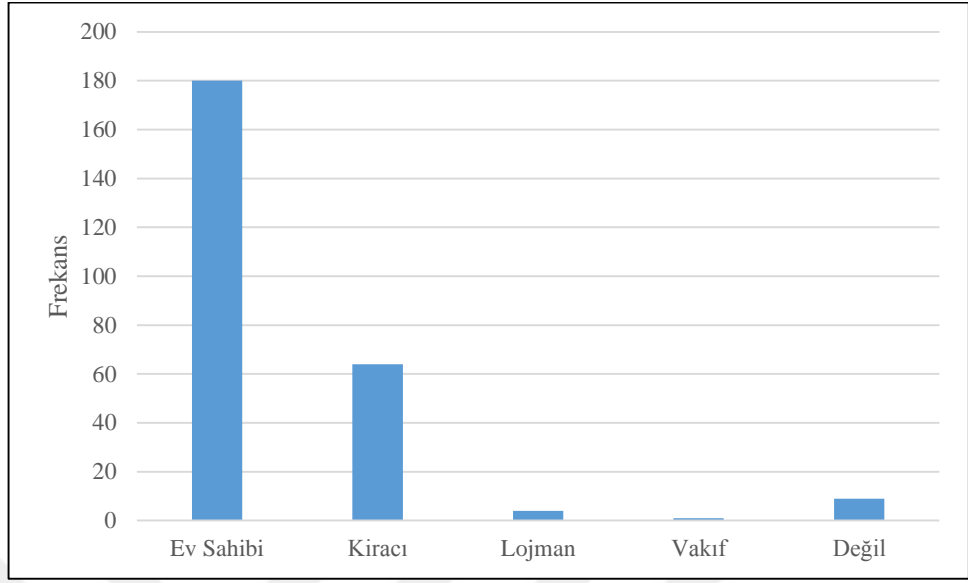


**Şekil 4.10.** Hane halkının oturduğu konut cinsi

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.10 incelendiğinde hane halkının oturduğu konutların 136 tanesinin apartman ve oranının %53,75 olduğu, 103 tanesinin müstakil ve oranının 40,71 olduğu, 6 tanesinin villa ve oranının %2,37 olduğu, 8 tanesinin gecekondu ve oranının %3,16 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.12.** Hane halkı konut mülkiyet durumu

| Hane Halkına Ait Konut Cinsi | Frekans | Yüzdellik (%) |
|------------------------------|---------|---------------|
| Ev Sahibi                    | 180     | 69,76         |
| Kiracı                       | 64      | 24,80         |
| Lojman                       | 4       | 1,55          |
| Vakıf                        | 1       | 0,38          |
| Değil                        | 9       | 3,49          |

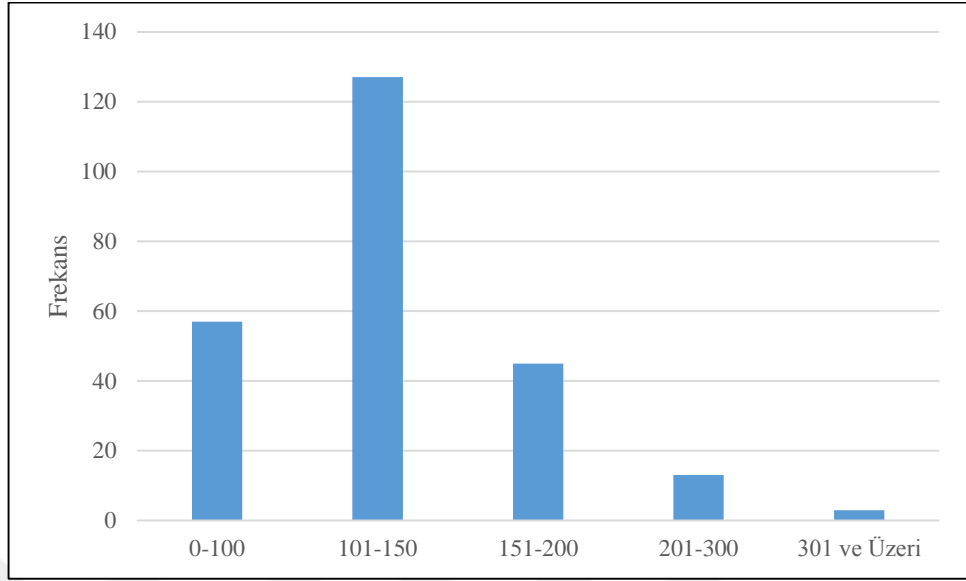


**Şekil 4.11.** Hane halkı konut mülkiyet durumu

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.11 incelendiğinde Hane halkı konut mülkiyet durumuna göre 180 kişinin ev sahibi olduğu ve oranının %69,76 olduğu, 64 kişinin kiracı olduğu ve oranının %24,80 olduğu, 4 kişinin lojmanda oturduğu ve oranının %1,55 olduğu, 1 kişinin vakıflara ait konutta oturduğu ve oranının %0,38 olduğu, 9 kişinin bunların dışındaki konutlarda oturduğu ve oranının %3,49 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.13.** Hane halkı konut büyüklüğü

| Hane Halkına Ait Konut Büyüklüğü | Frekans | Yüzelik (%) |
|----------------------------------|---------|-------------|
| 0-100                            | 57      | 23,26       |
| 101-150                          | 127     | 51,83       |
| 151-200                          | 45      | 18,36       |
| 201-300                          | 13      | 5,30        |
| 301 ve Üzeri                     | 3       | 1,22        |

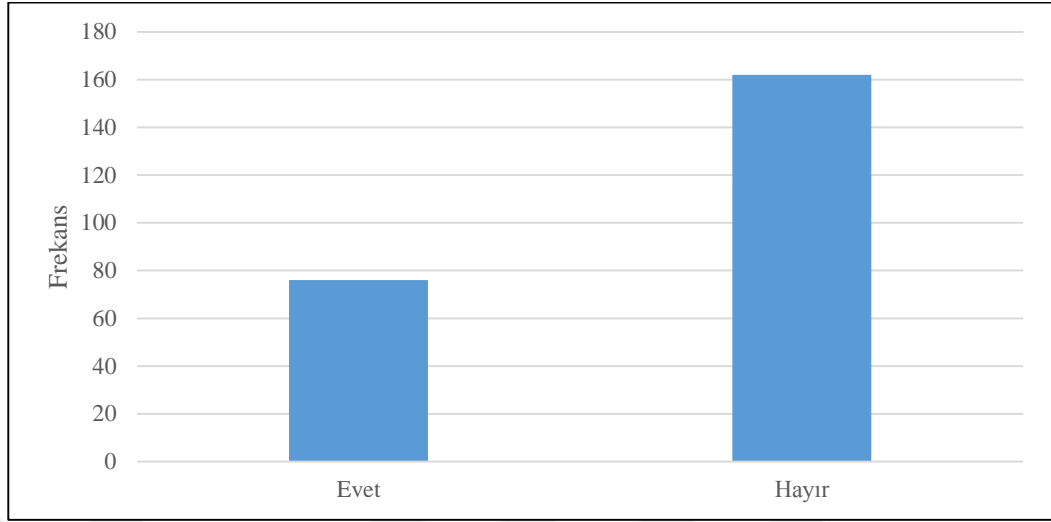


**Şekil 4.12.** Hane halkı konut büyüklüğü

Çizelge 4.13 ve Şekil 4.12 incelendiğinde konut büyüklüklerinin 0-100 m<sup>2</sup> arasında 57 adet konut bulunduğu ve oranının %23,26 olduğu, 101-150 m<sup>2</sup> arasında 127 konut bulunduğu ve oranının %51,83 olduğu, 151-200 m<sup>2</sup> arasında 45 konut bulunduğu ve oranının %18,36 olduğu, 201-300 m<sup>2</sup> arasında 13 konut bulunduğu ve oranının %5,3 olduğu, 301 ve üzeri m<sup>2</sup> arasında 3 konut bulunduğu ve oranının %1,22 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.14.** Hane halkının 2. konut sahipliği

| 2. Konut Sahipliği | Frekans | Yüzdeler (%) |
|--------------------|---------|--------------|
| Evet               | 76      | 31,90        |
| Hayır              | 162     | 68,10        |

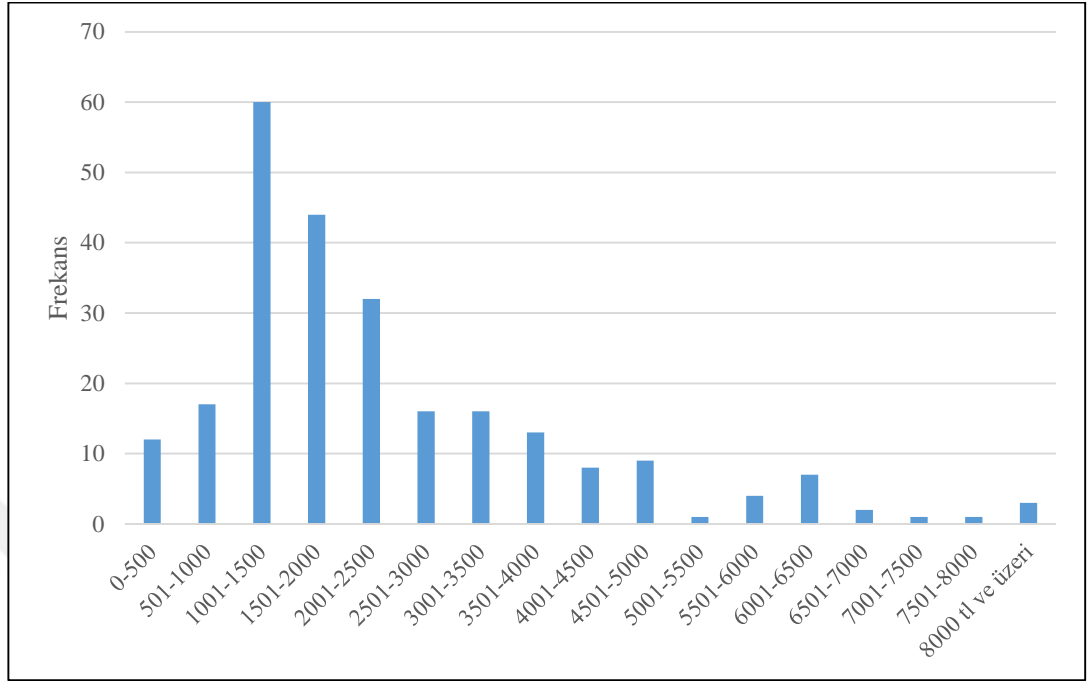


**Şekil 4.13.** Hane halkının 2. konut sahipliği

Çizelge 4.14 ve Şekil 4.13 incelendiğinde Hane halkının 2. Konut sahibi olanların sayısının 76 ve oranının %31,90 olduğu, 2. Konut sahibi olmayanların sayısının 162 ve oranının %68,10 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.15.** Hane halkı toplam gelir

| Hane Halkı Toplam Gelir | Frekans | Yüzelik (%) |
|-------------------------|---------|-------------|
| 0-500                   | 12      | 4,87        |
| 501-1000                | 17      | 6,91        |
| 1001-1500               | 60      | 24,39       |
| 1501-2000               | 44      | 17,88       |
| 2001-2500               | 32      | 13,01       |
| 2501-3000               | 16      | 6,50        |
| 3001-3500               | 16      | 6,50        |
| 3501-4000               | 13      | 5,28        |
| 4001-4500               | 8       | 3,25        |
| 4501-5000               | 9       | 3,65        |
| 5001-5500               | 1       | 0,40        |
| 5501-6000               | 4       | 1,60        |
| 6001-6500               | 7       | 2,80        |
| 6501-7000               | 2       | 0,80        |
| 7001-7500               | 1       | 0,40        |
| 7501-8000               | 1       | 0,40        |
| 8000 TL ve üzeri        | 3       | 1,20        |



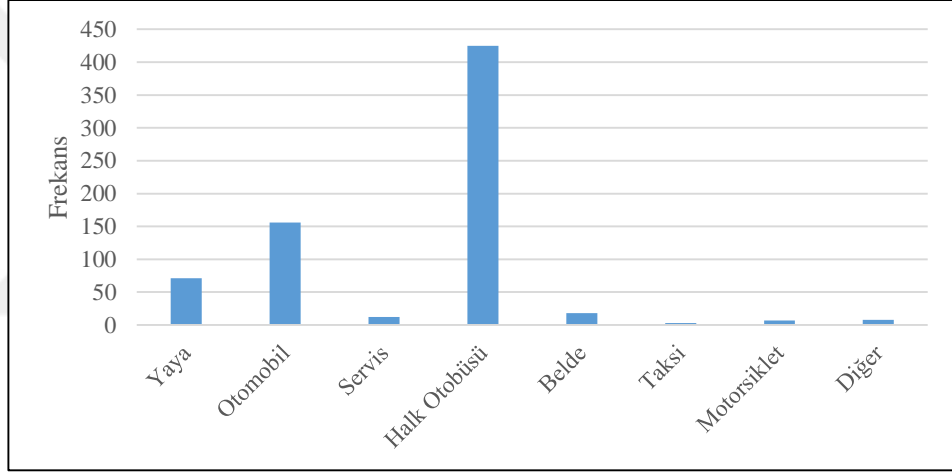
**Şekil 4.14.** Hane halkı toplam gelir

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.14 incelendiğinde Hane halkı gelirinin 0-500 TL arasında olanların sayısının 12 ve oranı %4,87 olduğu, 501-1000 TL arasında olanların sayısının 17 ve oranının %6,91 olduğu, 1001-1500 TL arasında olanların sayısının 60 ve oranının %24,39 olduğu, 1501-2000 TL arasında olanların sayısının 44 ve oranının %17,88 olduğu, 2001-2500 TL arasında olanların sayısının 32 ve oranının %13,01 olduğu, 2501-3000 TL arasında olanların sayısının 16 ve oranının %6,50 olduğu, 3001-3500 TL arasında olanların sayısının 16 ve oranının %6,50 olduğu, 3501-4000 TL arasında olanların sayısının 13 ve oranının %5,28 olduğu, 4001-4500 TL arasında olanların sayısının 8 ve oranının %3,25 olduğu, 4501-5000 TL arasında olanların sayısının 9 ve oranının %3,65 olduğu, 5001-5500 TL arasında olanların sayısının 1 ve oranının %0,40 olduğu, 5501-6000 TL arasında olanların sayısının 4 ve oranının %1,60 olduğu, 6001-6500 TL arasında olanların sayısının 7 ve oranının %2,80 olduğu, 6501-7000 TL arasında olanların sayısının 2 ve oranının %0,80 olduğu, 7001-7500 TL arasında olanların sayısının 1 ve oranının %0,40 olduğu, 7501-8000 TL arasında olanların sayısının 1 ve oranının %0,40 olduğu, 8000 TL ve üzeri geliri olanların sayısının 3 ve oranının %1,20 olduğu görülmüştür.



**Çizelge 4.16.** Yayaların kullandıkları ulaşım aracı

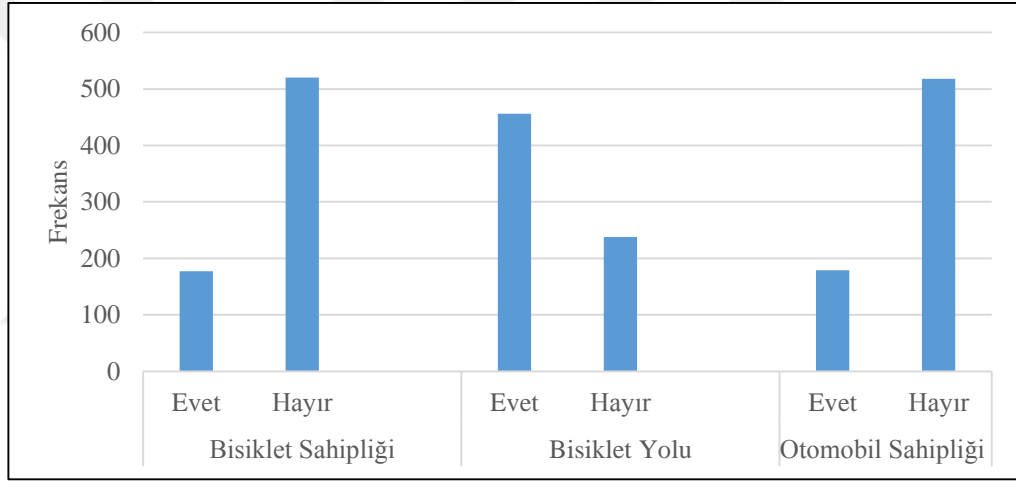
| Ulaşım Aracı Türü | Frekans | Yüzdeler (%) |
|-------------------|---------|--------------|
| Yaya              | 71      | 10,1         |
| Otomobil          | 156     | 22,1         |
| Servis            | 12      | 1,7          |
| Halk Otobüsü      | 425     | 60,1         |
| Belde             | 18      | 2,5          |
| Taksi             | 3       | 0,4          |
| Motorsiklet       | 7       | 1            |
| Diğer             | 8       | 1,1          |

**Şekil 4.15.** Yayaların kullandığı ulaşım tür dağılımları

Çizelge 4.16 ve Şekil 4.15 incelendiğinde yayaların kullandıkları ulaşım türüne göre yaya olarak ulaşım sağlayanların sayısı 71 kişi ve oranı %10,10 olduğu, otomobil ile ulaşım sağlayanların sayısının 156 kişi ve oranının %22,1 olduğu, servis ile ulaşım sağlayanların sayısının 12 kişi ve oranının %1,70 olduğu, halk otobüsü ile ulaşım sağlayanların sayısının 425 kişi ve oranının %60,10 olduğu, belde ulaşım araçlarıyla yolculuk yapanların sayısının 18 kişi ve oranının %2,50 olduğu, taksi ile yolculuk yapanların sayısının 3 kişi ve oranının %0,40 olduğu, motorsiklet ile yolculuk yapanların sayısının 7 kişi ve oranının %1,0 olduğu ve diğer yöntemlerle yolculuk yapanların sayısının 8 kişi ve oranının %1,10 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.17.** Yayaların bisiklet sahipliği, bisiklet yolu kullanımı, otomobil sahipliği

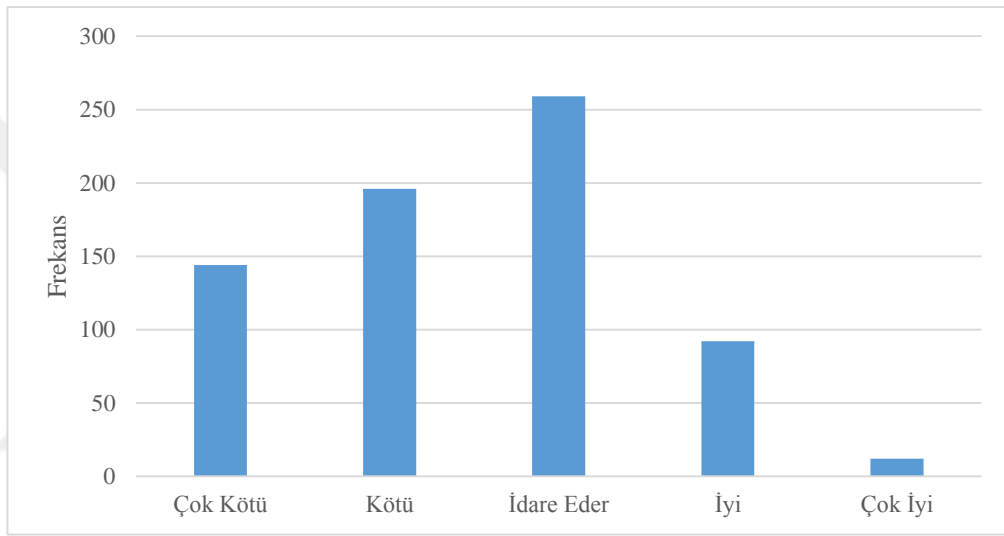
| <b>Bisiklet Sahipliği</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|---------------------------|----------------|---------------------|
| Evet                      | 177            | 25,3                |
| Hayır                     | 520            | 74,3                |
| <b>Bisiklet Yolu</b>      |                |                     |
| Kullanırım                | 456            | 65,7                |
| Kullanmam                 | 238            | 34,3                |
| <b>Otomobil Sahipliği</b> |                |                     |
| Evet                      | 179            | 25,6                |
| Hayır                     | 518            | 74,1                |

**Şekil 4.16.** Yayaların bisiklet sahipliği, bisiklet yolu, otomobil sahipliği

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.16 incelendiğinde bisiklete sahip olanların sayısının 177 kişi ve oranının %25,30 olduğu, bisiklete sahip olmayanların sayısının 520 kişi ve oranının %74,3 olduğu, bisiklet yolu kullananların sayısının 456 kişi ve oranının %65,7 olduğu, bisiklet yolu kullanmayanların sayısının 238 kişi olduğu ve oranının %34,30 olduğu otomobil sahibi olan kişilerin sayısı 179 ve oranının %25,5 olduğu, otomobile sahip olmayan kişilerin sayısının 518 olduğu ve oranının %74,10 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.18.** Yayaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesi

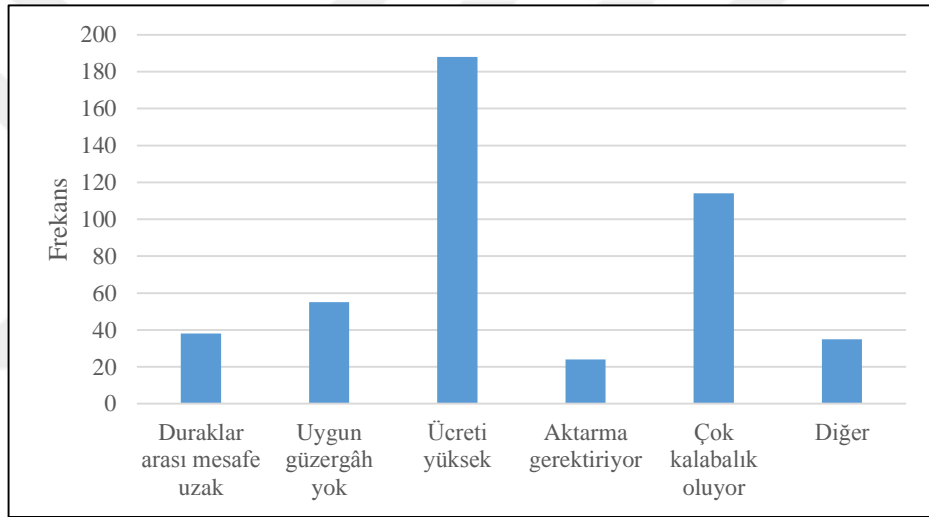
| Hizmet Yüzeyi Değerlendirmesi | Frekans | Yüzdellik (%) |
|-------------------------------|---------|---------------|
| Çok Kötü                      | 144     | 20,5          |
| Kötü                          | 196     | 27,9          |
| İdare Eder                    | 259     | 36,8          |
| İyi                           | 92      | 13,1          |
| Çok İyi                       | 12      | 1,7           |

**Şekil 4.17.** Toplu taşıma memnuniyeti

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.17 incelendiğinde de yayaların kullandığı toplu taşıma araçlarındaki kullanma memnuniyet düzeyleri için çok kötü diyenlerin sayısının 144 ve oranının %20,50 olduğu, kötü diyenlerin sayısının 196 ve oranının %27,90 olduğu, idare eder diyenlerin sayısının 259 ve oranının %36,80 olduğu, iyi diyenlerin sayısının 92 ve oranının %13,10 olduğu ve çok iyi diyenlerin sayısının 12 ve oranının %1,70 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.19.** Yayaaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesinde kötü veya çok kötü olmasının sebebi

| Toplu Taşıma Kötü/Çok Kötü | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|----------------------------|---------|----------------|
| Duraklar arası mesafe uzak | 38      | 8,4            |
| Uygun güzergâh yok         | 55      | 12,1           |
| Ücreti yüksek              | 188     | 41,5           |
| Aktarma gerektiriyor       | 24      | 5,3            |
| Çok kalabalık oluyor       | 114     | 25,2           |
| Diğer                      | 35      | 7,5            |

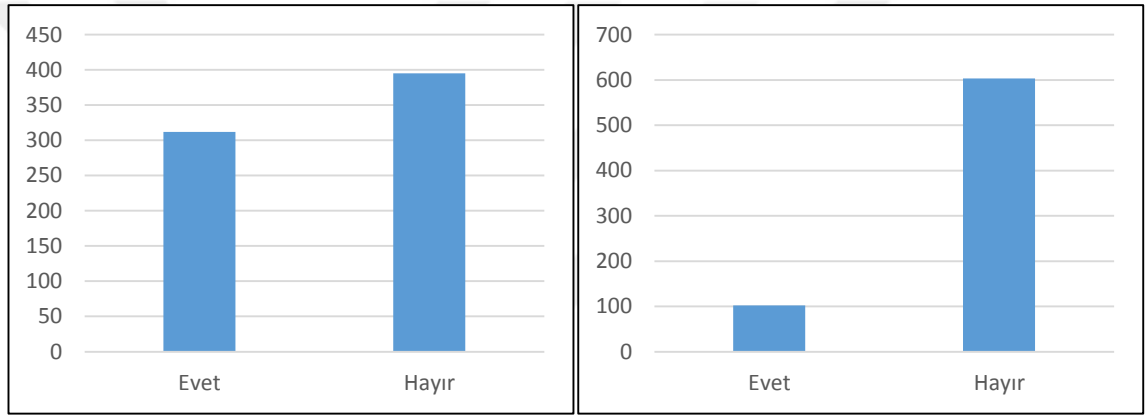


**Şekil 4.18.** Toplu taşıma değerlendirme

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.18 incelendiğinde toplu taşıma hizmeti değerlendirmesinde kötü ve çok kötü diyenler için sebebi sorulduğunda duraklar arası mesafe uzak diyenlerin sayısının 38 ve oranının %8,4 olduğu, uygun güzergâh yok diyenlerin sayısının 55 ve oranının %12,10 olduğu, Ücreti yüksek diyenlerin sayısının 188 ve oranının %41,50 olduğu, aktarma gerektiriyor diyenlerin sayısının 24 ve oranının %5,30 olduğu, çok kalabalık oluyor diyenlerin sayısının 114 ve oranının %25,20 olduğu, diğer sebepleri sunanların sayısının 35 ve oranının %7,5 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.20.** Yayaların toplu taşıma hizmeti değerlendirmesinde güven ve konfor

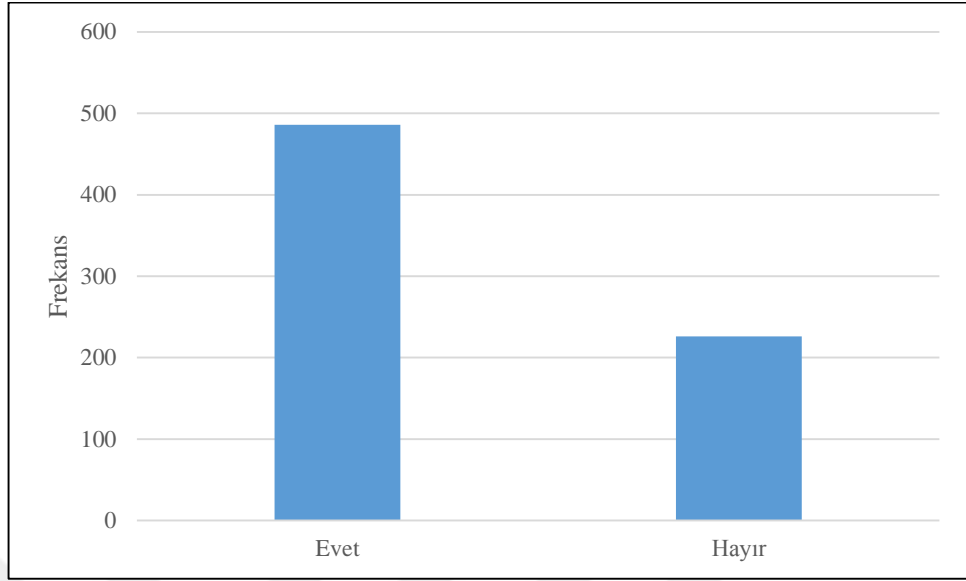
| <b>Toplu Taşıma Hizmetini Güvenli Buluyor musunuz?</b>  | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|---|----------------|---------------------|
| Evet  | 312            | 44,1                |
| Hayır   | 395            | 55,9                |
| <b>Toplu Taşıma Hizmetini Konforlu Buluyor musunuz?</b> |                |                     |
| Evet  | 102            | 14,5                |
| Hayır   | 603            | 85,5                |

**Şekil 4.19.** Toplu taşıma güven ve konfor

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.19 incelendiğinde toplu taşıma hizmetinin güvenli ve konforlu bulunup bulunmadığı sorusuna güvenli buluyorum diyenlerin sayısının 312 ve oranının %44,10 olduğu, güvenli bulmuyorum diyenlerin sayısının 395 ve oranının %55,90 olduğu, konforlu buluyoruz diyenlerin sayısının 102 ve oranının %14,5 olduğu ve konforlu bulmuyoruz diyenlerin sayısının 603 ve oranının %85,50 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.21.** Yaya Trafiğini gerçekleştirme rahatlığı

| <b>Yaya Ulaşımını Rahat Yapabiliyor musunuz?</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdeler (%)</b> |
|--|----------------|---------------------|
| Evet   | 486            | 68,3                |
| Hayır  | 226            | 31,7                |

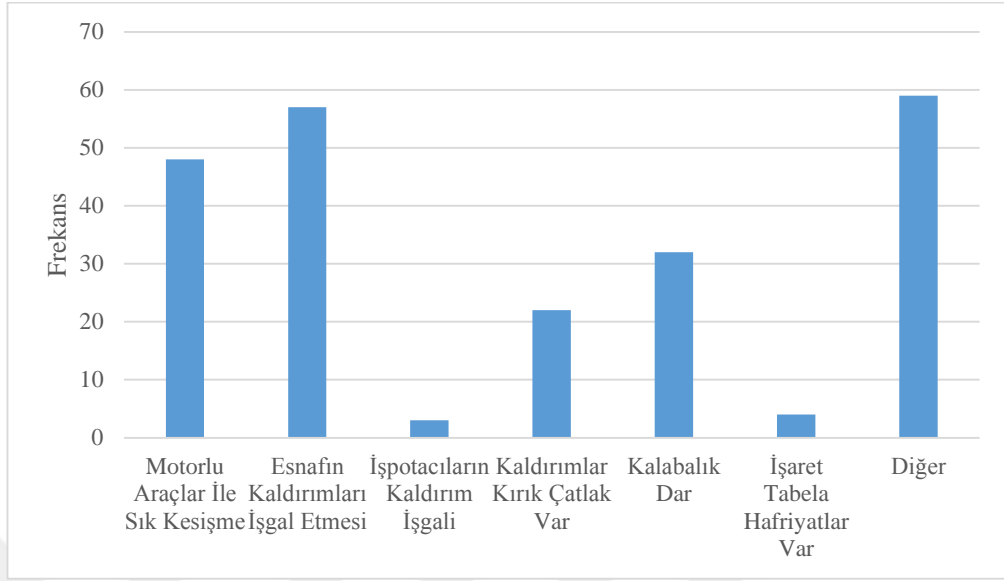


**Şekil 4.20.** Yaya trafiği gerçekleştirme rahatlığı

Tablo 2.6 ve Şekil 2.6 incelendiğinde Yaya trafiği gerçekleştirme rahatlığı sorusuna evet diyenlerin sayısının 486 ve oranının %68,30 olduğu , Hayır diyenlerin sayısının 226 ve oranının 68,3 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.22.** Yaya trafiğini gerçekleştirmede güven olmaması durumu

| Yaya Trafiği Güven Olamam Durumu  | Frekans | Yüzdellik (%) |
|-----------------------------------|---------|---------------|
| Motorlu Araçlar İle Sık Kesişme   | 48      | 21,3          |
| Esnafın Kaldırımları İşgal Etmesi | 57      | 25,3          |
| İşportacıların Kaldırım İşgali    | 3       | 1,3           |
| Kaldırımlar Kırık Çatlak Var      | 22      | 9,8           |
| Kalabalık Dar                     | 32      | 14,2          |
| İşaret Tabela Hafriyatlar Var     | 4       | 1,8           |
| Diğer                             | 59      | 26,2          |

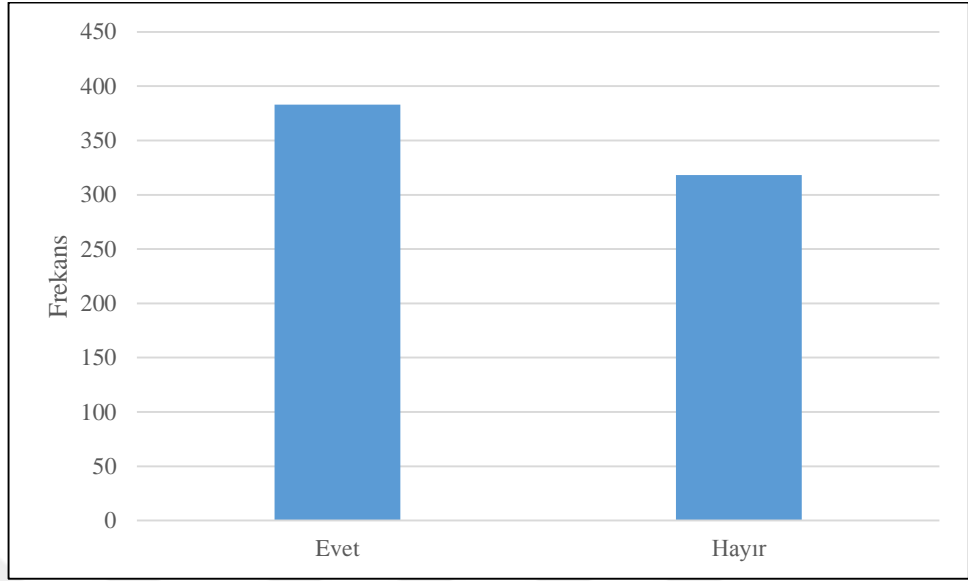


**Şekil 4.21.** Yaya trafiğinde rahat yürüyememe

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.21 incelendiğinde yaya trafiğinin güveli olmaması durumunun sebeplerine bakıldığında motorlu araç ile sık kesişiyor diyenlerin sayısının 48 ve oranının %21,30 olduğu, esnafın kaldırımını işgal ediyor diyenlerin sayısının 57 ve oranının %25,3 olduğu, işportacıların kaldırımını işgal ediyor diyenlerin sayısının 3 ve oranının %1,30 olduğu, kaldırımlarda kırık ve çatlaklar var diyenlerin sayısının 22 ve oranının %9,80 olduğu, kalabalık ve dar diyenlerin sayısının 32 ve oranının %14,20 olduğu İşaret ve tabela hafriyatlar var diyenlerin sayısının 4 ve oranının %1,80 olduğu, diğer sebepleri söyleyenlerin sayısının 59 ve oranının %26,20 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.23.** Yaya Yollarının yeterli olması durumu

| Yaya Yolları Yeterlimi? | Frekans | Yüzdellik (%) |
|-------------------------|---------|---------------|
| Evet                    | 383     | 54,6          |
| Hayır                   | 318     | 45,4          |



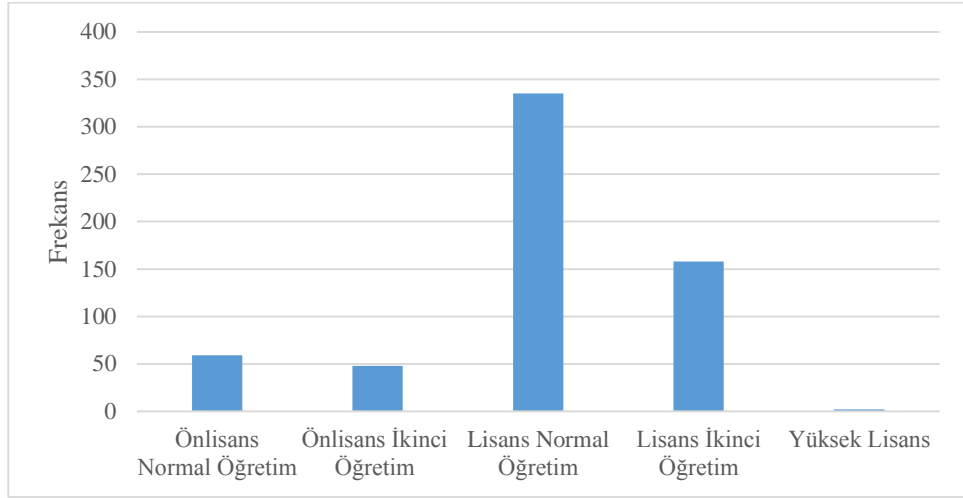
**Şekil 4.22.** Yaya yollarının yeterli olma durumu

Çizelge 4.23 ve Şekil 4.22 incelendiğinde yaya yollarının yeterli olma durumu sorulduğunda evet diyenlerin sayısının 383 ve oranının %54,60 olduğu, hayır diyenlerin sayısının 318 ve oranının %45,40 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.24.** Yolcuların eğitim durumu

| Eğitim Durumu           | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|-------------------------|---------|----------------|
| Önlisans Normal Öğretim | 59      | 9,8            |
| Önlisans İkinci Öğretim | 48      | 8              |
| Lisans Normal Öğretim   | 335     | 55,6           |
| Lisans İkinci Öğretim   | 158     | 26,2           |
| Yüksek Lisans           | 2       | 0,3            |



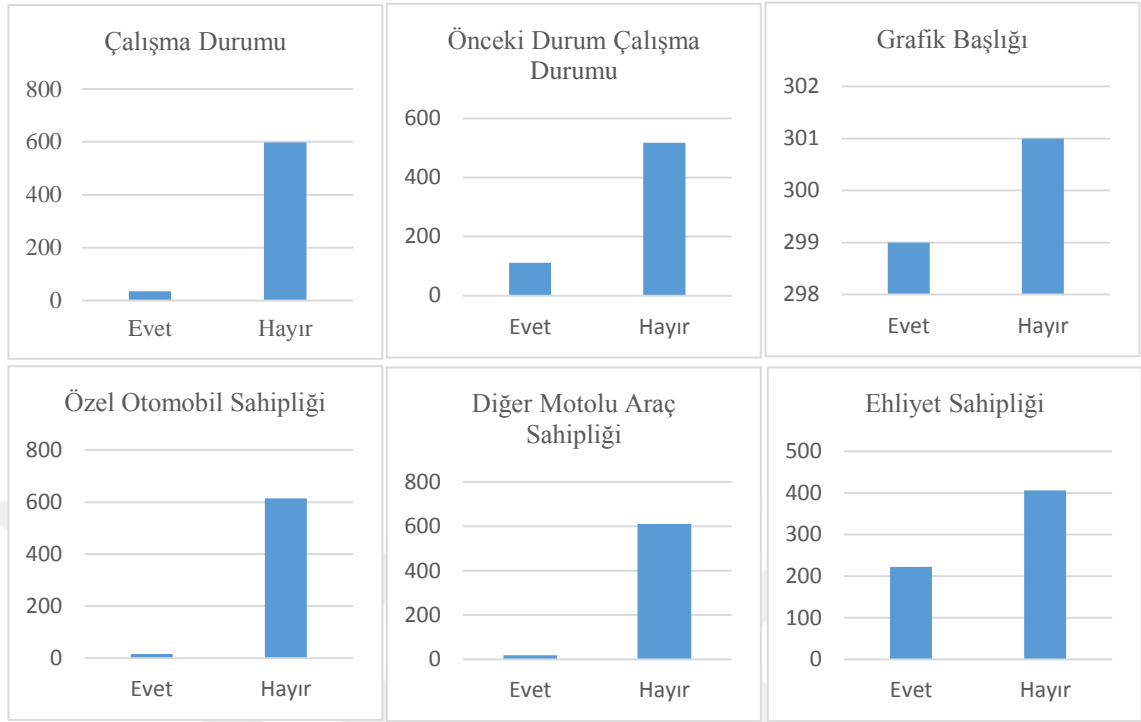


**Şekil 4.23.** Yurt anketörlerinin eğitim durumu

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.23 incelendiğinde Yurt anketörlerine eğitim durumuna bakılmış ve ön lisans normal öğretim okuyanların sayısının 59 ve oranının %9,80 olduğu, ön lisans ikinci öğretim okuyanların sayısının 48 ve oranının %8,00 olduğu, lisans normal öğretim okuyanların sayısının 335 ve oranının %55,60 olduğu, lisans ikinci öğretim okuyanların sayısının 158 ve oranının %26,2 olduğu, Yüksek Lisans yapanların sayısının 2 ve oranının %0,30 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.25.** Yurt anketörlerine ait özellikler

| <b>Çalışma Durumu</b>                    | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
|--|----------------|---------------------|
| Evet                                     | 35             | 5,5                 |
| Hayır                                    | 598            | 94,5                |
| <b>Daha Önce Erzincan Çalışma Durumu</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
| Evet                                     | 111            | 17,6                |
| Hayır                                    | 518            | 82,4                |
| <b>Hiç Çalışmadım</b>                    | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
| Evet                                     | 299            | 49,8                |
| Hayır                                    | 301            | 50,2                |
| <b>Özel Otomobiliniz Var mı?</b>         | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
| Evet                                     | 16             | 2,5                 |
| Hayır                                    | 614            | 97,3                |
| <b>Diğer Motorlu aracınız Var mı?</b>    | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
| Evet                                     | 19             | 3                   |
| Hayır                                    | 611            | 97                  |
| <b>Geçerli ehliyetiniz Var mı?</b>       | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdelerik %</b> |
| Evet                                     | 222            | 35,3                |
| Hayır                                    | 406            | 64,5                |

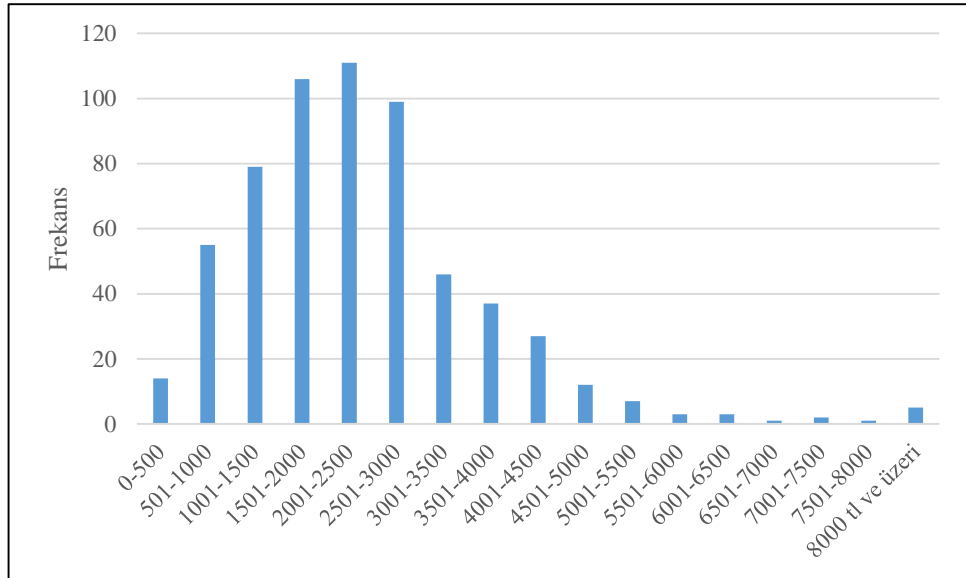


**Şekil 4.24.** Yurt anketörlerine ait genel dağılımlar

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.24'e bakıldığında çalışanların sayısının 35 ve oranının %5,50 olduğu, çalışmayanların sayısının 598 ve oranının %94,5 olduğu, daha önce Erzincan ilinde çalışma durumlarına bakıldığında çalışanların sayısının 111 ve oranının %17,60 olduğu, çalışmayanların sayısının 518 ve oranının %82,40 olduğu, hiç çalışmadım diyenlerin sayısının 299 ve oranının %49,80 olduğu, daha önce çalıştım diyenlerin sayısının 301 ve oranının %50,20 olduğu, özel otomobili olanların sayısının 16 ve oranının %2,50 olduğu, otomobili olmayanların sayısının 614 ve oranının %97,30 olduğu, otomobil dışındaki motorlu taşıtı olanların sayısının 19 ve oranının %3,00 olduğu olmayanların sayısının 611 ve oranının %97,00 olduğu, geçerli ehliyeti olanların sayısının 222 ve oranının %35,30 olduğu olmayanların sayısının 406 ve oranının %64,50 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.26.** Yurt anketörlerinin geliri

| Gelir            | Frekans | Yüzdelerik (%) |
|------------------|---------|----------------|
| 0-500            | 14      | 2,30           |
| 501-1000         | 55      | 9,00           |
| 1001-1500        | 79      | 13,00          |
| 1501-2000        | 106     | 17,40          |
| 2001-2500        | 111     | 18,30          |
| 2501-3000        | 99      | 16,30          |
| 3001-3500        | 46      | 7,60           |
| 3501-4000        | 37      | 6,10           |
| 4001-4500        | 27      | 4,40           |
| 4501-5000        | 12      | 2,00           |
| 5001-5500        | 7       | 1,20           |
| 5501-6000        | 3       | 0,50           |
| 6001-6500        | 3       | 0,50           |
| 6501-7000        | 1       | 0,20           |
| 7001-7500        | 2       | 0,30           |
| 7501-8000        | 1       | 0,20           |
| 8001 tl ve üzeri | 5       | 0,80           |

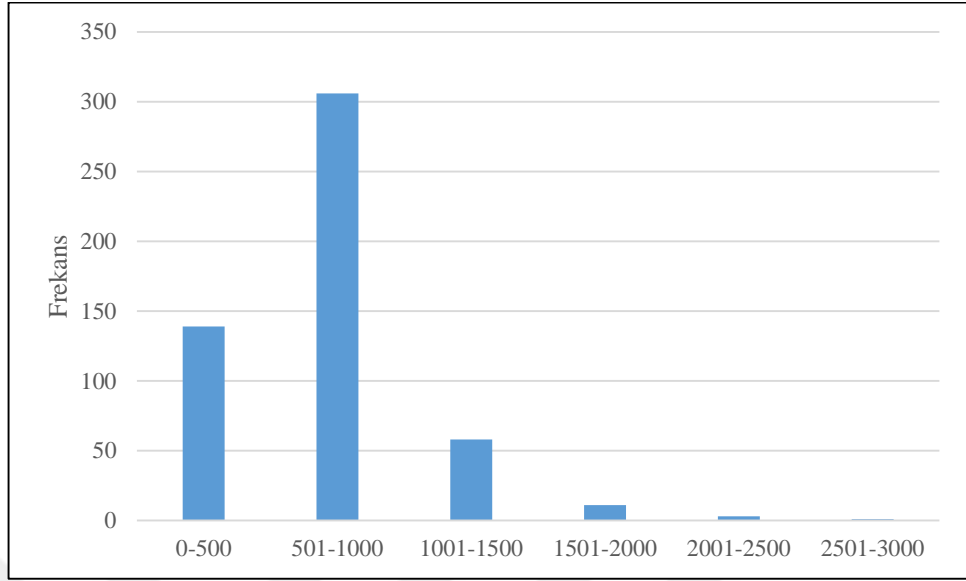
**Şekil 4.25.** Yurt anketörlerine ait gelir durumu

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.25 incelendiğinde Yurt anketörlerine gelirlerinin 0-500 TL arasında olanların sayısının 14 ve oranının %2,30 olduğu, 501-1000 TL arasında

olanların sayısının 55 ve oranının %9,00 olduğu, 1001-1500 TL arasında olanların sayısının 79 ve oranının %13,00 olduğu, 1501-2000 TL arasında olanların sayısının 106 ve oranının %17,40 olduğu, 2001-2500 TL arasında olanların sayısının 111 ve oranının %18,30 olduğu, 2501-3000 TL arasında olanların sayısının 99 ve oranının %16,30 olduğu, 3001-3500 TL arasında olanların sayısının 46 ve oranının %7,60 olduğu 3501-4000 TL arasında olanların sayısının 37 ve oranının %6,10 olduğu 4001-4500 TL arasında olanların sayısının 27 ve oranının %4,40 olduğu 4501-5000 TL arasında olanların sayısının 12 ve oranının %2,00 olduğu, 5001-5500 TL arasında olanların sayısının 7 ve oranının %1,20 olduğu, 5501-6000 TL arasında olanların sayısının 3 ve oranının %0,50 olduğu 6001-6500 TL arasında olanların sayısının 3 ve oranının %0,50 olduğu, 6501-7000 TL arasında olanların sayısının 1 ve oranının %0,20 olduğu 7001-7500 TL arasında olanların sayısının 2 ve oranının %0,30 olduğu, 7501-8000 TL arasında olanların sayısının 1 ve oranının %0,20 olduğu, 8001 TL ve üzerinde geliri olanların sayısının 5 ve oranının %0,80 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.27.** Yurt anketörlerinin harcaması

| <b>Aylık Harcama</b> | <b>Frekans</b> | <b>Yüzdellik (%)</b> |
|----------------------|----------------|----------------------|
| 0-500                | 139            | 26,80                |
| 501-1000             | 306            | 59,10                |
| 1001-1500            | 58             | 11,20                |
| 1501-2000            | 11             | 2,10                 |
| 2001-2500            | 3              | 0,60                 |
| 2501-3000            | 1              | 0,20                 |

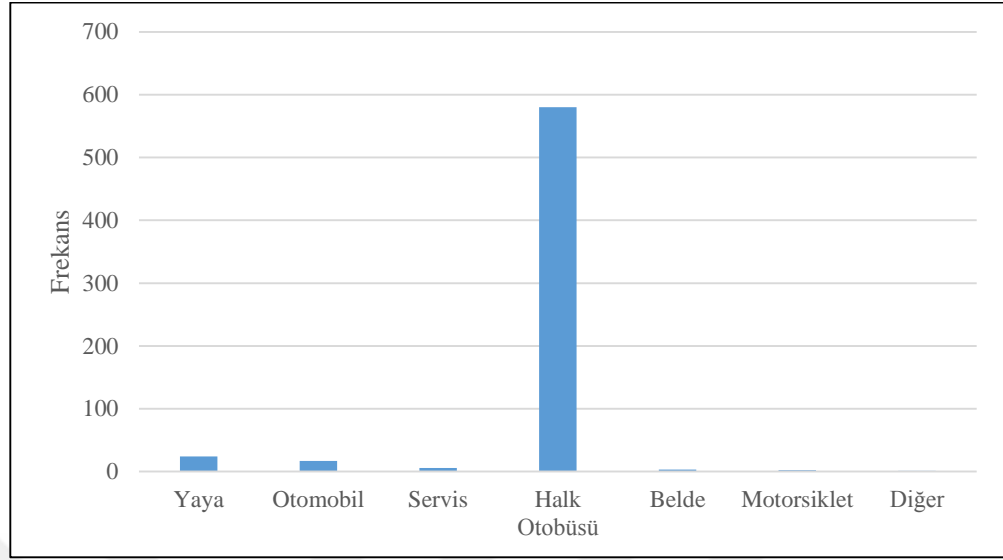


**Şekil 4.26.** Yurt anketörlerine ait harcamalar

Çizelge 4.27 ve Şekil 4.26 incelendiğinde Yurt anketörlerine aylık harcama miktarına göre 0-500 TL arasında harcama yapanların sayısının 139 ve oranının %26,80 olduğu, 5001-1000 TL arasında harcama yapanların sayısının 306 ve oranının %59,10 olduğu, 1001-1500 TL arasında harcama yapanların sayısının 58 ve oranının %11,20 olduğu, 1501-2000 arasında harcama yapanların sayısının 11 ve oranının %2,10 olduğu, 2001-2500 arasında harcama yapanların sayısının 3 ve oranının %0,60 olduğu, 2501-3000 arasında harcama yapanların sayısının 1 ve oranının %0,20 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.28.** Yurt anketörlerine kullandıkları ulaşım aracı

| Ulaşım Şekli | Frekans | Yüzdellik % |
|--------------|---------|-------------|
| Yaya         | 24      | 3,8         |
| Otomobil     | 17      | 2,7         |
| Servis       | 6       | 0,9         |
| Halk Otobüsü | 580     | 91,6        |
| Belde        | 3       | 0,5         |
| Motosiklet   | 2       | 0,3         |
| Diğer        | 1       | 0,2         |

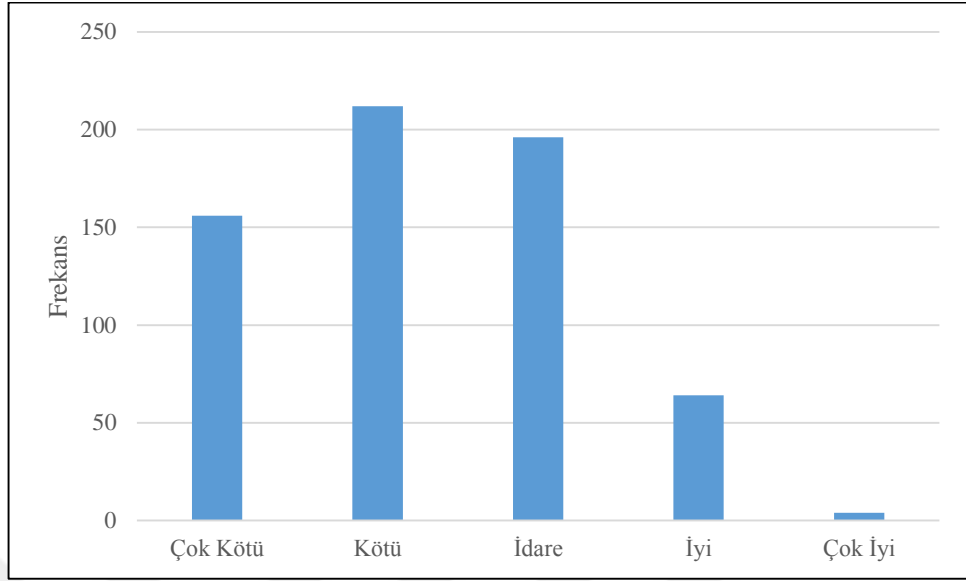


**Şekil 4.27.** Yurt anketörlerine ulaşım aracı

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.27 incelendiğinde Yurt anketörlerinin kullandıkları ulaşım aracına göre yaya olarak yapanların sayısı 24 ve oranının %3,80 olduğu, otomobille yapanların sayısının 17 ve oranının %2,70 olduğu, servis ile yapanların sayısının 6 ve oranının %0,90 olduğu, halk otobüsü kullananların sayısının 580 ve oranının %91,60 olduğu, belde araçlarını kullananların sayısının 3 ve oranının %0,50 olduğu motosiklet kullananların sayısının 2 ve oranının %0,30 olduğu ve diğer ulaşım araçlarını kullananların sayısının 1 ve oranının %0,20 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.29.** Yurt anketörlerine toplu taşımayı değerlendirme

| Değerlendirme | Frekans | Yüzdellik (%) |
|---------------|---------|---------------|
| Çok Kötü      | 156     | 24,70         |
| Kötü          | 212     | 33,50         |
| İdare         | 196     | 31,00         |
| İyi           | 64      | 10,10         |
| Çok İyi       | 4       | 0,60          |

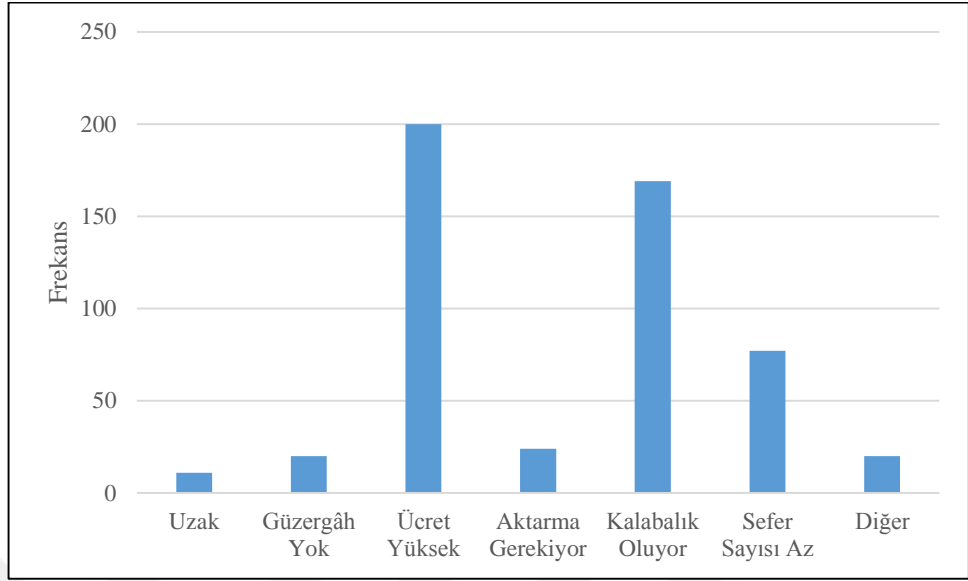


**Şekil 4.28.** Yurt anketörlerinin toplu taşımayı değerlendirme dağılımı

Çizelge 4.29 ve Şekil 4.28 incelendiğinde yolcuların toplu taşımayı değerlendirdiği ve buna göre Çok kötü diyenlerin sayısının 156 ve oranının %24,70 olduğu, kötü diyenlerin sayısının 212 ve oranının %33,50 olduğu, idare eder diyenlerin sayısının 196 ve oranının %31,00 olduğu iyi diyenlerin sayısının 64 ve oranının %10,10 olduğu, çok iyi diyenlerin sayısının 4 ve oranının %0,60 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.30.** Değerlendirme çok kötü veya kötü ise sebebi

| Sebeup            | Frekans | Yüzdelik (%) |
|-------------------|---------|--------------|
| Uzak              | 11      | 2,10         |
| Güzergâh Yok      | 20      | 3,80         |
| Ücret Yüksek      | 200     | 38,30        |
| Aktarma Gerekiyor | 24      | 4,60         |
| Kalabalık Oluyor  | 169     | 32,40        |
| Sefer Sayısı Az   | 77      | 14,80        |
| Diğer             | 20      | 3,80         |



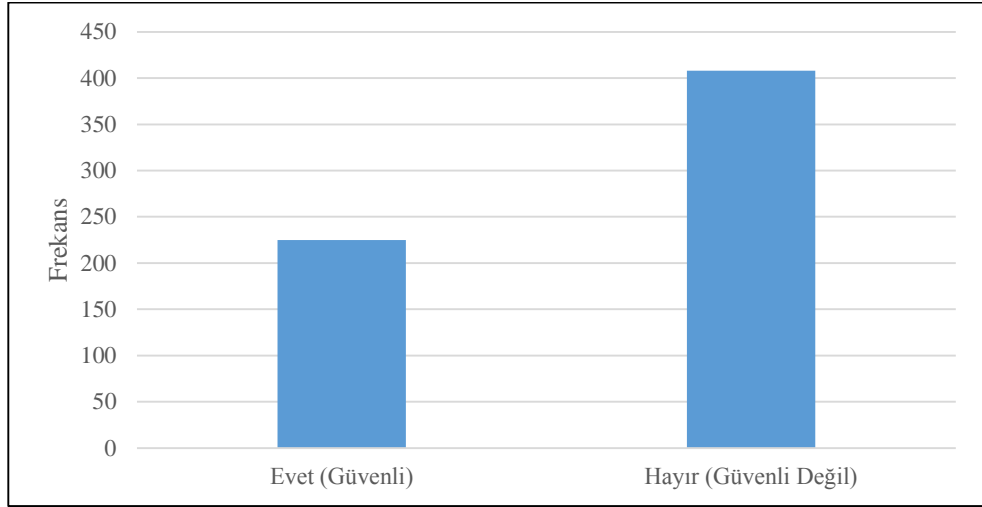
**Şekil 4.29.** Yurt anketörlerinin toplu taşımayı değerlendirmesinde çok kötü/kötü olma sebebi

Çizelge 4.30 ve Şekil 4.29 incelendiğinde değerlendirmede çok kötü ve kötü diyenlere sebepleri sorulduğunda uzak diyenlerin sayısının 11 ve oranının %2,10 olduğu, güzergâh yok diyenlerin sayısının 20 ve oranının %3,80 olduğu, ücret yüksek diyenlerin sayısının 200 ve oranının %38,30 olduğu, aktarma gerekiyor diyenlerin sayısının 24 ve oranının %4,6 olduğu, kalabalık oluyor diyenlerin sayısının 169 ve oranının %32,40 olduğu, sefer sayısı az diyenlerin sayısının 77 ve oranının %14,80 olduğu ve diğer sebepleri söyleyenlerin sayısının 20 ve oranının %3,80 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.31.** Yurt anketörlerinin toplu taşıma hizmetine duydukları güven

| Güven                 | Frekans | Yüzdellik (%) |
|-----------------------|---------|---------------|
| Evvet (Güvenli)       | 225     | 35,5          |
| Hayır (Güvenli Değil) | 408     | 64,5          |



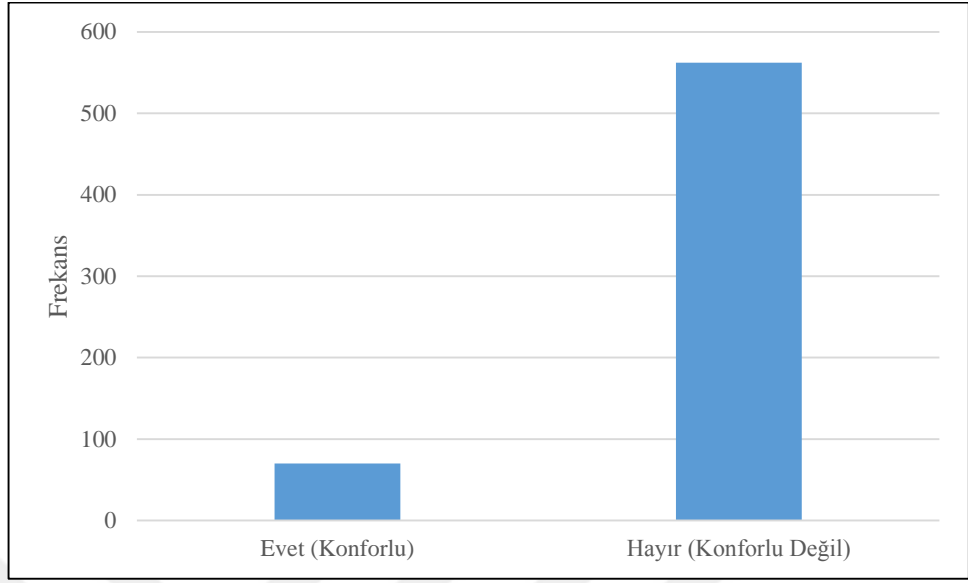


**Şekil 4.30.** Yurt anketörlerinin toplu taşımaya duydukları güven

Çizelge 4.31 ve Şekil 4.30 incelendiğinde yolcuların toplu taşıma hizmetinde duydukları güven sorulmuş ve buna göre güvenli diyenlerin sayısının 225 ve oranının %35,50 olduğu, güvenli değil diyenlerin sayısının 408 ve oranının %64,50 olduğu görülmektedir.

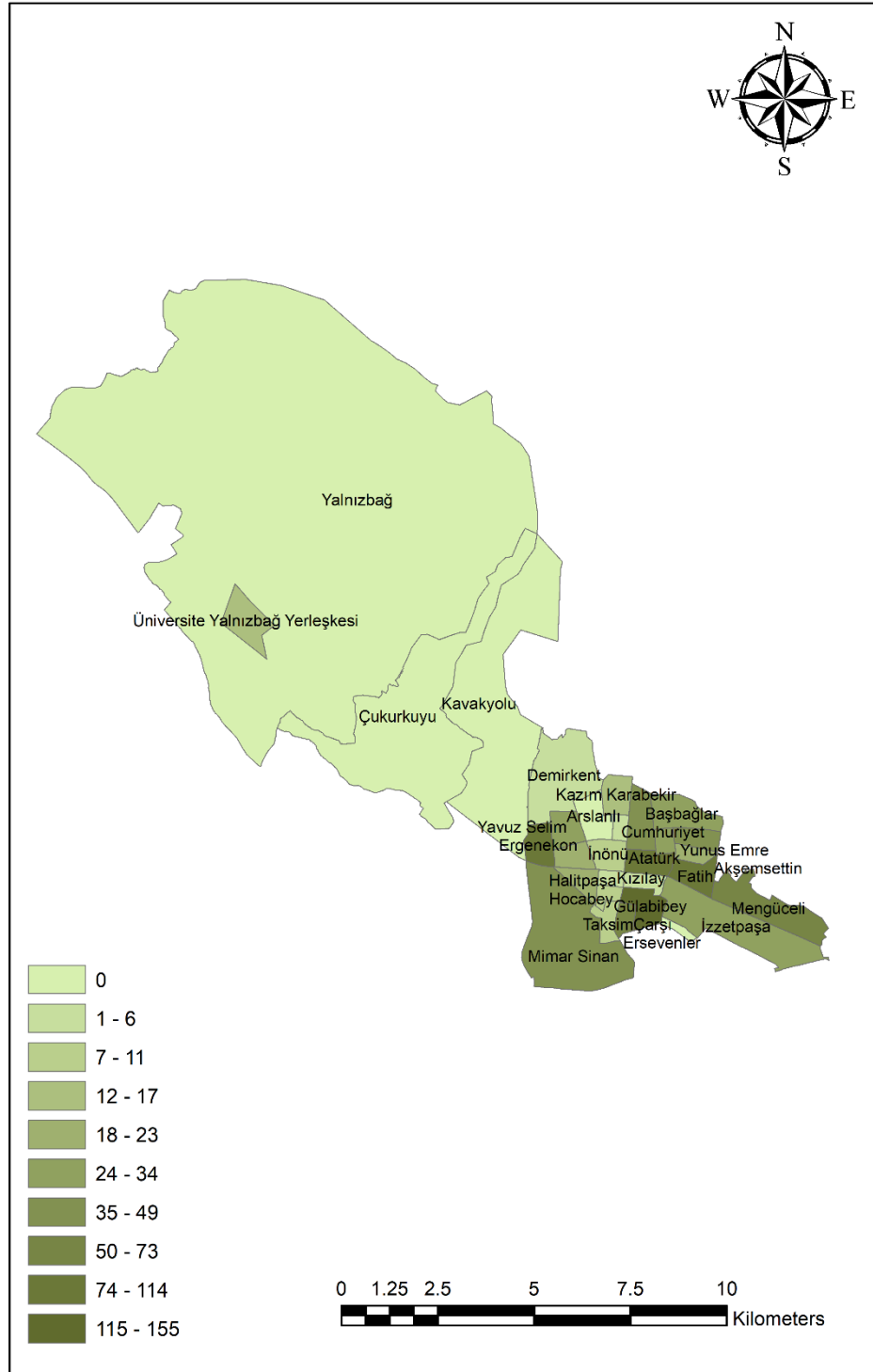
**Çizelge 4.32.** Yolcuların toplu taşıma hizmetine duydukları konfor

| Konfor                 | Frekans | Yüzdellik (%) |
|------------------------|---------|---------------|
| Evet (Konforlu)        | 70      | 11,1          |
| Hayır (Konforlu Değil) | 562     | 88,8          |

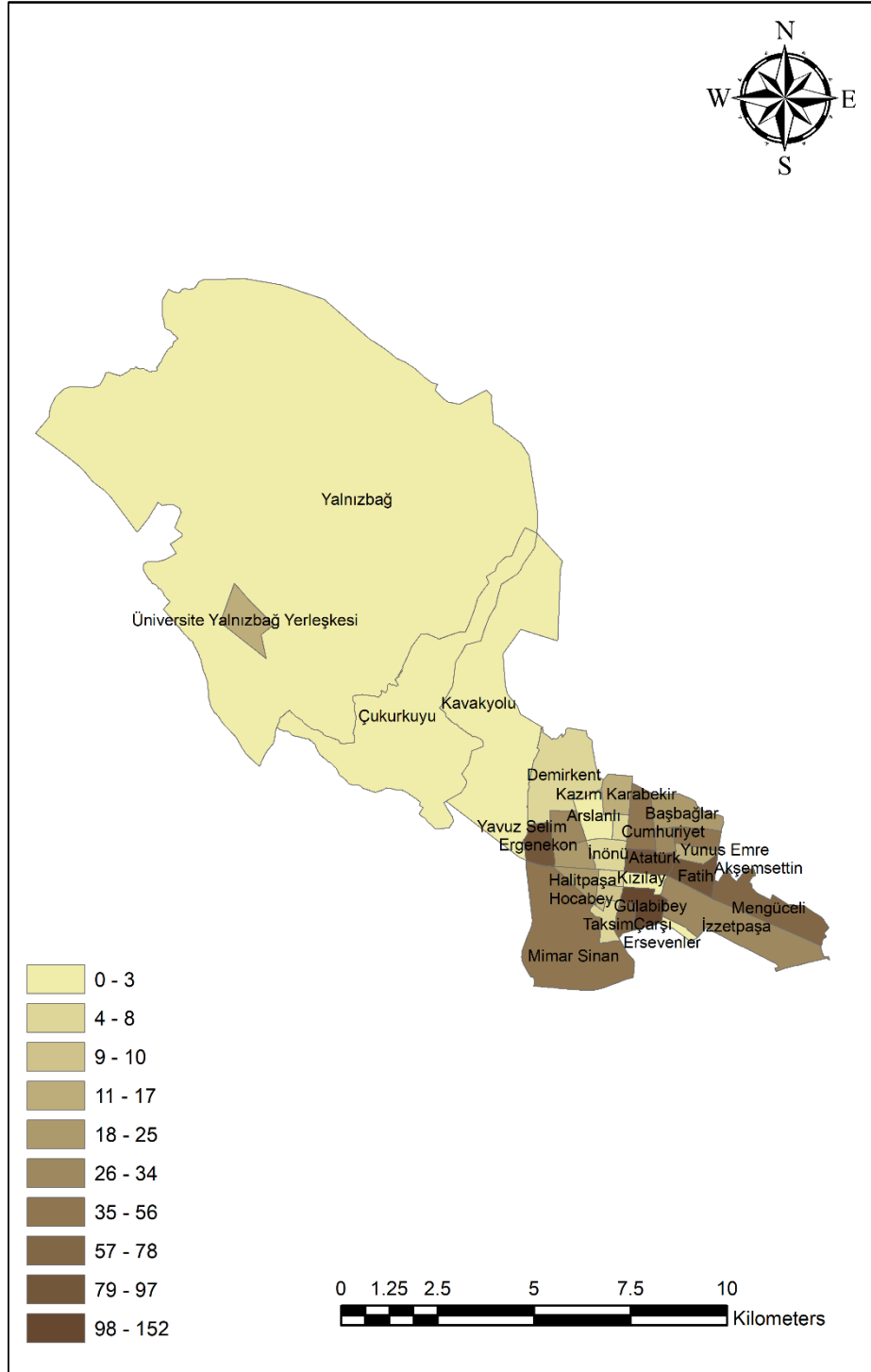


**Şekil 4.31.** Yurt anketörlerinin toplu taşımaya duydukları konfor

Çizelge 4.32 ve Şekil 4.31 incelendiğinde yolcuların toplu taşımı konforlu bulup bulmadıkları sorulduğunda konforlu bulanların sayısı 70 ve oranının %11,10 olduğu, konforlu değil diyenlerin sayısı 562 ve oranı %88,80 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.32. Mahallere gelen toplam yolcu yoğunlukları



Şekil 4.33. Mahallelerden giden toplam yolcu yoğunlukları

## 4.2. Hane Halkı Toplam Yolculuğunun İstatistiksel Modellemelerinin Karşılaştırılması Hane halkı modeller

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u$$

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + u$$

### Lineer regresyon

Toplam Yolculuk=1,545-0,001

yaş+0,528cinsiyet+0,387kişi\_sayısı+1,124egitim\_durumu-

0,016çalışma+0,1313ehliyet+0,011meslek+0,02arac\_say+0,062park\_yeri-

0,06konut\_cinsi-0,017mülkiyet\_durumu+0,057metrekare-0,6ev\_sahipliği+0,032Gelir

Y=hane halkının toplam yolculuğu

X1=hane halkı yaşı

X2= hane halkı cinsiyeti

X3= hane halkı kişi sayısı

X4= hane halkı eğitim durumu

X5= hane halkı çalışma durumu

X6 = hane halkı ehliyet sahipliği

X7= hane halkı meslek

X8= hane halkı araç sayısı

X9= hane halkı park yeri

X10= hane halkı konut cinsi

X11= hane halkı mülkiyet

X12= hane halkı metrekare

X13= hane halkı ev sahipliği

X14= hane halkı geliri

E(A)=exp

### Poisson regresyonu

Toplam Yolculuk=2,253608+0,9986659 yaş+1,153453 cinsiyet+1,107302 kişi sayısı+1,033736 eğitim durumu+0,9942485 çalışma+1,059844 ehliyet+0,998049 meslek+1,001717 araç sayısı+1,018977 park yeri+0,8988946 konut cinsi+1,001618 mülkiyet durumu+1,018167 metrekare+0,08364375 ev sahipliği+1,005198 Gelir

### Negatif binomial regresyon

Toplam Yolculuk=0,8128814-0,001032 yaş+0,14265311 cinsiyet+0,1017958 kişi sayısı +0,0331825 eğitim durumu-0,005771 çalışma+0,0579997 ehliyet-0,0020151 meslek+0,0016498 araç sayısı +0,0187855 park yeri-01000311 konut cinsi+0,0016364 mülkiyet durumu+0,018003 metrekare-0,017846 ev sahipliği+0,0051957 gelir.

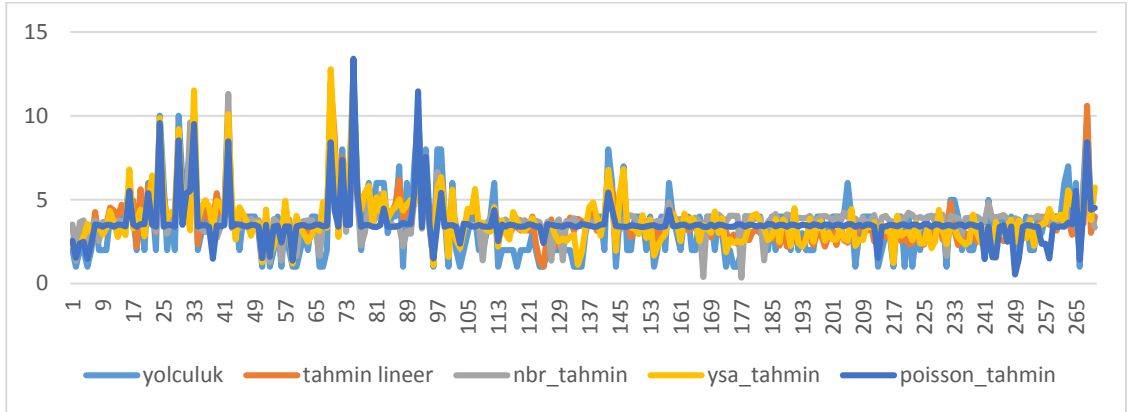
$$f(y_i) = \frac{e^{-\mu} \mu^{y_i}}{y_i!}, y_i = 0, 1, 2, \dots$$

Parametresi  $\mu_i > 0$  olmaktadır. Poisson dağılımının ortalaması ve varyansı  $\mu$  parametresine eşittir.

$$E(y) = \mu \text{ ve } Var(y) = \mu$$

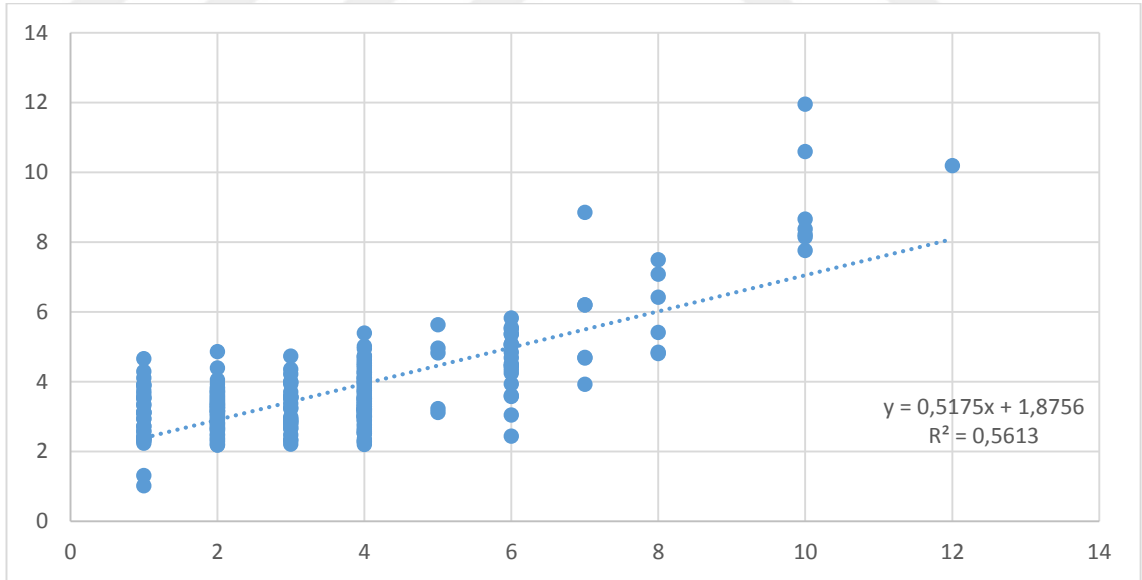
Poisson regresyonda lineer belirleyici olarak bağımlı değişkenin ortalamasıyla ilgili bir  $g$  fonksiyonunun var olduğu kabul edilirse, bu durumda,

$$g(\mu_i) = \eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k = x_i' \beta$$



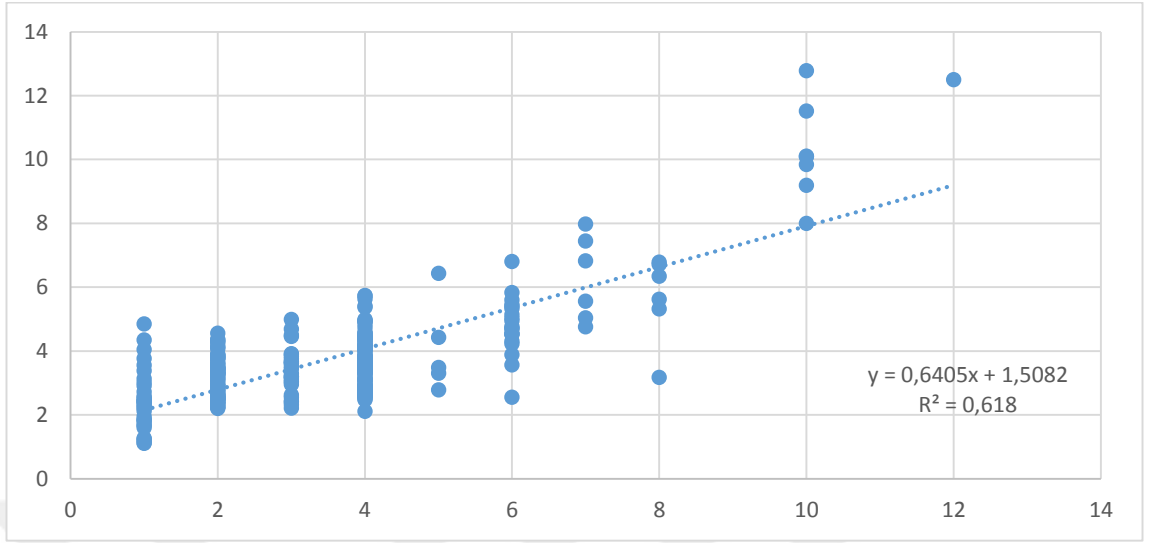
**Şekil 4.34.** Toplam yolculuk-LR-NBREG-YSA-Poisson tahmin grafikleri

Hane halkı anketlerinde hesaplanan toplam yolculuğun, lineer regresyon, yapay sinir ağları, PRu ve negatif binomial regresyon tahmin serilerine göre uyum grafiği, Şekil 4.34'te verilmiştir. Grafik genel hali ile yöntemlerin toplam yolculuğu tahminde uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.



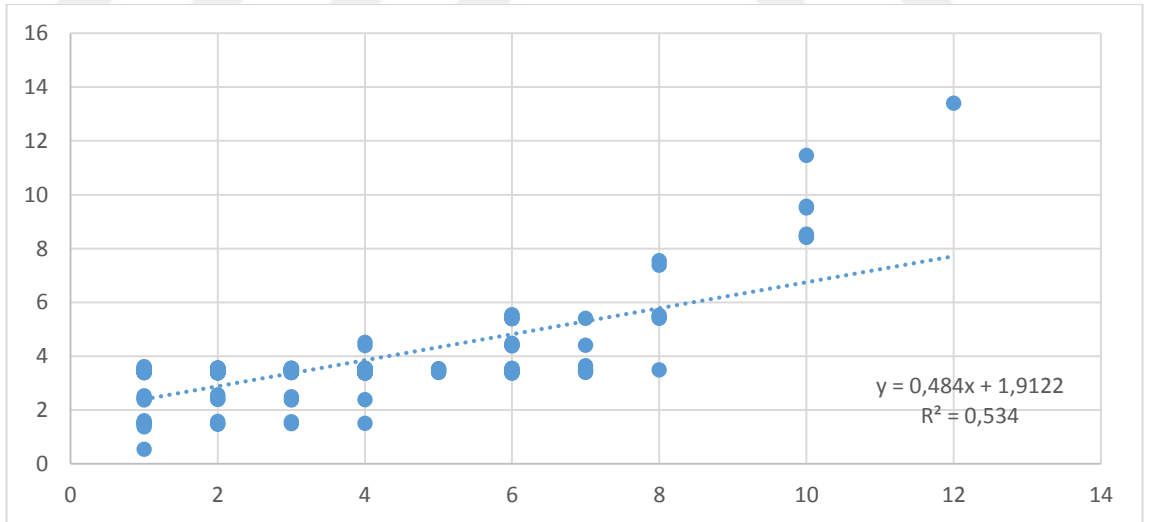
**Şekil 4.35.** Toplam yolculuk-Linear Regresyon serpilme grafiği

Hane halkının toplam yolculuğunun lineer regresyonu ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,56$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.35).



**Şekil 4.36.** Toplam yolculuk-YSA serpilme grafiği

Hane halkının toplam yolculuğunun yapay sinir ağları ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,61$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.36).

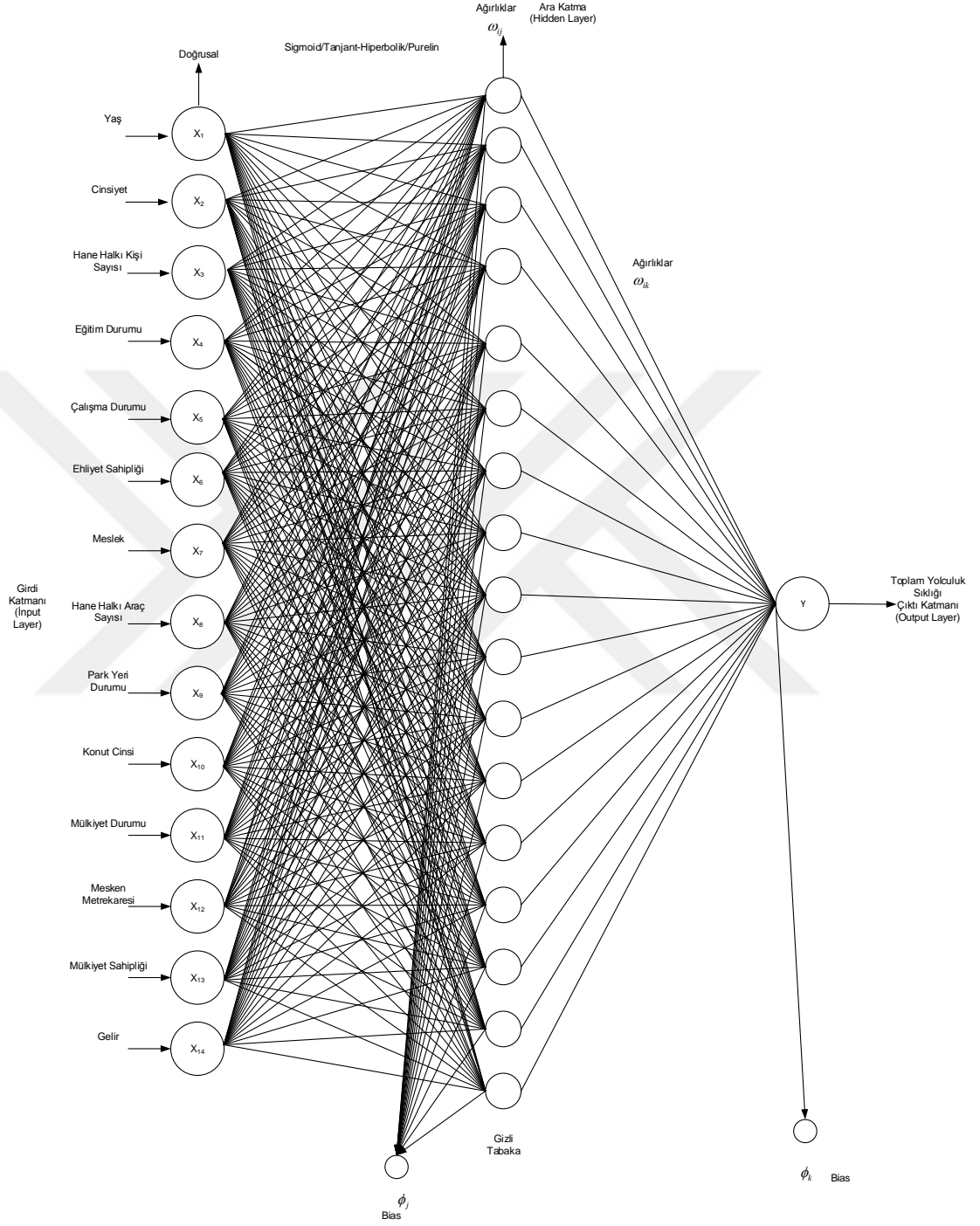


**Şekil 4.37.** Toplam yolculuk-PR serpilme grafiği

Hane halkının toplam yolculuğunun PR ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,53$  olduğu görülmüş olup, aşırı yayılım gösterdiğinden binomial regresyon da yöntem olarak kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 4.37).

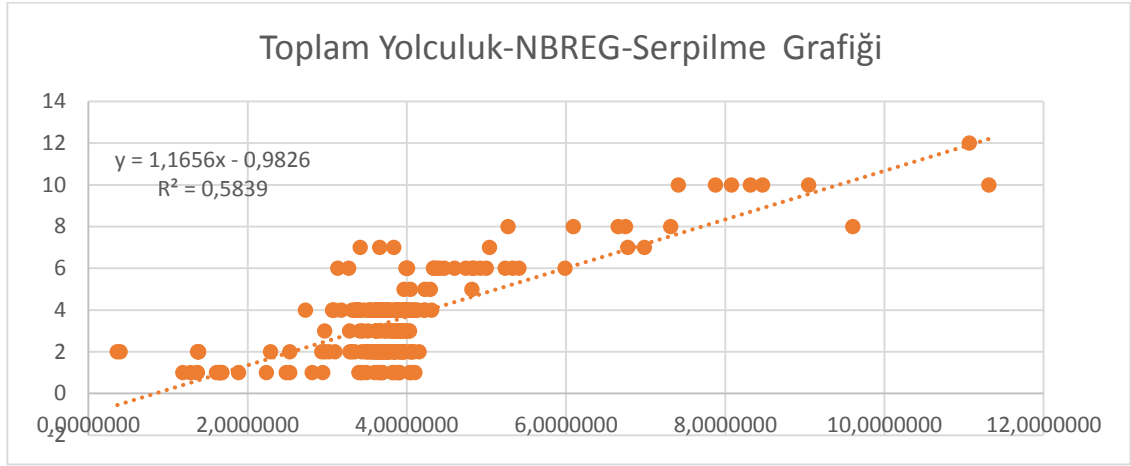


### Hane Halkı Toplam Yolculuğun Yapay Sinir Ağları (YSA) Tahmin Şeması



Çok tabakalı geri besemeli en küçük kareler yöntemi

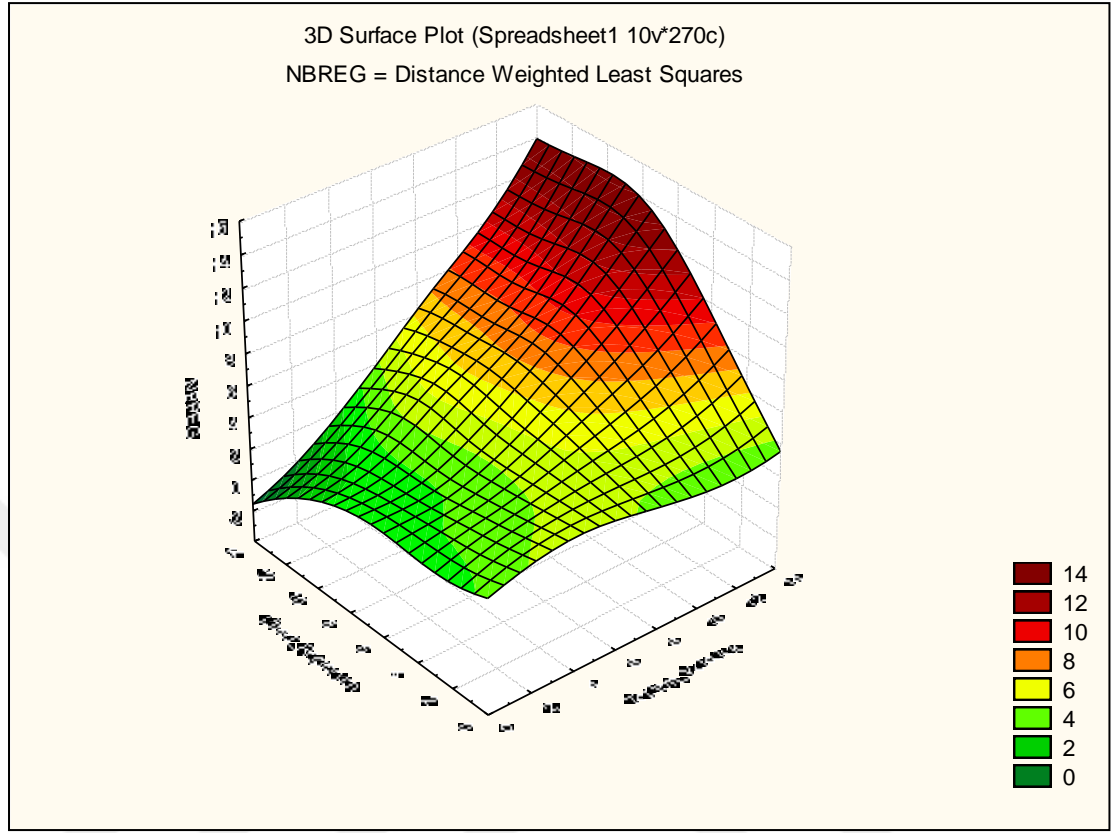
Şekil 4.38. Hane halkı toplam yolculuğunun YSA tahmin şeması



**Şekil 4.39.** Toplam yolculuk-negatif binomial regresyonu serpilme grafiği

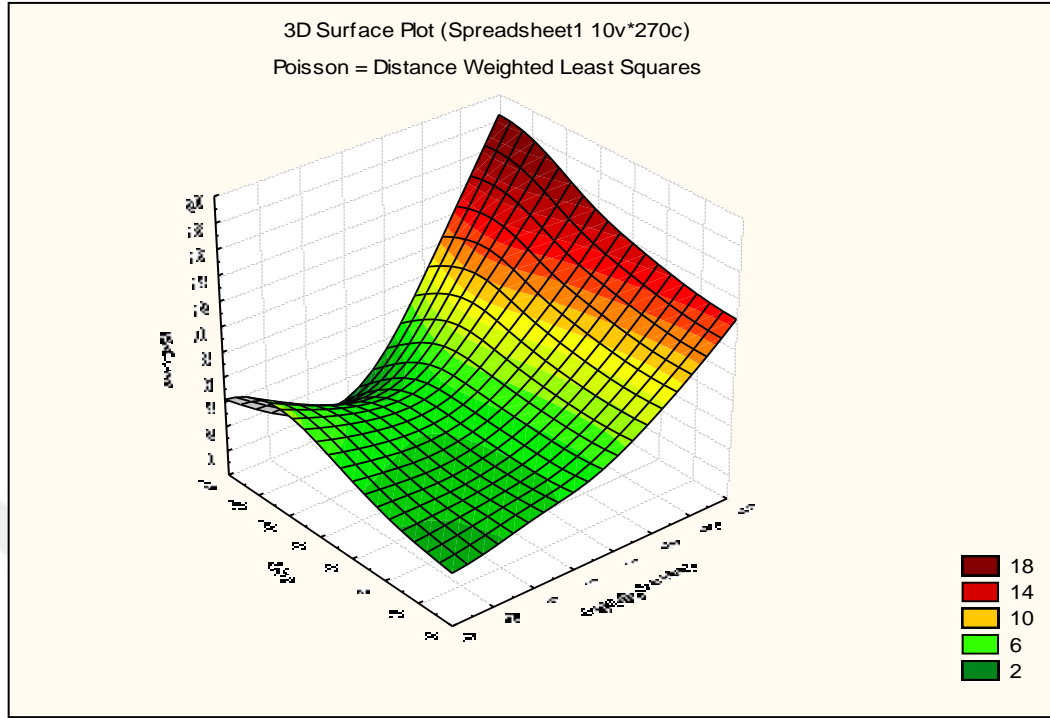
Hane halkının toplam yolculuğunun negatif binomial regresyon ile tahmin edilmesi sonucunda belirlilik katsayısının  $R^2=0,58$  olduğu görülmüştür (Şekil 4.39).

Yöntemlerin sınıflandırmasın belirlilik katsayısı ve ortalama karesel hata ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ayırıcı özellik olarak kabul edilmiştir. Uyum grafiği ve dağılım grafikleri incelendiğinde, Yapay Sinir Ağları yöntemi istatistiksel olarak en uygun yöntem olarak bulunmuştur. Ortalama Karesel Hata (OKH=0,008), AIC bilgi kriteri - 58,158,  $R^2=0,62$  olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.40.** Toplam yolculuk-negatif binomial regresyonu ve lineer regresyon yüzeysel grafiği

Toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan negatif binomial regresyon, lineer regresyon ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.40).



**Şekil 4.41.** Toplam yolculuk-PR ve YSA yüzeysel grafiği

Toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan yapay sinir ağları, PR ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.41).

**Çizelge 4.33.** Hane halkı modellerinin karşılaştırması

| Yöntem  | R <sup>2</sup> | OKH   | AIC      | Değerlendirme                                 |
|---------|----------------|-------|----------|---|
| LR      | 0,56           | 0,025 | -127,487 |   |
| Poisson | 0,53           | 0,013 | -98,334  |   |
| NBR     | 0,58           | 0,018 | -24,458  |   |
| YSA     | 0,62           | 0,003 | -265,15  | <i>İstatistiksel olarak en anlamlı yöntem</i> |

Poisson regresyonunda  $\alpha=1,15 < 1$  olduğundan model aşırı yayılım göstermiş olup, NBR kullanılmıştır.

R<sup>2</sup>'si en büyük, AIC ve OKH'sı en küçük yöntem YSA olduğundan en anlamlı yöntem olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.34 – 4.37’de LR, PR, NBR ve YSA parametrelerinin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.34. LR parametre çıktıları

| N=276                           |         | sd=n-p=276-13=263      |        | Pearson $\chi^2=755,3478$          |       | $\chi^2_{0,05,113}=122,3424$ |  |
|---------------------------------|---------|------------------------|--------|------------------------------------|-------|------------------------------|--|
| Parametre                       | Katsayı | Standart Hata          | t      | Olabilirlik P                      | F     | Olabilirlik P                |  |
| Sabit Terim                     | 1,545   | 0,633                  | 3,095  | 0,002                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Yaş               | -0,001  | 0,078                  | 4,643  | 0,000                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Cinsiyeti         | 0,528   | 0,316                  | 0,508  | 0,612                              |       |                              |  |
| Hane Kişi Sayısı                | 0,387   | 0,074                  | 0,206  | 0,837                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Eğitim Durumu     | 1,124   | 0,188                  | -0,211 | 0,833                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Çalışma Durumu    | 0,016   | 0,151                  | -0,093 | 0,926                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Ehliyet Sahipliği | 0,1313  | 0,290                  | 1,934  | 0,054                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Meslek            | 0,011   | 0,031                  | 0,790  | 0,999                              | 2,596 | 0,000                        |  |
| Hane Halkının Araç Sayısı       | 0,020   | 0,013                  | -0,113 | 1,324                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Park Yeri         | 0,062   | -0,013                 | -1,601 | -0,161                             |       |                              |  |
| Hane Halkının Konut Cinsi       | -0,06   | -0,006                 | -0,067 | -0,639                             |       |                              |  |
| Hane Halkının Mülkiyet          | -0,017  | 0,118                  | -0,099 | -0,136                             |       |                              |  |
| Hane Halkının Metrekare         | 0,057   | -,243                  | -1,122 | 0,282                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Ev Sahipliği      | -0,60   | 7,169                  | ,029   | -0,186                             |       |                              |  |
| Hane Halkının Gelir             | 0,320   | -,331                  | 0,999  | 0,558                              |       |                              |  |
| R <sup>2</sup> =0,56            |         | AIC (Akaike)= -127,487 |        | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,025 |       |                              |  |

Çizelge 4.35. PR parametre çıktıları

| N=276 sd=n-p=276-13=263         |            | Pearson $\chi^2=138,40$ |            | $\chi^2_{0,05,113}=0,0409$         |       |               |
|---------------------------------|------------|-------------------------|------------|------------------------------------|-------|---------------|
| Parametre                       | Katsayı    | Standart Hata           | t          | Olabilirlik P                      | F     | Olabilirlik P |
| Sabit Terim                     | -0,006957  | 0,0042235               | -0,0046731 | -0,033715                          |       |               |
| Hane Halkının Yaşı              | -0,012994  | 0,0014246               | -0,0090734 | 0,0468184                          |       |               |
| Hane Halkının Cinsiyeti         | -0,046171  | 0,0298405               | -0,0399034 | 0,0850093                          |       |               |
| Hane Halkı Kişi Sayısı          | -0,028632  | 0,0125539               | -0,0298307 | 0,0720761                          |       |               |
| Hane Halkının Eğitim Durumu     | 0,0359487  | 0,0508512               | -0,0182231 | 0,1675133                          |       |               |
| Hane Halkının Çalışma Durumu    | -0,0066275 | 0,0489792               | 0,0309262  | 0,0104618                          |       |               |
| Hane Halkının Ehliyet Sahipliği | 0,01257    | 0,2599                  | 0,0002162  | 0,343575                           |       |               |
| Hane Halkının Meslek            | 0,0243688  | 0,0243688               | 0,0243688  | 0,0243688                          | 1,874 | 0,001         |
| Hane Halkının Araç Sayısı       | 0,0286715  | 0,0286715               | 0,0286715  | 0,0286715                          |       |               |
| Hane Halkının Park Yeri         | 0,0052024  | 0,0052024               | 0,0052024  | 0,0052024                          |       |               |
| Hane Halkının Konut Cinsi       | 0,0124147  | 0,0124147               | 0,0124147  | 0,0124147                          |       |               |
| Hane Halkının Mülkiyet          | 0,1310671  | 0,1310671               | 0,1310671  | 0,1310671                          |       |               |
| Hane Halkının Metrekare         | 0,0723143  | 0,0723143               | 0,0723143  | 0,0723143                          |       |               |
| Hane Halkının Ev Sahipliği      | 0,347899   | 0,0347899               | 0,0347899  | 0,0347899                          |       |               |
| Hane Halkının Gelir             | 0,0211084  | 0,0211084               | 0,0211084  | 0,0211084                          |       |               |
| R <sup>2</sup> =0,53            |            | AIC (Akaike)=-98,334    |            | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,013 |       |               |

Çizelge 4.36. NBR parametre çıktıları

| N=276                           |           | sd=n-p=276-13=263    |            | Pearson $\chi^2=755,3478$          |       | $\chi^2_{0,05,113}=122,3424$ |  |
|---------------------------------|-----------|----------------------|------------|------------------------------------|-------|------------------------------|--|
| Parametre                       | Katsayı   | Standart Hata        | t          | Olabilirlik P                      | F     | Olabilirlik P                |  |
| Sabit Terim                     | 0,137782  | 0,2560868            | 0,0603604  | ,022                               |       |                              |  |
| Hane Halkının Yaş               | 0,0046731 | 0,0243688            | 0,0148176  | ,752                               |       |                              |  |
| Hane Halkının Cinsiyeti         | 0,0090734 | 0,0286715            | 0,019258   | ,638                               |       |                              |  |
| Hane Kişi Sayısı                | 0,0399034 | 0,0052024            | 0,0230136  | ,083                               |       |                              |  |
| Hane Halkının Eğitim Durumu     | 0,0298307 | 0,0124147            | 0,0215542  | ,166                               |       |                              |  |
| Hane Halkının Çalışma Durumu    | 0,0182231 | 0,1310671            | 0,0761699  | 0,811                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Ehliyet Sahipliği | 0,0309262 | 0,0723143            | 0,0211167  | 0,143                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Meslek            | 0,0002162 | 0,0347899            | 0,01764    | 0,022                              | 14,85 | 0,008                        |  |
| Hane Halkının Araç Sayısı       | 0,0286715 | 0,0211084            | 0,0194786  | 0,752                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Park Yeri         | 0,0052024 | 0,1377827            | -0,033715  | 0,638                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Konut Cinsi       | 0,0124147 | 0,0046731            | 0,0468184  | 0,083                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Mülkiyet          | 0,1310671 | 0,0090734            | -0,0850093 | 0,166                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Metrekare         | 0,0723143 | 0,0399034            | -0,0720761 | -0,32                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Ev Sahipliği      | 0,0347899 | 0,0298307            | -0,1675133 | 0,47                               |       |                              |  |
| Hane Halkının Gelir             | 0,0211084 | 0,0182231            | 0,15987    | -1,73                              |       |                              |  |
| R <sup>2</sup> =0,58            |           | AIC (Akaike)=-24,458 |            | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,018 |       |                              |  |

Çizelge 4.37. YSA parametre çıktıları

| Ağ Yapısı | AIC (Akaike) | Ortalama Kareysel Hata | R <sup>2</sup> | Aktivasyon Fonksiyonu | Transfer Fonksiyonu         | İterasyon Sayısı | Tabaka Sayısı | Gizli Tabadaki Nöron Sayısı |
|-----------|--------------|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| 1         | -265,15      | 0,003                  | 0,62           | Trainbr               | Tansig<br>Tansig<br>Purelin | 500              | 3             | 13                          |

### 4.3. Yurt Anketlerinden Elde Edilen Toplam Yolculuğun İstatistiksel Modellemelerinin Karşılaştırılması

Yurt anketi modelleri

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u$$

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + u$$

#### Lineer regresyon

Toplam Yolculuk = 2,501 + 0,005 yaş - 0,039 cinsiyet - 0,083 eğitim + 0,062 çalışma - 0,052 otomobil - 0,005 ehliyet + 0,032 gelir - 0,051 harcama - 0,066 taşıt türü

Y=yurt halkının toplam yolculuğu

X1=yaş

X2= cinsiyet

X3= eğitim

X4= çalışma durumu

X5= otomobil sahipliği

X6 = ehliyet

X7= gelir

X8= gider

X9= taşıt türü



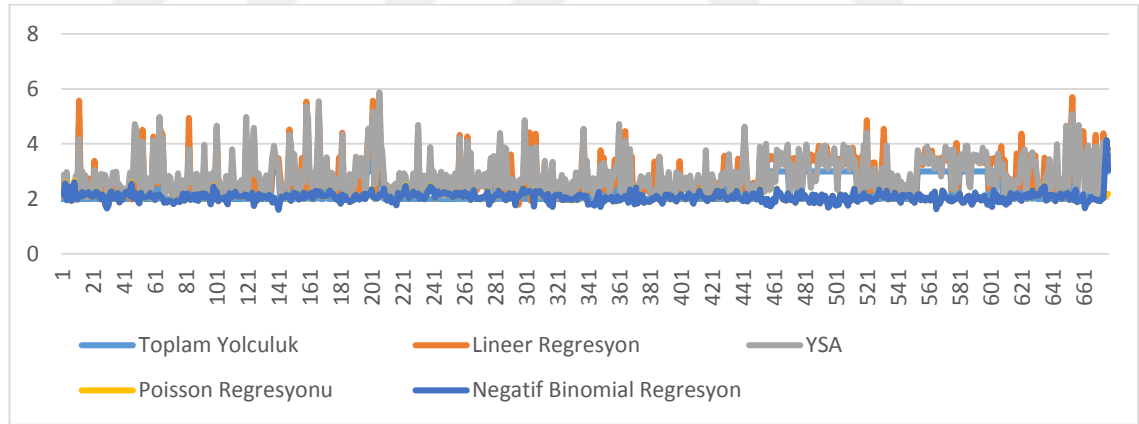
$$E(A)=\exp(\dots)$$

### Poisson regresyonu

Toplam Yolculuk= $0,663+0,003$  yaş- $0,066$ cinsiyet-  
 $0,0294$ egitim+ $0,026$ çalışma+ $0,033$ otomobil+ $0,012$ ehliyet+ $0,024$ gelir-  
 $0,042$ harcama+ $0,006$  taşıt türü

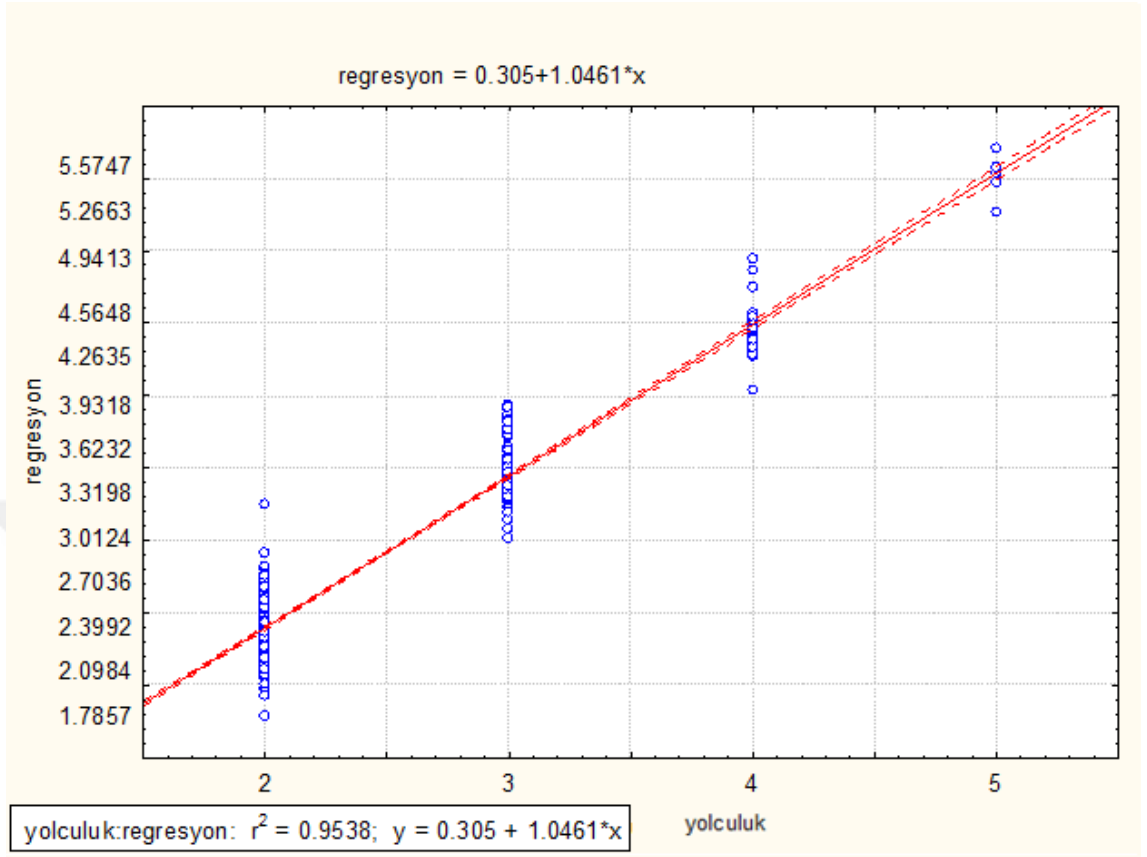
### Negatif binomial regresyon

Toplam Yolculuk= $0,673+0,002$  yaş- $0,05$ cinsiyet-  
 $0,01294$ egitim+ $0,0026$ çalışma+ $0,044$ otomobil+ $0,066$ ehliyet+ $0,015$ gelir-  
 $0,062$ harcama+ $0,009$  taşıt türü



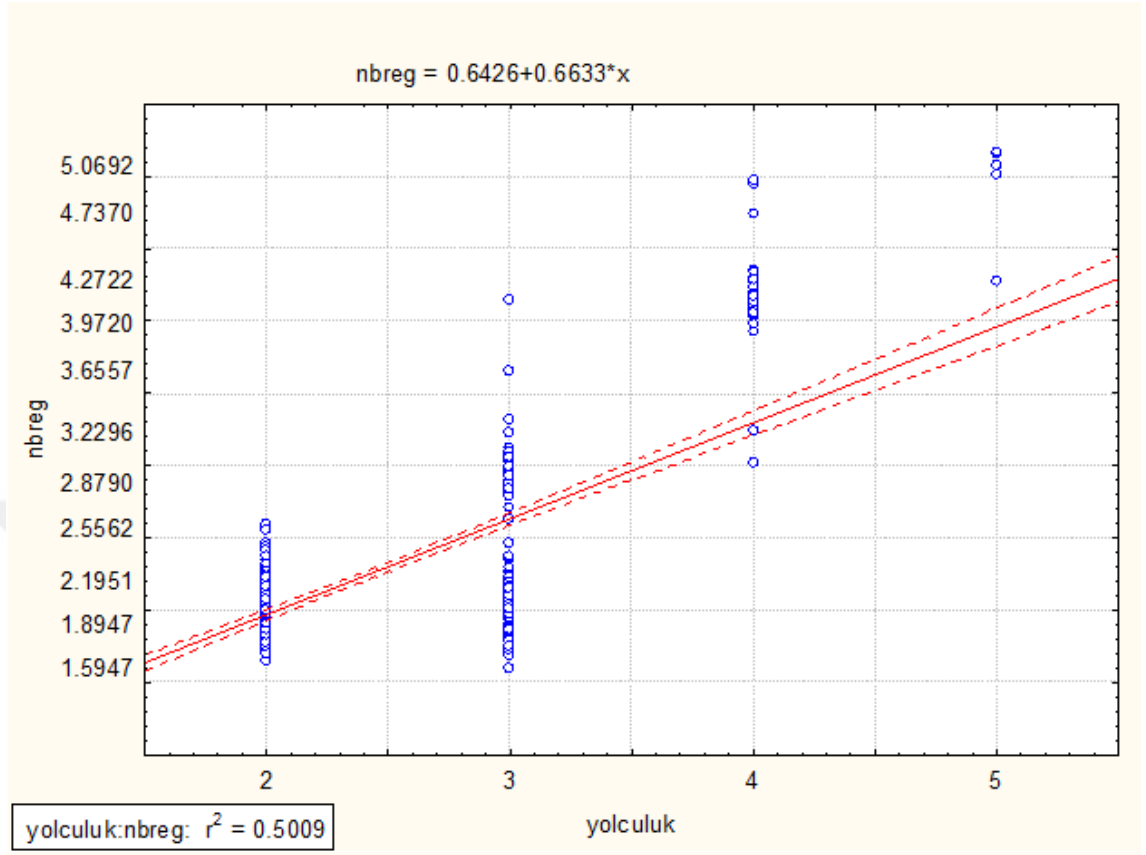
**Şekil 4.42.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR, PR, NBR ve YSA karşılaştırmaları

Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun, lineer regresyon, yapay sinir ağları, PR ve negatif binomial regresyon tahmin serilerine göre uyum grafiği, Şekil 4.39'da verilmiştir. Grafik genel hali ile yöntemlerin toplam yolculuğu tahminde uyumlu olduğu söylenebilir.



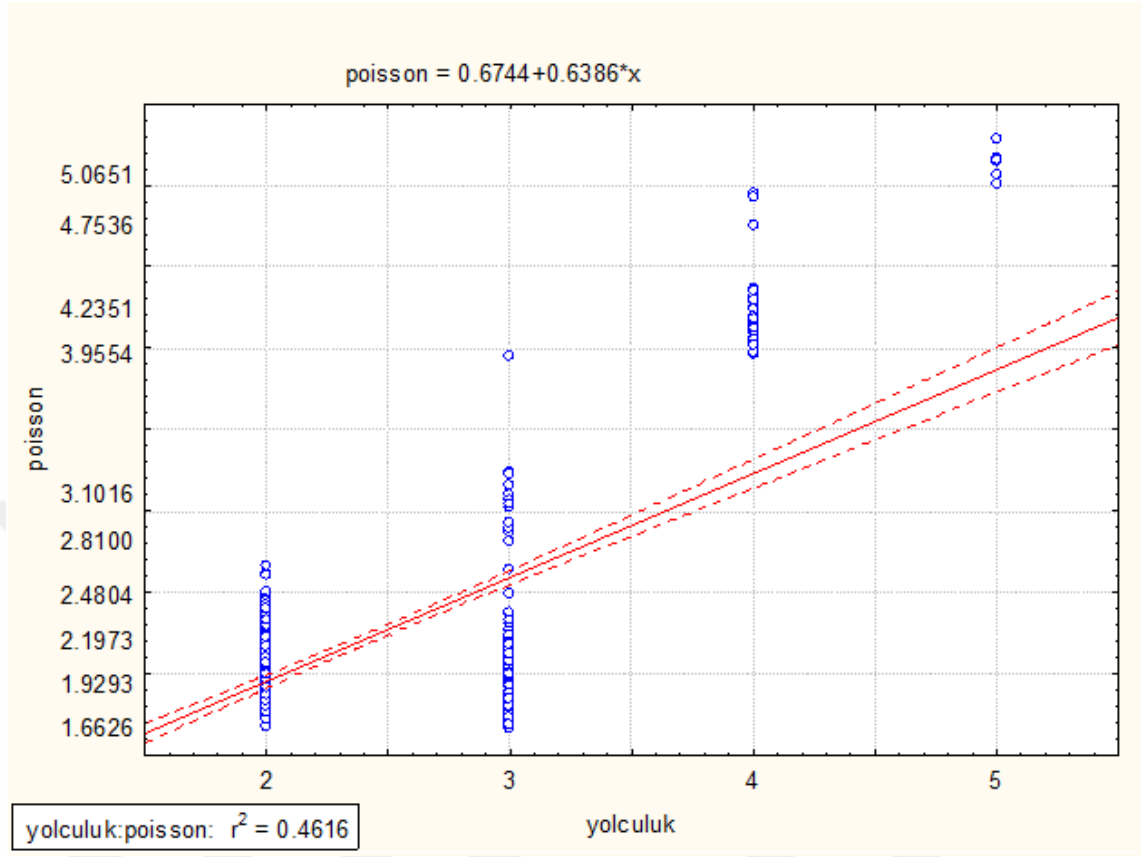
**Şekil 4.43.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR ile tahmin grafiği

Yurt anketlerine göre toplam yolculuğunun lineer regresyonu ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,95$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.43).



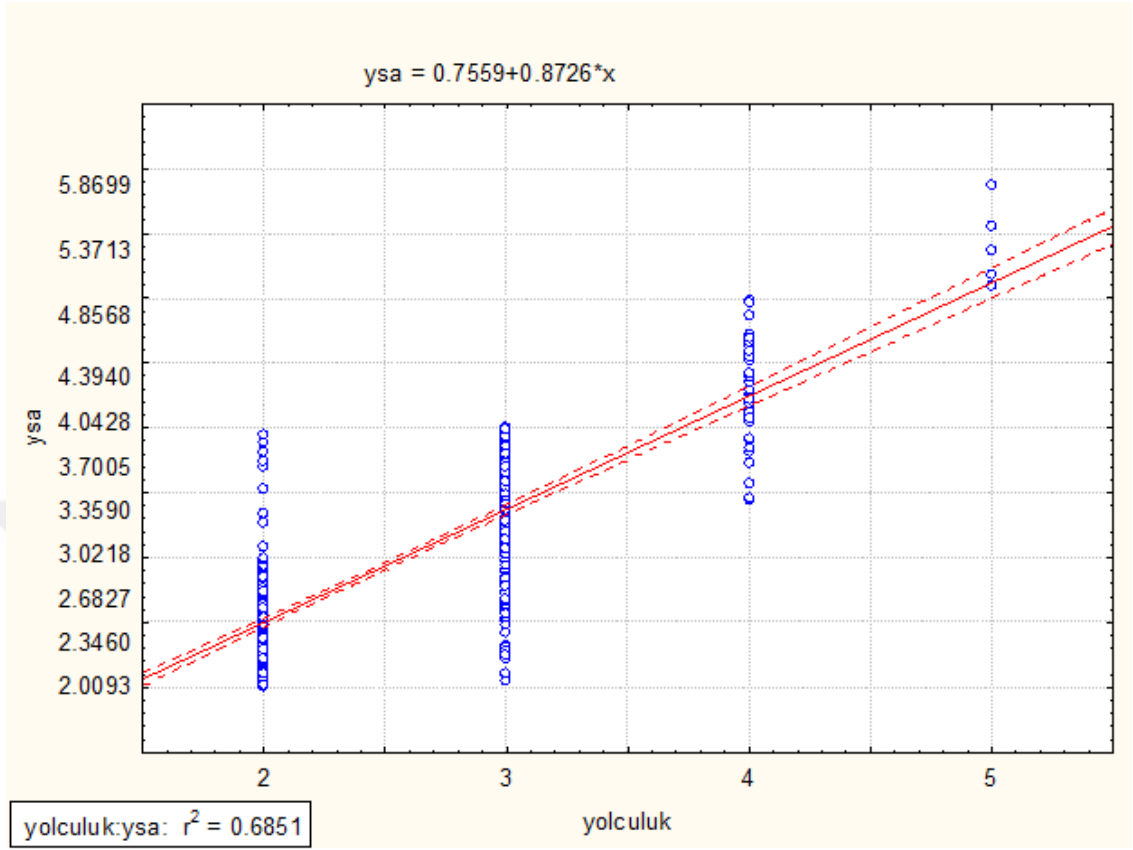
**Şekil 4.44.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR ile tahmin grafiği

Yurt anketlerine göre toplam yolculuğunun negatif binomial regresyonu ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,50$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.44).



**Şekil 4.45.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun PR ile tahmin grafiği

Yurt anketlerine göre toplam yolculuğunun PR ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,46$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.45).

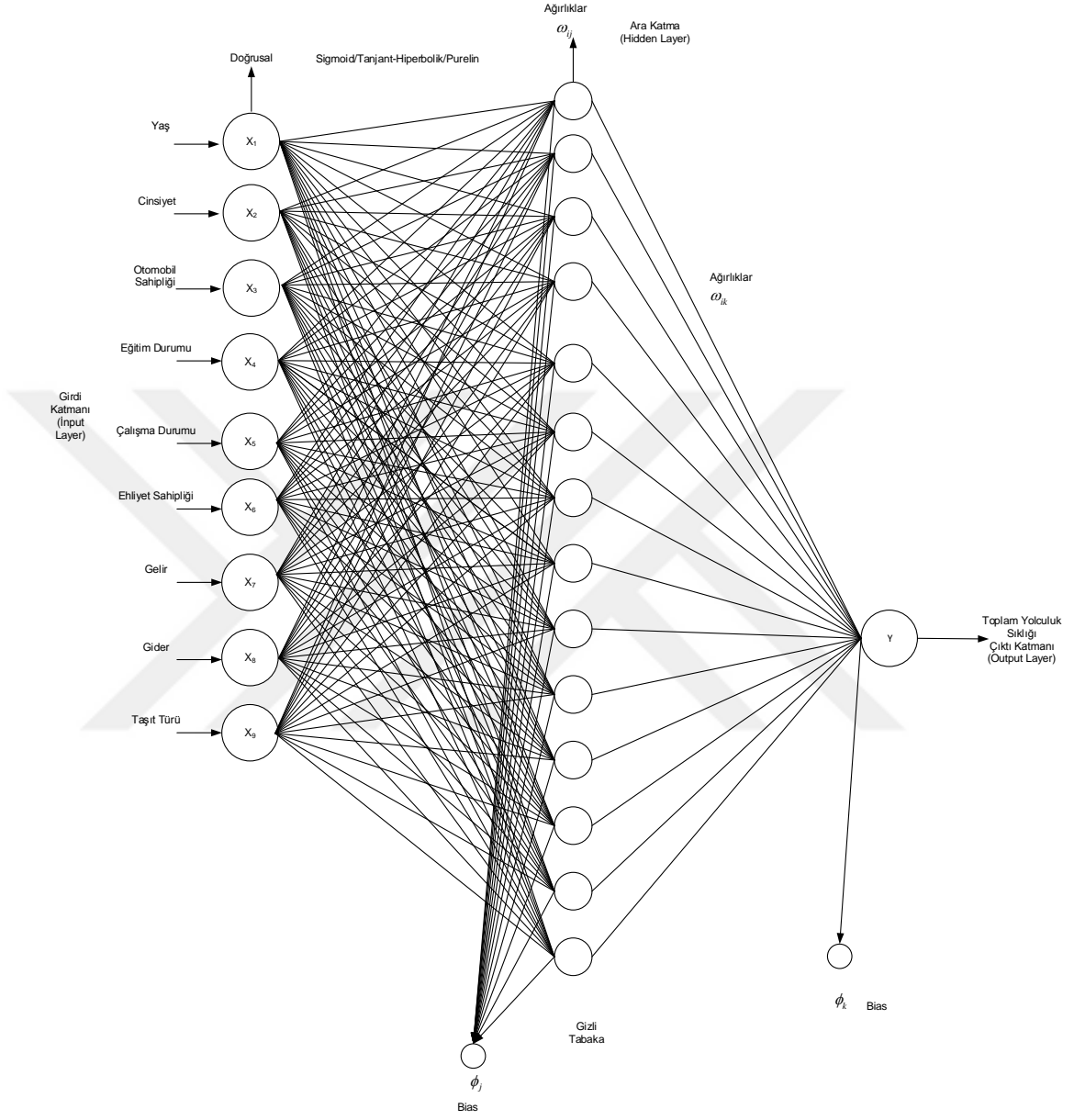


**Şekil 4.46.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun YSA ile tahmin grafiği

Yurt anketlerine göre toplam yolculuğunun YSA ile tahmin edilmesinde belirlilik katsayısının  $R^2=0,69$  olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.46).

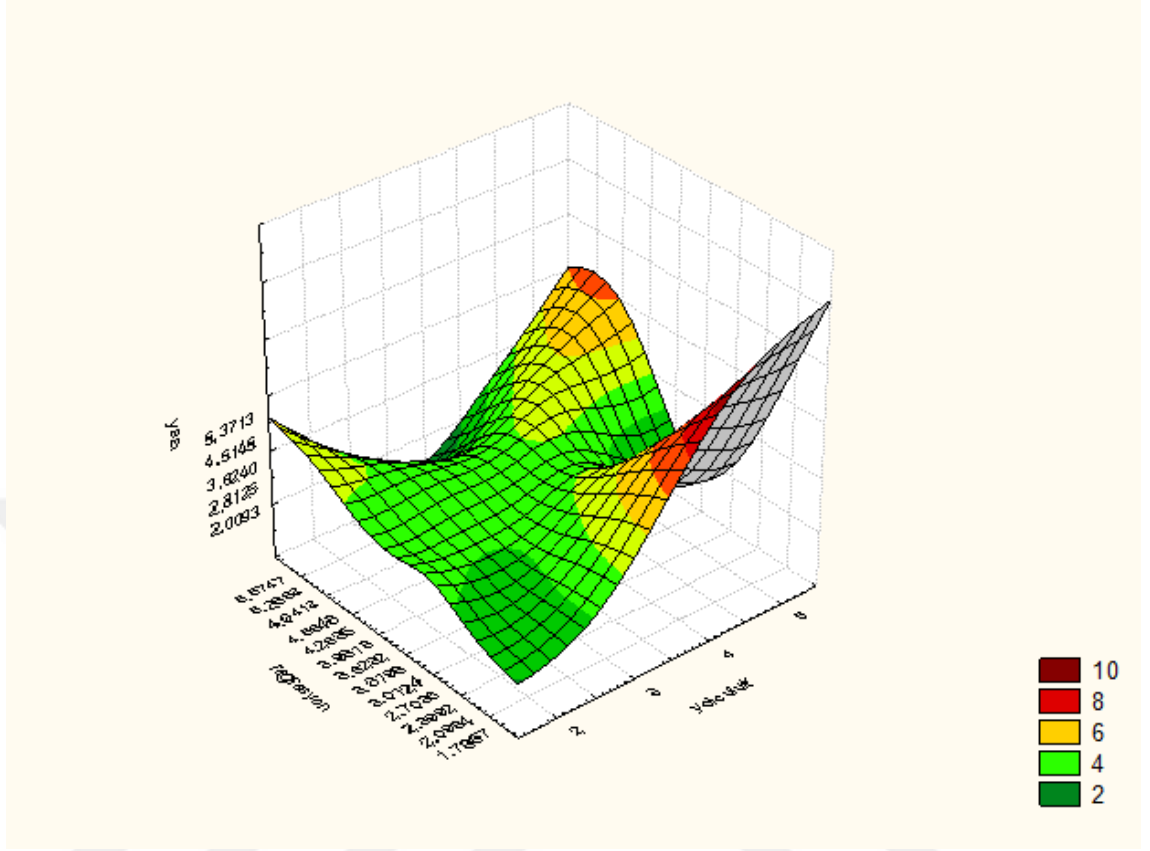
Yöntemlerin sınıflandırmasında belirlilik katsayısı ve ortalama karesel hata ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ayırıcı özellik olarak kabul edilmiştir. Uyum grafiği ve dağılım grafikleri incelendiğinde, Lineer regresyon yöntemi istatistiksel olarak en uygun yöntem olarak bulunmuştur. Ortalama Karesel Hata (OKH=0,006), AIC bilgi kriteri -65,148,  $R^2=0,95$  olarak hesaplanmıştır.

**Yurt Anketi Toplam Yolculuğun Yapay Sinir Ağları (YSA) Tahmin Şeması**



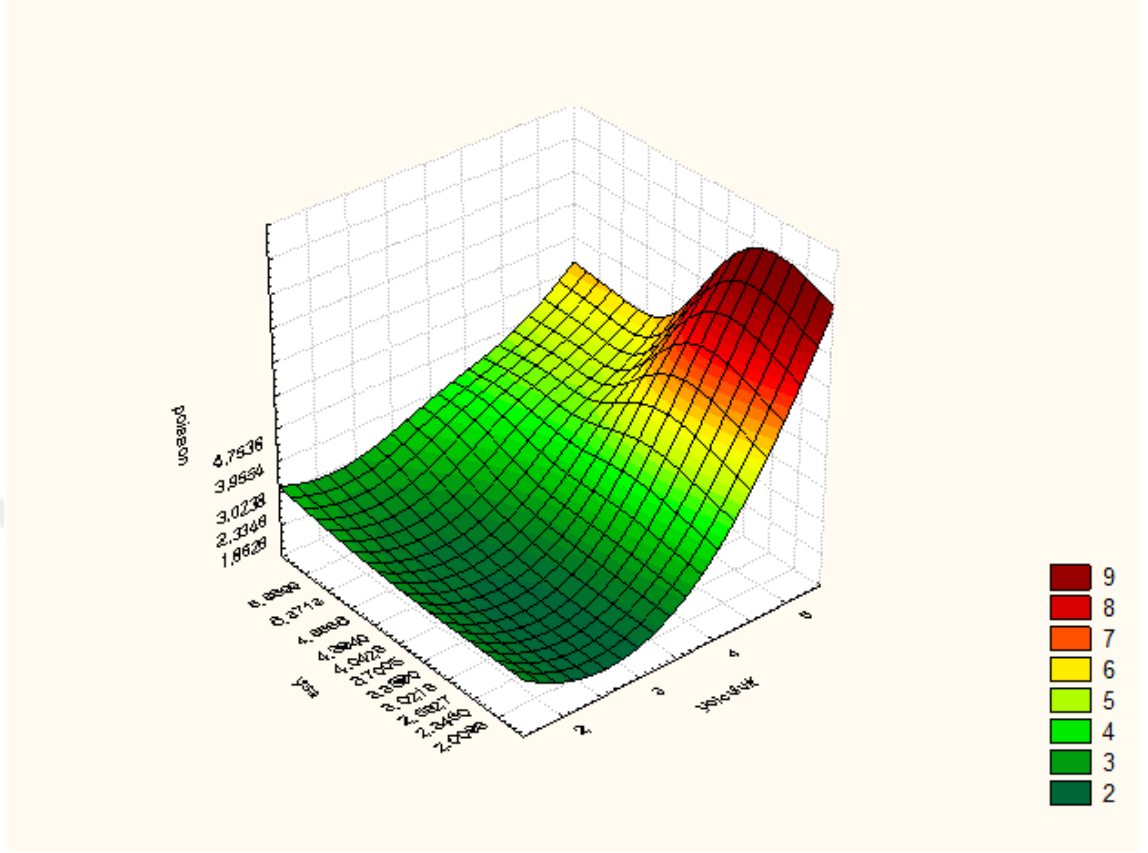
Çok tabakalı geri beslemeli en küçük kareler yöntemi

**Şekil 4.47.** Yurt anketleri toplam yolculuğunun YSA tahmin şeması



**Şekil 4.48.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun YSA-LR yüzeysel grafiği

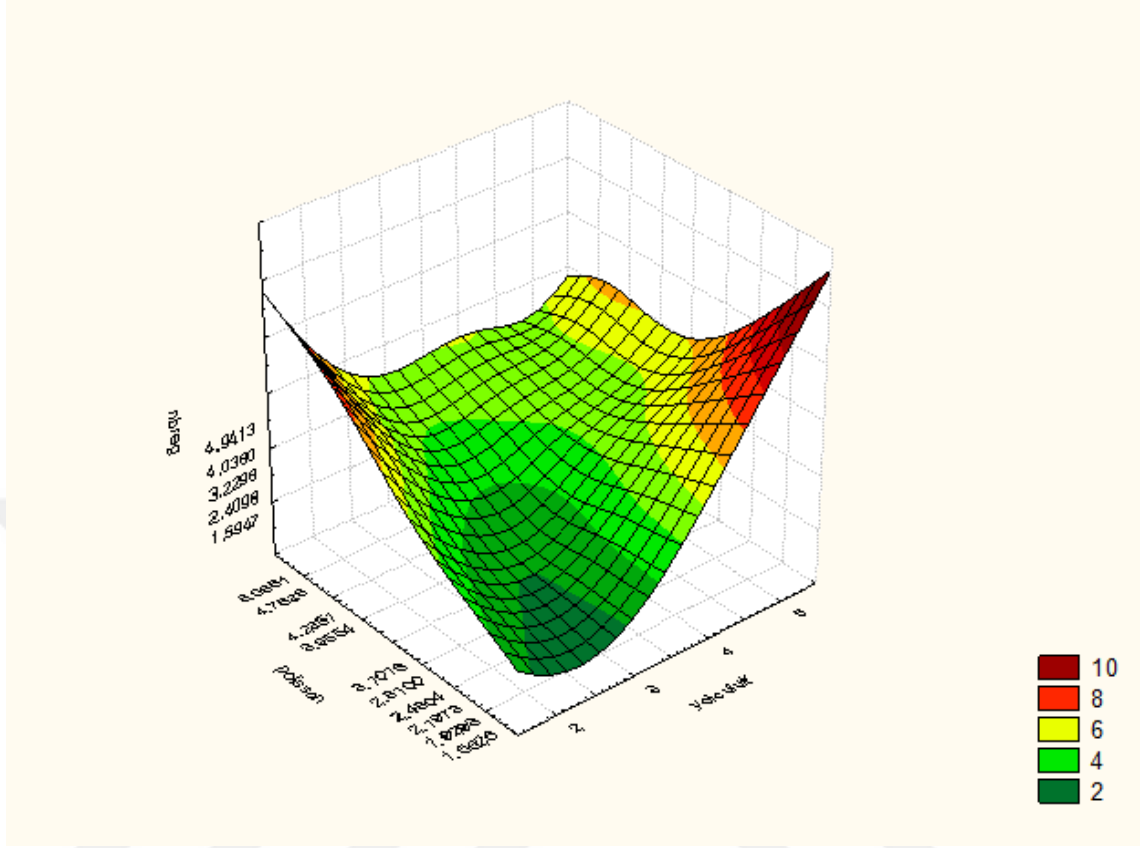
Yurt anketi sonuçlarına göre, toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan yapay sinir ağları, lineer regresyon ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.48).



**Şekil 4.49.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun PR-YSA yüzeysel grafiği

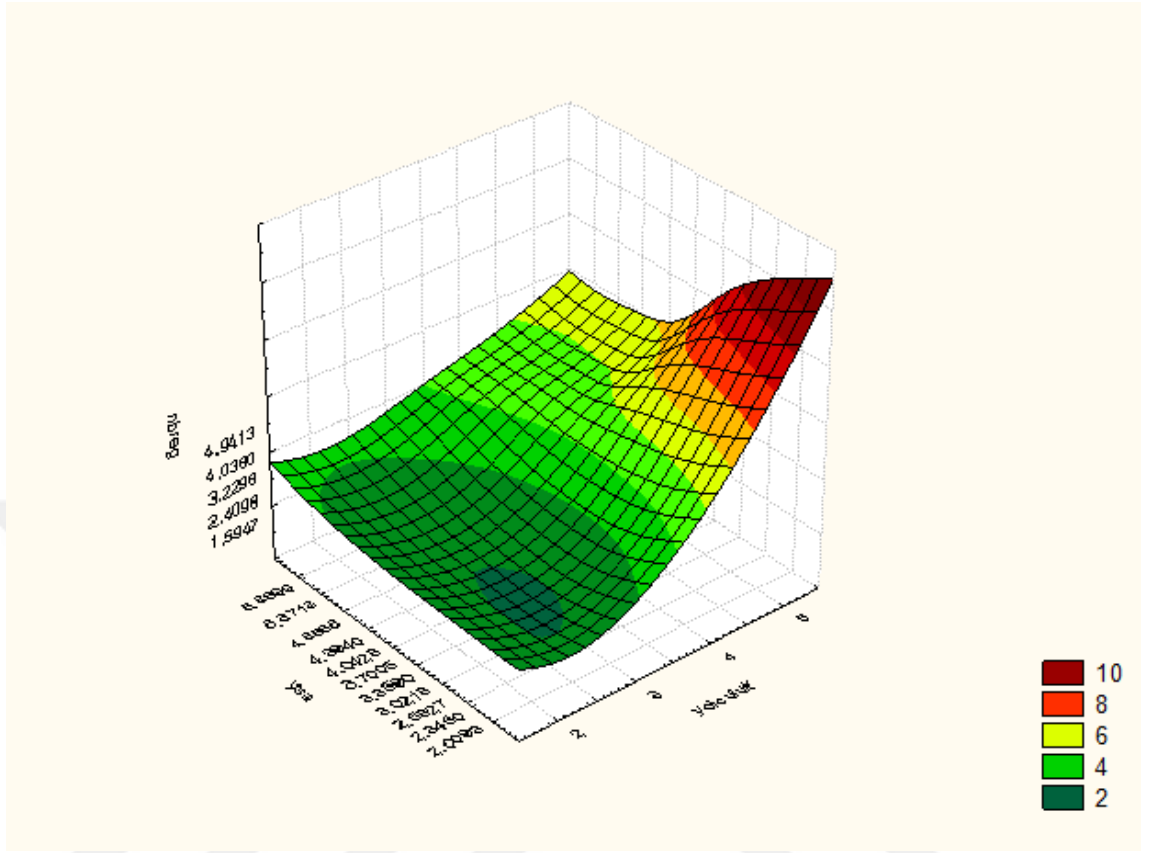
Yurt anketi sonuçlarına göre, toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan yapay sinir ağları, PR ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.49).





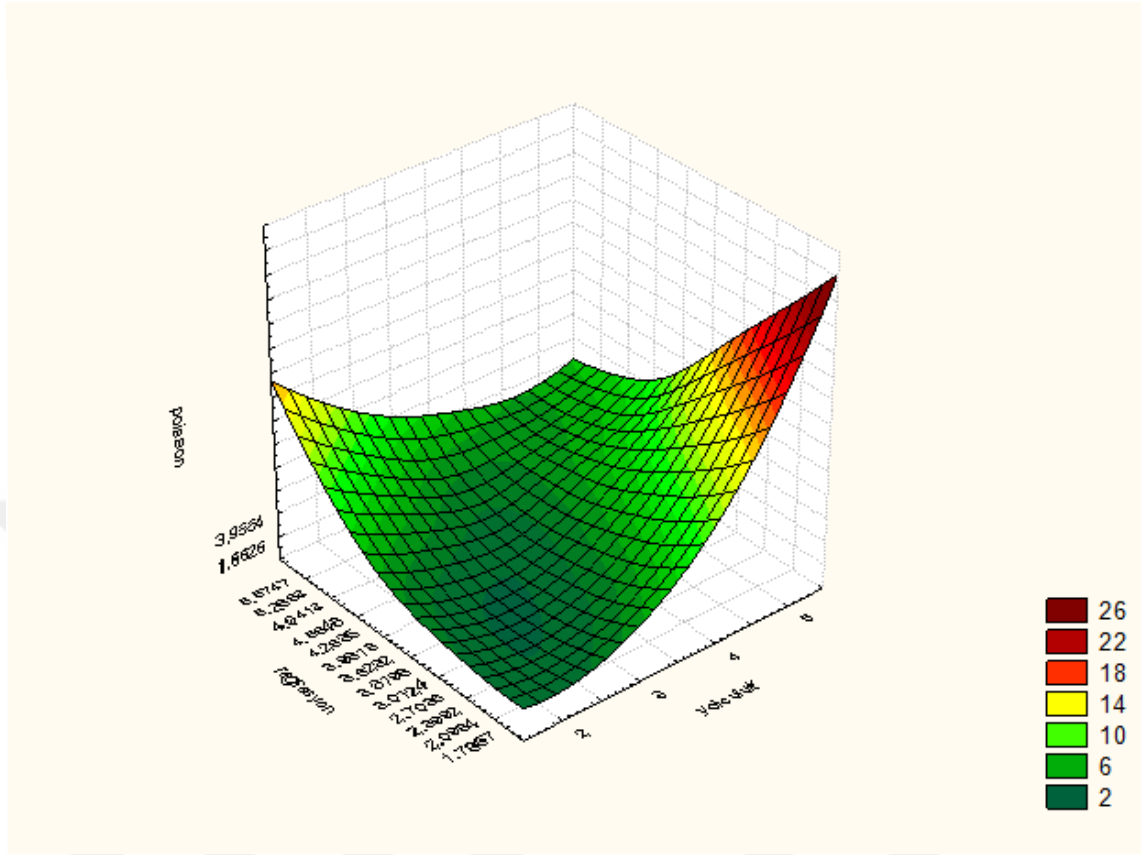
**Şekil 4.50.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR-PR yüzeysel grafiği

Yurt anketi sonuçlarına göre, toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan negatif binomial regresyon, PR ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.50).



**Şekil 4.51.** Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun NBR-YSA yüzeysel grafiği

Yurt anketi sonuçlarına göre, toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan negatif binomial regresyon, YSA ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.52. Yurt anketlerinden hesaplanan toplam yolculuğun LR-PR yüzeysel grafiği

Yurt anketi sonuçlarına göre, toplam yolculuğun tahmin yöntemlerinden olan lineer regresyon, poisson regresyon ile tahmin edilmesi ve orijinal serinin yüzeysel grafiği çizilmiş ve hangi aralıklarda dağılım olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.52).

Çizelge 4.38. LR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri

| Yöntem  | R <sup>2</sup> | OKH   | AIC      | Değerlendirme                                 |
|---------|----------------|-------|----------|---|
| ÇDR     | 0,95           | 0,006 | -65,148  | <i>İstatistiksel olarak en anlamlı yöntem</i> |
| Poisson | 0,46           | 0,017 | -12,147  |   |
| NBR     | 0,50           | 0,019 | -107,487 |   |
| YSA     | 0,69           | 0,010 | -19,476  |   |

Poisson regresyonunda  $\alpha=1,01 < 1$  olduğundan model aşırı yayılım göstermiş olup, NBR kullanılmıştır.

$R^2$ 'si en büyük, AIC ve OKH sı en küçük yöntem ÇDR olduğundan en anlamlı yöntem olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.39 – 4.42'de yurt anketleri için oluşturulan LR, PR, NBR ve YSA parametrelerinin özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 4.39.** LR parametre çıktıları

| N=675                           |         | sd=n-p=675-11=664    |        | Pearson $\chi^2=255,1487$          |       | $\chi^2_{0,05,113}=425,7423$ |  |
|---------------------------------|---------|----------------------|--------|------------------------------------|-------|------------------------------|--|
| Parametre                       | Katsayı | Standart Hata        | t      | Olabilirlik P                      | F     | Olabilirlik P                |  |
| Sabit Terim                     | 1,932   | 0,593                | 3,258  | 0,001                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Yaş               | 0,007   | 0,016                | 0,417  | 0,677                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Cinsiyeti         | -0,133  | 0,066                | -2,009 | 0,045                              |       |                              |  |
| Hane Otomobil Sahipliği         | -0,061  | 0,033                | -1,825 | 0,069                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Eğitim Durumu     | 0,052   | 0,131                | 0,395  | 0,693                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Çalışma Durumu    | 0,071   | 0,173                | 0,409  | 0,683                              | 2,781 | 0,003                        |  |
| Hane Halkının Ehliyet Sahipliği | 0,025   | 0,068                | 0,366  | 0,715                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Gelir             | 0,052   | 0,012                | 4,386  | 0,000                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Gider             | -0,084  | 0,040                | -2,08  | 0,038                              |       |                              |  |
| Hane Halkının Taşıt Türü        | -0,011  | 0,038                | -0,296 | 0,767                              |       |                              |  |
| $R^2=0,95$                      |         | AIC (Akaike)=-65,148 |        | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,006 |       |                              |  |

Çizelge 4.40. PR parametre çıktıları

| N=675                           |            | sd=n-p=675-11=664     |       | Pearson $\chi^2=138,40$                          |       | $\chi^2_{0,05,113}=162,1332$ |  |
|---------------------------------|------------|-----------------------|-------|--|-------|------------------------------|--|
| Parametre                       | Katsayı    | Standart Hata         | t     | Olabilirlik P                                    | F     | Olabilirlik P                |  |
| Sabit Terim Hane                | -0,0069573 | 0,000                 | 6,42  | -0,32  |       |                              |  |
| Halkının Yaş Hane               | -0,0129941 | 0,223                 | -1,22 | -0,47  |       |                              |  |
| Halkının Cinsiyeti Hane         | -0,046171  | 0,077                 | -1,77 | -1,73  |       |                              |  |
| Otomobil Sahipliği Hane         | -0,028632  | 0,0001-               | 5,54  | -1,38  |       |                              |  |
| Halkının Eğitim Durumu Hane     | 0,0359487  | 0,000                 | -3,49 | -0,24  |       |                              |  |
| Halkının Çalışma Durumu Hane    | -0,0066275 | 0,000                 | 4,73  | 1,46   | 2,158 | 0,02                         |  |
| Halkının Ehliyet Sahipliği Hane | -0,0016298 | 0,815                 | -0,23 | 0,01   |       |                              |  |
| Halkının Gelir Hane             | -0,028695  | 0,799                 | 0,25  | -1,11  |       |                              |  |
| Halkının Gider Hane             | -0,0634823 | 0,002                 | -3,10 | 1,63   |       |                              |  |
| Halkının Taşıt Türü             | 0,0318998  | 0,000                 | -3,67 | -0,32  |       |                              |  |
| R <sup>2</sup> =0,46            |            | AIC (Akaike)= -12,147 |       | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,017 $\alpha=1,01$ |       |                              |  |

**Çizelge 4.41.** NBR parametre çıktıları

| N=675 sd=n-p=675-11=664         |            | Pearson $\chi^2=14,85$ |       | $\chi^2_{0,05,113^2}=109,6701$      |       |               |
|---------------------------------|------------|------------------------|-------|-------------------------------------|-------|---------------|
| Parametre                       | Katsayı    | Standart Hata          | t     | Olabilirlik P                       | F     | Olabilirlik P |
| Sabit Terim Hane                | 0,0046731  | 0,0603604              | 2,28  | 0,022                               |       |               |
| Halkının Yaş Hane               | 0,0090734  | 0,0148176              | -0,32 | 0,752                               |       |               |
| Halkının Cinsiyeti Hane         | 0,0399034  | 0,019258               | -0,47 | 0,638                               |       |               |
| Otomobil Sahipliği Hane         | 0,0298307  | 0,0230136              | -1,73 | 0,083                               |       |               |
| Halkının Eğitim Durumu Hane     | 0,0182231  | 0,0215542              | -1,38 | 0,166                               |       |               |
| Halkının Çalışma Durumu Hane    | 0,0309262  | 0,0761699              | -0,24 | 0,811                               | 14,85 | 0,002         |
| Halkının Ehliyet Sahipliği Hane | 0,0002162  | 0,0211167              | 1,46  | 0,143                               |       |               |
| Halkının Gelir Hane             | -0,0278541 | 0,01764                | 0,01  | 0,990                               |       |               |
| Halkının Gider Hane             | 3,584562   | 0,0249813              | -1,11 | 0,265                               |       |               |
| Halkının Taşıt Türü             | 0,0046731  | 0,2155763              | 2,28  | 0,000                               |       |               |
| R <sup>2</sup> =0,50            |            | AIC (Akaike)= -107,487 |       | OKH(Ortalama Karesel Hata) = 0,0189 |       | $\alpha=1,15$ |

**Çizelge 4.42.** YSA parametre çıktıları

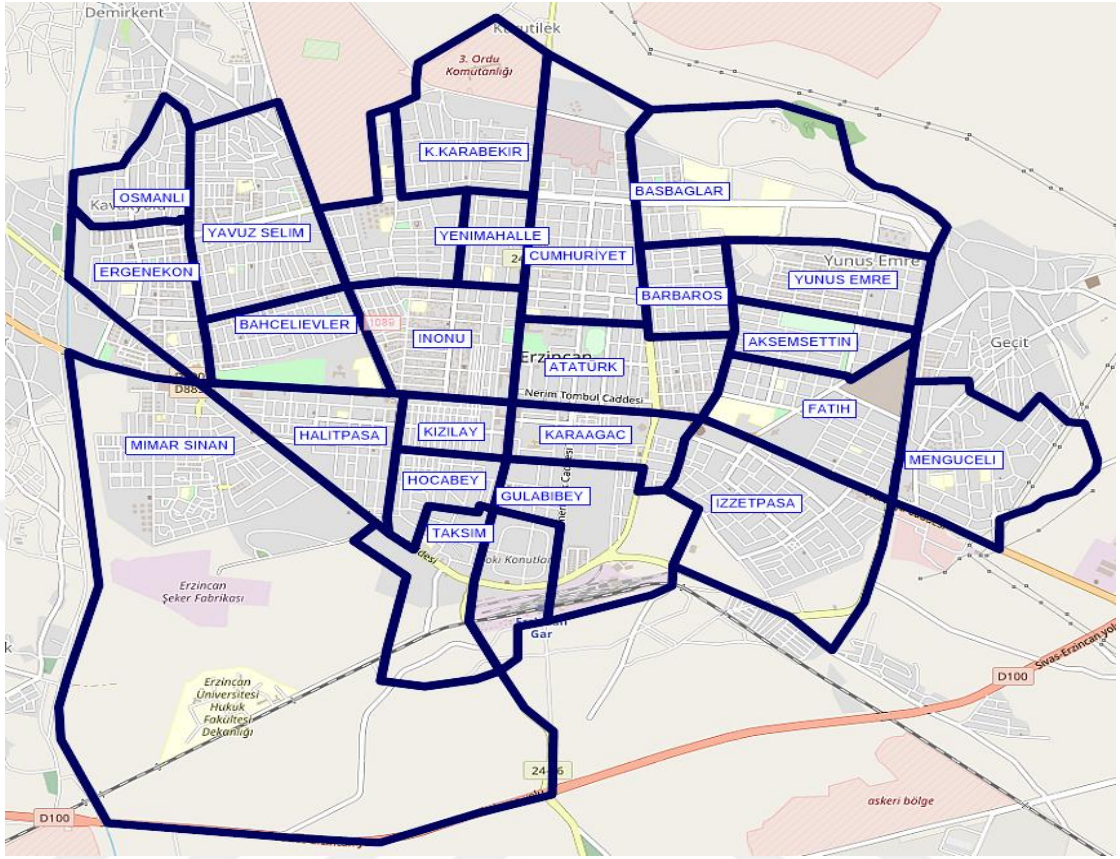
| Ağ Yapısı | AIC (Akaike) | Ortalama Karesel Hata | R <sup>2</sup> | Aktivasyon Fonksiyonu | Transfer Fonksiyonu         | İterasyon Sayısı | Tabaka Sayısı | Gizli Tabadaki Nöron Sayısı |
|-----------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| 1         | -19,476      | 0,001                 | 0,69           | Trainbr               | Tansig<br>Tansig<br>Purelin | 500              | 3             | 11                          |

#### 4.4. Makro-Simülasyon Sonuçları

Son yıllarda, sanayileşme, sosyo-ekonomik büyüme ile artan şehir nüfusları, otomobil sahipliğinin de artmasına neden olmuştur. Her geçen gün artan araç sayısı, trafik problemlerini de beraberinde getirmiştir. Özellikle kent merkezlerindeki arazi kullanım yapısındaki yetersizlikler ve kentlerin plansız bir şekilde büyümesi, Türkiye genelinde mevcut yolların yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu da kent merkezlerindeki trafik akışını olumsuz yönde etkilemiştir.

Erzincan'da yapılan hane halkı anketlerine göre hane halkının %57,79'u özel otomobile sahiptir. Yapılan yaya anketlerinden, otomobil kullanım oranı %22,10 iken toplu taşıma kullananların oranı %60,10 olarak belirlenmiştir. Erzincan ilinde toplu taşıma aracı olarak sadece halk otobüsü kullanılmaktadır. Bunlar, 50 yolcu kapasitesiyle hizmet vermektedirler. Yapılan anketlerden, toplu taşıma kullananların %20,50'si taşıma hizmetinin çok kötü olduğunu, %36,70'i ise idare eder bir hizmet aldıklarını belirtmişlerdir. İyi diyenlerin oranı ise %1,70'de kalmıştır. Memnuniyetsizliklerin sebebi olarak, taşıma ücretlerinin yüksekliğini söyleyenlerin oranı %41,50 ve çok kalabalık olmasından şikâyet edenlerin oranı ise %25,20'dir. %8,40 oranında durakların uzaklığından şikâyet ederken, %12,10'u güzergâhların uygun olmadığını söylemektedir. Toplu taşıma için 13 hat kullanılmakta ve bu hatlar sabah 06:00'dan akşam 22:30'a kadar hizmet vermekte, 23:00'den sonra ise gece hattında çalışan otobüsler hizmet vermektedir.

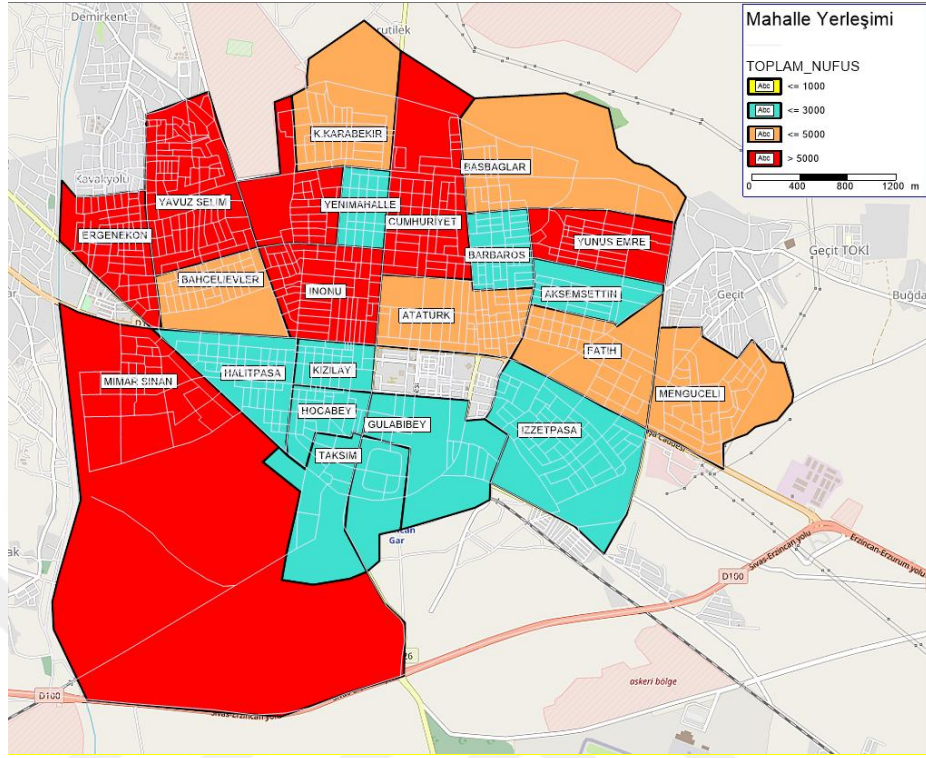
Mevcut toplu taşıma sistemini analiz edebilmek için sabah zirve saati olan 07:30-08:30 saatleri arası zaman tabanlı atamalar yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, zonlar arası hem karayolu hem de toplu taşıma için bağlar (connector), toplu taşıma durakları, zonlar arası başlangıç-varış matrisleri oluşturulmuştur. Mevcut hatların zaman çizelgeleri ile rotaları Erzincan Belediyesi'nden temin edilerek 26 zon için talep matrisleri VISUM programına girilmiştir. Erzincan ili için belirlenen 26 zon Şekil 4.53'de verilmiştir.



**Şekil 4.53.** Erzincan ili merkez ilçe için zon durumu

Mevcut durumda şehir merkezinde bulunan mahallelerin nüfuslarına göre yerleşimleri Şekil 4.54'de gösterilmiştir. Nüfusu 5000'den büyük mahalleler kırmızı ile gösterilirken, nüfusu 1000'den küçük olan mahalleler ise sarı renkle gösterilmiştir. Diğerleri ise ara renklerle gösterilmiştir.



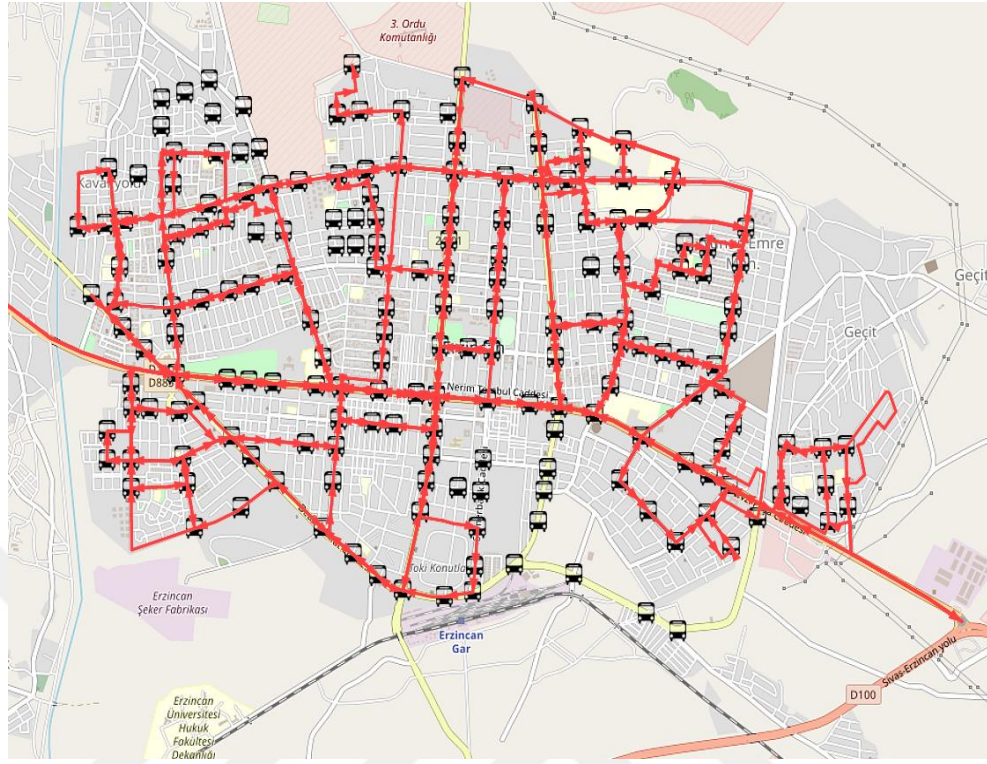


Şekil 4.54. Nüfuslara göre mahallelerin yerleşimi

Mevcut durumda hizmet veren otobüs hatlarına ait zaman çizelgeleri ile durak noktaları, Erzincan Belediye'sinden temin edilerek VISUM'a girilmiştir (Şekil 4.55-56).

| Line                  | HAT_1      | HAT_2      | HAT_3      | HAT_4      | HAT_5      | HAT_6      | HAT_7      | HAT_8      | HAT_9      | HAT_10     | HAT_11     | HAT_14A    | HAT_14B    | GEÇİCİ     |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Count(Freq)           | 97         | 97         | 97         | 97         | 49         | 8          | 97         | 97         | 97         | 24         | 24         | 311        | 311        | 4          |
| Name                  | HAT_1      | HAT_2      | HAT_3      | HAT_4      | HAT_5      | HAT_6      | HAT_7      | HAT_8      | HAT_9      | HAT_10     | HAT_11     | HAT_14A    | HAT_14B    | GEÇİCİ     |
| DirectionCode         | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          |
| Countdown/MinimumSec  | 1:577      | 1:8        | 1:371      | 1:306      | 1:3        | 1:3        | 1:1461     | 1:3        | 1:700      | 1:377      | 1:3        | 1:444      | 1:1636     | 1:8        |
| Headway(Dep)          | 10min      | 10min      | 10min      | 10min      | 30min      | 30min      | 10min      | 10min      | 10min      | 10min      | 30min      | 30min      | 30min      | 30min      |
| Headway(Trp)          | 10min      | 10min      | 10min      | 10min      | 30min      | 30min      | 10min      | 10min      | 10min      | 10min      | 30min      | 30min      | 30min      | 30min      |
| To/FromIdentifier     | 97-1633    | 132-611    | 139-383    | 66-531     | 50-3       | 50-3       | 62-8       | 40-458     | 24-960     | 45-906     | 48-3       | 54-700     | 62-444     | 100-8      |
| OperatorIdentifier    | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE | 1 BELEDİYE |
| StartCount/MaximumSec | 97         | 97         | 97         | 97         | 49         | 8          | 97         | 97         | 97         | 24         | 24         | 311        | 311        | 4          |
| StopCount/PathNo      | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| StopCount/PathNo      | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         |

Şekil 4.55. Otobüs hatları zaman çizelgeleri



**Şekil 4.56.** Erzurum ili merkez toplu taşıma hatları rotaları

#### 4.4.1. Talep modeli

VISUM'un en yaygın kullanımlarından biri de ulaşım talep modellerinin oluşturulmasıdır. Talep modellemeleri trafiğin durumunu belirlemede kullanılır. En yaygın seyahat tahmini, insanların günlük yolculuklarının analizidir. Bu tahminler, insanların nereden nereye, nasıl, ne sıklıkta ve hangi araçlarla yolculuk yaptıkları sorusuna cevap verir. Talep modellemesi için VISUM dört prosedür önermektedir.

- Standart 4-adım modeli
- EVA modeli (yolcu talep modeli)
- Aktivite zincir modeli (gezi-tabanlı model)
- Nakliye-temelli model

Bu prosedürler, mevcut ağın başlangıç-variş zonları arasındaki yolculukları matrisler olarak vermektedir. Bu matrisler, bir veya daha fazla talep segmentlerine atanır. VISUM'da, atama matrislerini hesaplayan ayrı bir talep modeli oluşturmak zorunlu değildir. Matrisi harici kaynaktan da kullanabilir ve atayabilirsiniz. Bu nedenle, VISUM'da eksiksiz bir talep tanımlaması yalnızca aşağıdaki unsurlardan oluşur:

- Bir matris şeklinde taşıma talebi
- Bir zaman serisi belirterek taşıma talebinin zamansal dağılımı
- Matrislerin bir veya daha fazla talep segmentine tahsisi

VISUM veri modelinde talebi görüntülenmesini sağlayan birkaç talep nesnesi vardır. Bu talep nesnelerinden hangisinin modele uygulanacağı, ağdaki talep modellemesi türüne bağlıdır.

Talep nesnelere;

- Matrisler
- Talep segmentleri
- Zaman serileri
- Talep modelleri
- İnsan grupları
- Aktiviteler, aktivite grupları, aktivite zincirleri
- Talep tabakaları

Talep modelleri oluşturulduktan sonra seyahat dağılımı için VISUM beş farklı fonksiyon tipi kullanmaktadır. Bunlar;

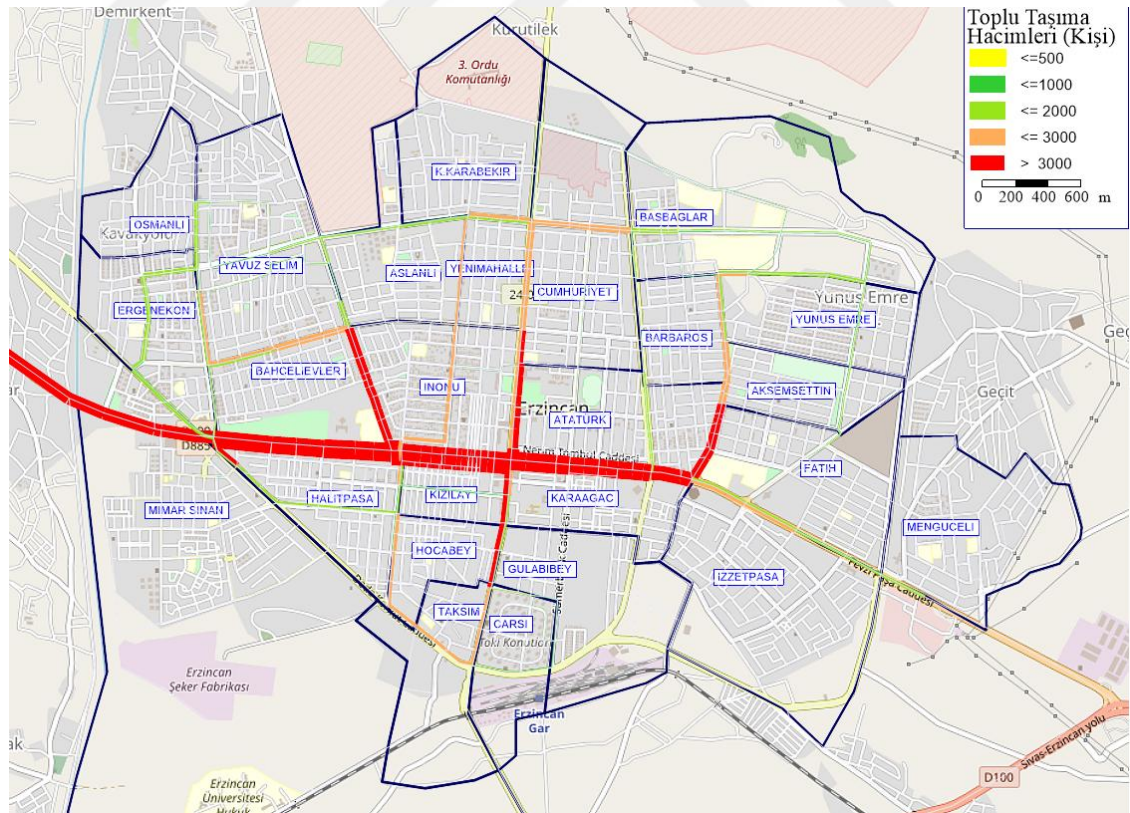
- Birleştirilmiş fonksiyon
- Ulaştırma model tabanlı fonksiyon
- Boxcox fonksiyonu

- Logit fonksiyonu
- Kirchhoff fonksiyonu

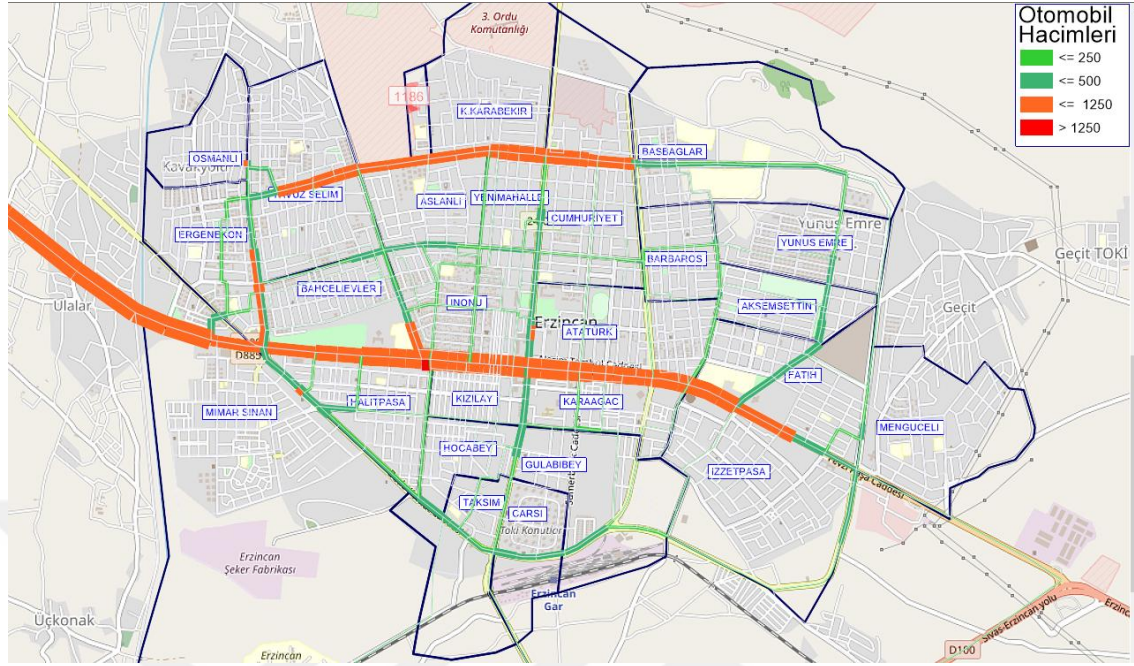
Yardımcı fonksiyon olarak da anketlerden elde edilen başlangıç-varış matrisi kullanılmıştır. Tüm bu veriler hesaplama prosedürüne girilerek sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, anketlerden elde edilen veriler yardımıyla yolculuk dağılım modelleri hesaplanmıştır. Bu modeller VISUM programına girilerek hem karayolu hem de toplu taşıma analizlerinde kullanılmış ve seyahat süresi baz alınarak hangi modelin daha iyi sonuçlar verdiği karşılaştırılmıştır.

#### 4.4.2. LR modeline göre yapılan atama sonuçları

LR modeline göre karayolu ve toplu taşıma atama sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.57. LR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri



**Şekil 4.58.** LR modeline göre otomobil hacimleri

Otomobil ve toplu taşımaların durumları Şekil 4.57 ve 4.58’de verilmiştir. Buna göre şehrin ana arteri olan Halit Paşa Caddesi’nde yoğunluk yaşanmakta, diğer bölgeler nispeten daha az yoğunluğa sahip olmaktadır. Şekil 4.57’de görüldüğü üzere şehrin ana arterlerinde, özellikle iş merkezlerinin yoğun olduğu Halit Paşa caddesine sınırı olan mahallelerde (Atatürk Mah., İnönü Mah. Eski SSK hastanesi, Kızılay Mah., vb.) toplu taşıma hacimleri oldukça fazladır. Şekil 4.56’da verilen otobüs hatlarına bakıldığında, hemen hemen tüm toplu taşıma hatları Halit Paşa Cad. üzerinden geçmekte ve farklı yönlere yapılan transferler de bu cadde üzerinde olmaktadır. Dolayısıyla, bu arterde çok fazla yoğunluk yaşanmaktadır. Otomobil ile yapılan yolculuklarda ise yine iş merkezlerinin yoğun olduğu Halit Paşa Caddesi ile konut alanlarının yoğunlaştığı Milli Egemenlik Bulvarı ve Ergenekon Bulvarında yoğunluklar yaşanmaktadır. Şehirdeki tek üniversite olan Erzurum Binali Yıldırım Üniversitesi’nin merkeze olan uzaklığı yaklaşık 14km civarındadır. Yaklaşık 15.000 öğrencisi olan üniversite yurtları kampüs alanının hemen yanında olması nedeniyle, yurtlardan şehir merkezine ve şehir merkezinden yurtlara olan yolculuklar, Sivas – Erzurum yolunun hacimlerinin artmasına neden olmuştur.

LR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otomobil yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.33'de verilmiştir. Buna göre, otomobil ile yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Yalnızbağ'dan İzzetpaşa'ya olan yolculuktur ve yaklaşık 30 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.43.** LR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri

|    | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Yalnızbağ    | Izzetpaşa    | 29.53      |
| 2  | Yalnızbağ    | Yunus emre   | 29.16      |
| 3  | Yalnızbağ    | Akşemsettin  | 28.70      |
| 4  | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 28.63      |
| 5  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 28.14      |
| 6  | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 28.10      |
| 7  | Yalnızbağ    | Barbaros     | 26.71      |
| 8  | Yalnızbağ    | Fatih        | 26.45      |
| 9  | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 26.41      |
| 10 | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 26.37      |
| 11 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 26.22      |
| 12 | Fatih        | Yalnızbağ    | 26.13      |
| 13 | Yalnızbağ    | Basbağlar    | 25.87      |
| 14 | Yalnızbağ    | Cumhuriyet   | 25.63      |
| 15 | Yalnızbağ    | Yenimahalle  | 25.54      |
| 16 | Yalnızbağ    | Gülabibey    | 25.51      |
| 17 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 25.46      |
| 18 | Yalnızbağ    | Hocabey      | 25.44      |
| 19 | Yalnızbağ    | K. Karabekir | 24.99      |
| 20 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 24.98      |
| 21 | Yalnızbağ    | Atatürk      | 24.50      |
| 22 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 24.09      |
| 23 | Yalnızbağ    | Karaağaç     | 24.07      |
| 24 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 23.98      |
| 25 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 23.94      |
| 26 | K. Karabekir | Yalnızbağ    | 23.92      |
| 27 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 23.68      |
| 28 | Atatürk      | Yalnızbağ    | 23.52      |
| 29 | Karaağaç     | Yalnızbağ    | 23.50      |
| 30 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 23.43      |

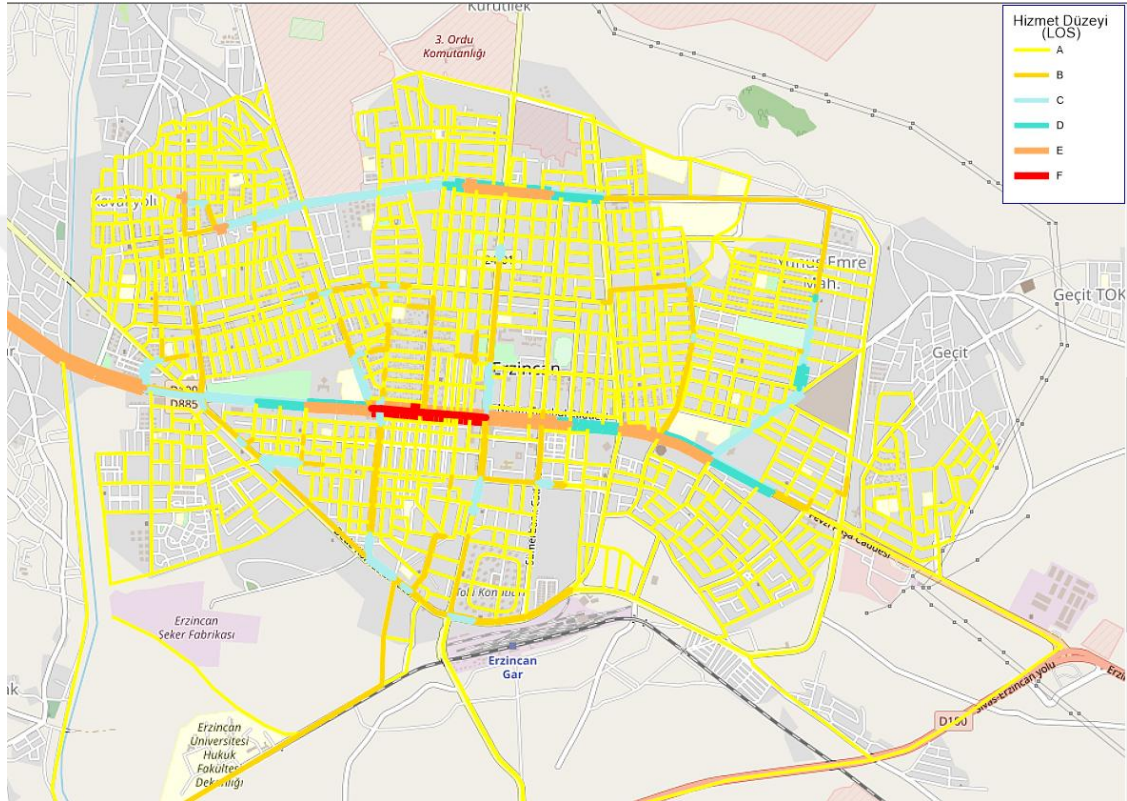
Yine LR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otobüs yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.34'de verilmiştir. Buna göre, otobüs ile

yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Mengüceli mah.'den Yalnızbağ Mah.'ne olan yolculuktur ve yaklaşık 41 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.44.** LR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 40.78      |
| 2  | Çarşı        | Yalnızbağ    | 39.85      |
| 3  | Taksim       | Yalnızbağ    | 37.10      |
| 4  | Yavuz Selim  | Yalnızbağ    | 34.65      |
| 5  | Aslanlı      | Yalnızbağ    | 33.42      |
| 6  | Fatih        | Yalnızbağ    | 33.26      |
| 7  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 32.51      |
| 8  | Ergenekon    | Yalnızbağ    | 31.70      |
| 9  | Bahçelievler | Yalnızbağ    | 30.85      |
| 10 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 30.75      |
| 11 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 29.61      |
| 12 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 29.06      |
| 13 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 28.92      |
| 14 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 28.00      |
| 15 | Osmanlı      | Yalnızbağ    | 27.76      |
| 16 | İnönü        | Yalnızbağ    | 27.70      |
| 17 | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 27.24      |
| 18 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 25.31      |
| 19 | Çarşı        | Fatih        | 24.90      |
| 20 | Yalnızbağ    | Yavuz Selim  | 24.85      |
| 21 | Yalnızbağ    | Fatih        | 24.59      |
| 22 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 24.57      |
| 23 | Yalnızbağ    | İzzetpaşa    | 24.12      |
| 24 | Yalnızbağ    | Osmanlı      | 23.61      |
| 25 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 23.57      |
| 26 | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 23.50      |
| 27 | Kızılay      | Yalnızbağ    | 23.27      |
| 28 | Çarşı        | K. Karabekir | 23.23      |
| 29 | Çarşı        | Cumhuriyet   | 23.22      |
| 30 | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 22.92      |

LR modeline göre yapılan atamalara göre hizmet seviyeleri Şekil 4.59'da verilmiştir. Buna göre Halit Paşa Cad.'de hizmet düzeyi E ve F olurken, Milli Egemenlik Cad. ve Ergenekon Bulvarı D ve E hizmet düzeylerinde hizmet vermektedir. Diğer yollarda ise hizmet düzeyi B ve C olmaktadır.

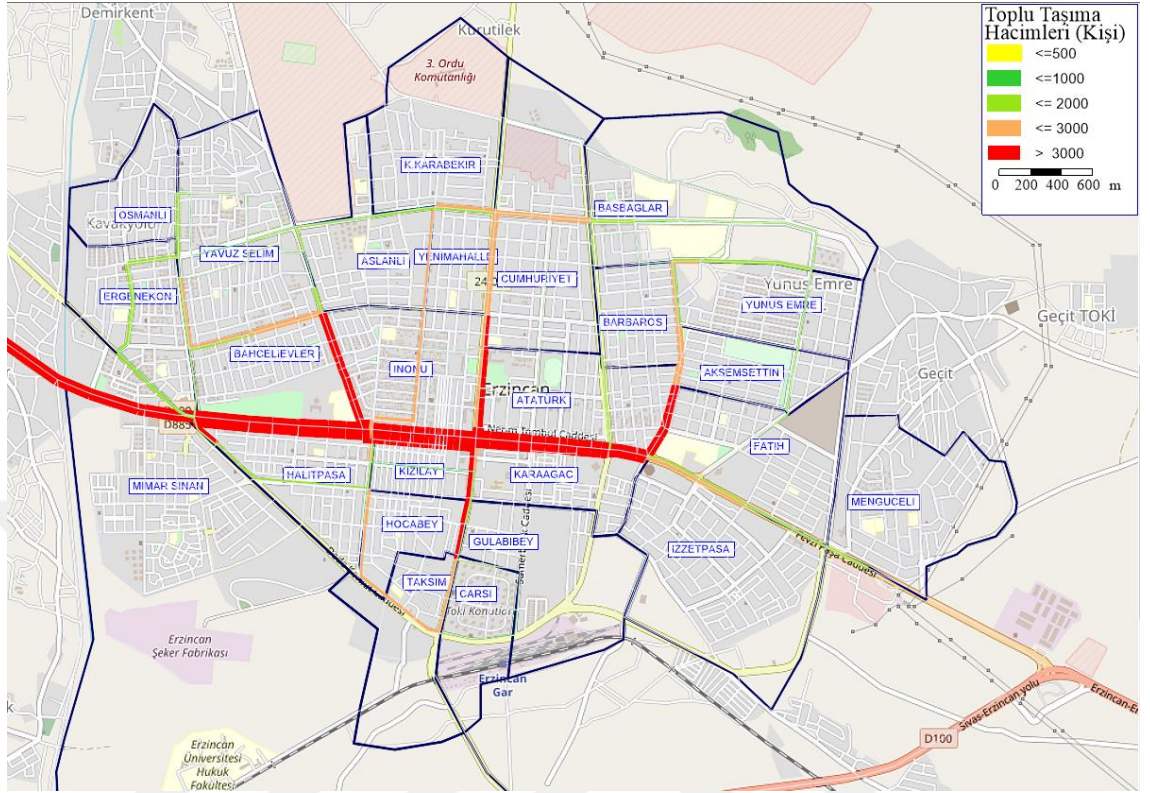


Şekil 4.59. LR modeline göre hizmet seviyeleri

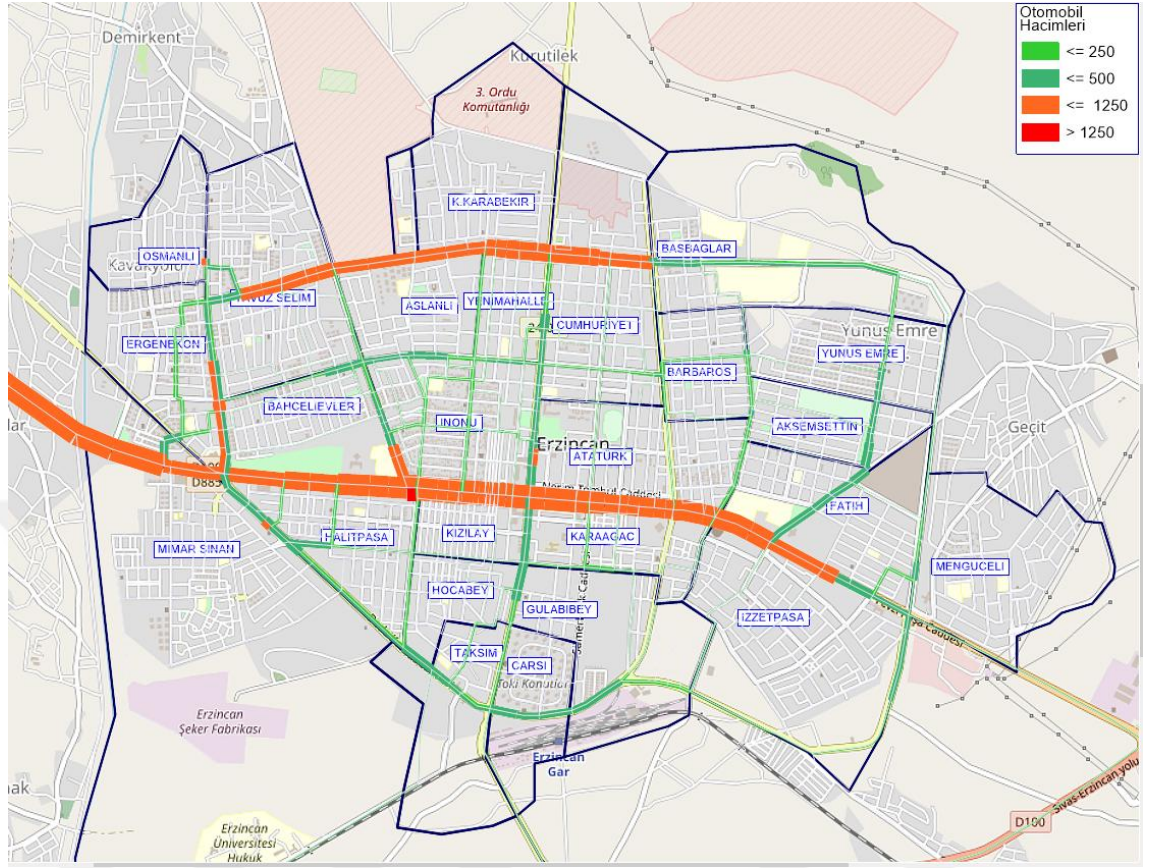
#### 4.4.3. PR modeline göre yapılan atama sonuçları

PR modeline göre karayolu ve toplu taşıma atama sonuçları aşağıda verilmiştir.





**Şekil 4.60.** PR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri



**Şekil 4.61.** PR modeline göre otomobil hacimleri

Otomobil ve toplu taşımaların durumları Şekil 4.60 ve 4.61’de verilmiştir. PR’den elde edilen yolculuk dağılımına göre, şehrin ana arteri olan Halit Paşa caddesi’nde yoğunluk yaşanmakta, diğer bölgeler nispeten daha az yoğunluğa sahip olmaktadır. Şekil 4.60 ve 4.61’de görüldüğü üzere özellikle iş merkezlerinin yoğun olduğu mahallelerde hacimler oldukça fazladır. Diğer mahallelerde ise trafik hacimleri azalmaktadır.

PR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otomobil yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.35’te verilmiştir. Buna göre, otomobil ile yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Yalnızbağ’dan İzzetpaşa’ya olan yolculuktur ve yaklaşık 23 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.45.** PR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Yalnızbağ    | İzzetpaşa    | 22.77      |
| 2  | Yalnızbağ    | Yunus Emre   | 22.32      |
| 3  | Yalnızbağ    | Akşemsettin  | 21.94      |
| 4  | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 21.88      |
| 5  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 21.86      |
| 6  | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 21.49      |
| 7  | Yalnızbağ    | Barbaros     | 21.48      |
| 8  | Yalnızbağ    | Fatih        | 21.42      |
| 9  | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 21.09      |
| 10 | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 20.96      |
| 11 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 20.59      |
| 12 | Fatih        | Yalnızbağ    | 20.52      |
| 13 | Yalnızbağ    | Basbağlar    | 20.52      |
| 14 | Yalnızbağ    | Cumhuriyet   | 20.31      |
| 15 | Yalnızbağ    | Yenimahalle  | 20.04      |
| 16 | Yalnızbağ    | Gülabibey    | 19.84      |
| 17 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 19.65      |
| 18 | Yalnızbağ    | Hocabey      | 19.54      |
| 19 | Yalnızbağ    | K. Karabekir | 19.51      |
| 20 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 19.46      |
| 21 | Yalnızbağ    | Atatürk      | 19.21      |
| 22 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 19.18      |
| 23 | Yalnızbağ    | Karaağaç     | 19.17      |
| 24 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 18.99      |
| 25 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 18.70      |
| 26 | K. Karabekir | Yalnızbağ    | 18.68      |
| 27 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 18.58      |
| 28 | Atatürk      | Yalnızbağ    | 18.34      |
| 29 | Karaağaç     | Yalnızbağ    | 18.31      |
| 30 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 18.30      |

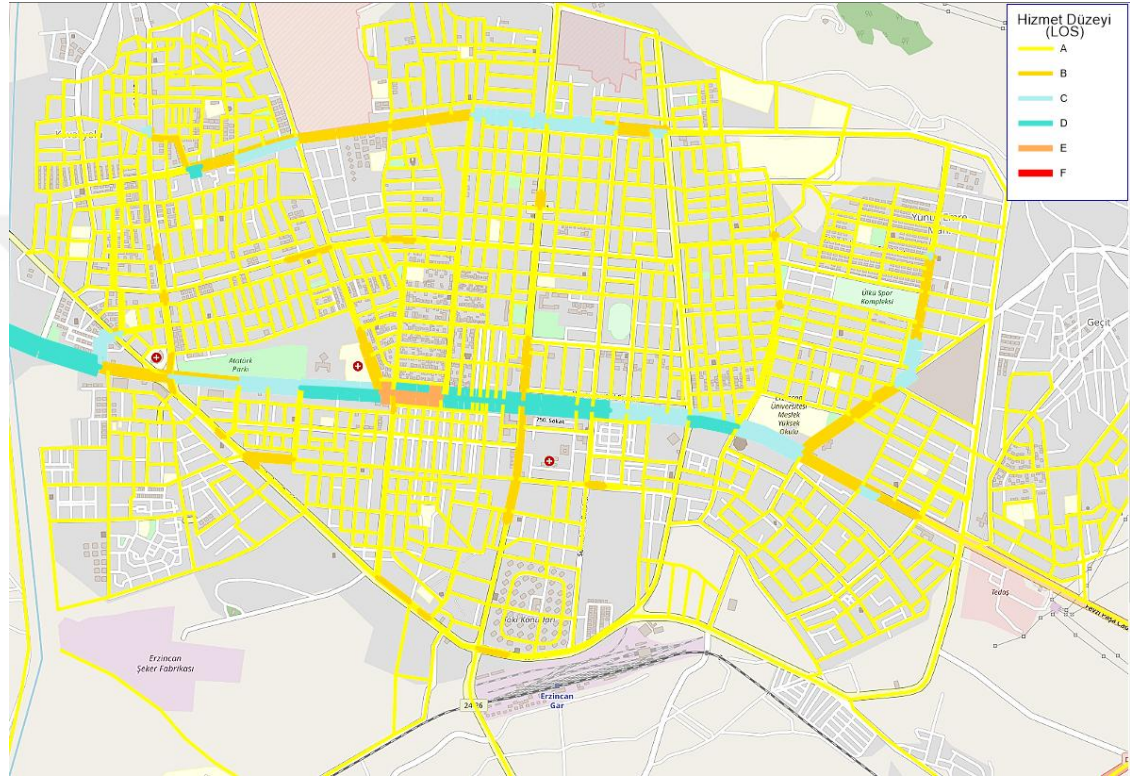
PR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otobüs yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.36'da verilmiştir. Buna göre, otobüs ile

yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Mengüceli mah.'den Yalnızbağ Mah.'ne olan yolculuktur ve yaklaşık 41 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.46.** PR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 40.75      |
| 2  | Çarşı        | Yalnızbağ    | 39.87      |
| 3  | Taksim       | Yalnızbağ    | 37.11      |
| 4  | Yavuz Selim  | Yalnızbağ    | 34.55      |
| 5  | Aslanlı      | Yalnızbağ    | 33.12      |
| 6  | Fatih        | Yalnızbağ    | 33.85      |
| 7  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 32.16      |
| 8  | Ergenekon    | Yalnızbağ    | 31.15      |
| 9  | Bahçelievler | Yalnızbağ    | 30.64      |
| 10 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 30.26      |
| 11 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 29.75      |
| 12 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 29.49      |
| 13 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 28.38      |
| 14 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 28.16      |
| 15 | Osmanlı      | Yalnızbağ    | 27.19      |
| 16 | İnönü        | Yalnızbağ    | 27.84      |
| 17 | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 27.69      |
| 18 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 25.16      |
| 19 | Çarşı        | Fatih        | 24.54      |
| 20 | Yalnızbağ    | Yavuz Selim  | 24.61      |
| 21 | Yalnızbağ    | Fatih        | 24.68      |
| 22 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 24.26      |
| 23 | Yalnızbağ    | İzzetpaşa    | 24.48      |
| 24 | Yalnızbağ    | Osmanlı      | 23.32      |
| 25 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 23.17      |
| 26 | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 23.55      |
| 27 | Kızılay      | Yalnızbağ    | 23.34      |
| 28 | Çarşı        | K. Karabekir | 23.95      |
| 29 | Çarşı        | Cumhuriyet   | 23.16      |
| 30 | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 22.16      |

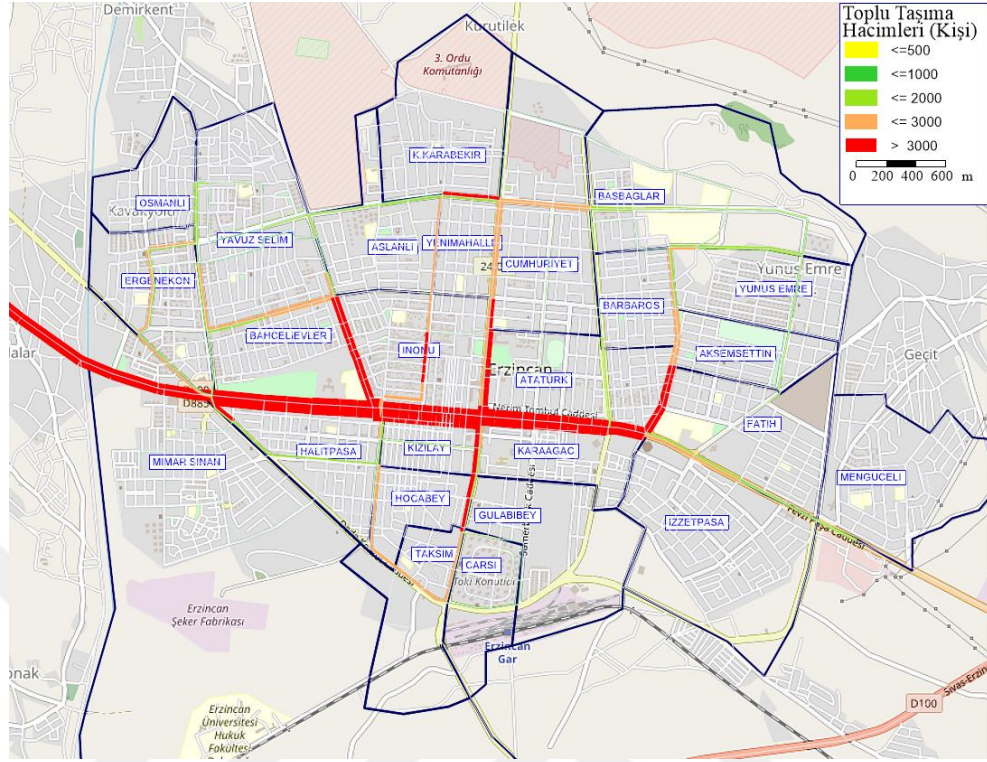
PR modeline göre yapılan atamalara göre hizmet seviyeleri Şekil 4.62’de verilmiştir. Buna göre Halit Paşa Cad.’de hizmet düzeyi D ve E olurken, Milli Egemenlik Cad. ve Ergenekon Bulvarı C ve D hizmet düzeylerinde hizmet vermektedir. Diğer yollarda ise yer yer değişmekle beraber genelde hizmet düzeyi B olmaktadır.



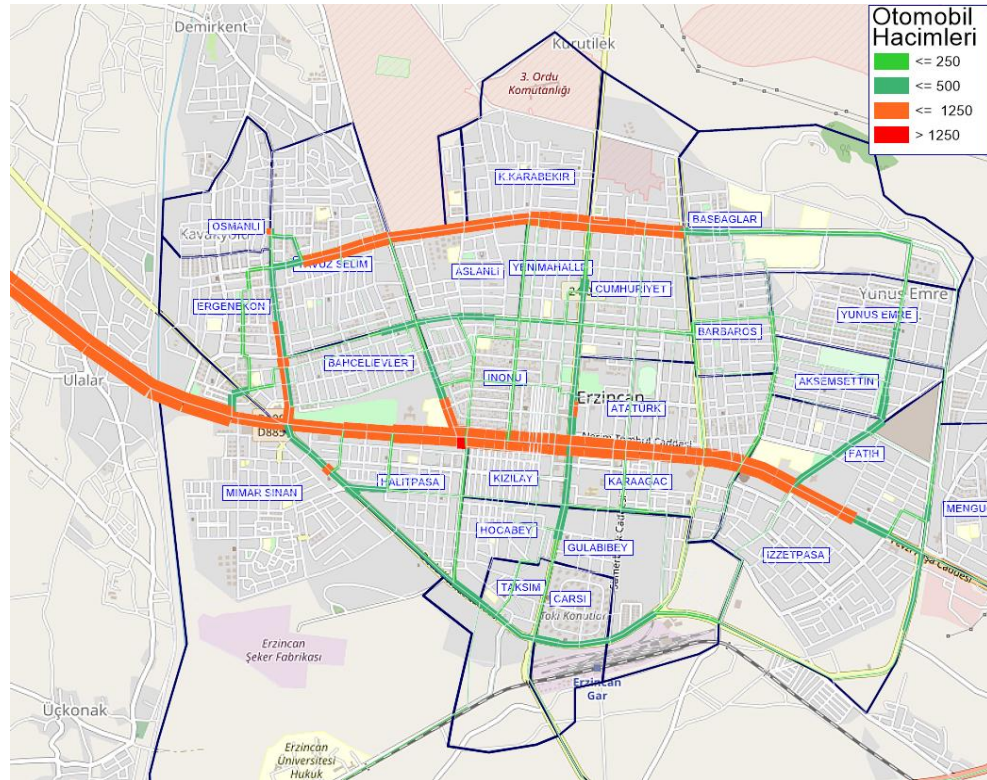
**Şekil 4.62.** PR modeline göre hizmet seviyeleri

#### 4.4.4. NBR modeline göre yapılan atama sonuçları

NBR modeline göre karayolu ve toplu taşıma atama sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.63. NBR modeline göre toplu taşıma hat hacimleri



Şekil 4.64. NBR modeline göre otomobil hacimleri

Otomobil ve toplu taşımaların durumları Şekil 4.63 ve 4.64’te verilmiştir. NBR atamasına göre, şehrin ana arteri olan Halit Paşa caddesi’nde yoğunluk yaşanmakta, diğer bölgeler nispeten daha az yoğunluğa sahip olmaktadır. Şekil 4.63 ve 4.64’te görüldüğü üzere özellikle iş merkezlerinin yoğun olduğu mahallelerde hacimler oldukça fazladır. Diğer mahallelerde ise trafik hacimleri azalmaktadır.

NBR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otomobil yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.37’te verilmiştir. Buna göre, otomobil ile yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Yalnızbağ’dan İzzetpaşa’ya olan yolculuktur ve yaklaşık 23 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.47.** PR modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Yalnızbağ    | Izzetpaşa    | 23.12      |
| 2  | Yalnızbağ    | Yunus emre   | 22.67      |
| 3  | Yalnızbağ    | Akşemsettin  | 22.28      |
| 4  | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 22.22      |
| 5  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 22.00      |
| 6  | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 21.81      |
| 7  | Yalnızbağ    | Barbaros     | 21.76      |
| 8  | Yalnızbağ    | Fatih        | 21.63      |
| 9  | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 21.23      |
| 10 | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 21.09      |
| 11 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 20.93      |
| 12 | Fatih        | Yalnızbağ    | 20.74      |
| 13 | Yalnızbağ    | Basbağlar    | 20.71      |
| 14 | Yalnızbağ    | Cumhuriyet   | 20.65      |
| 15 | Yalnızbağ    | Yenimahalle  | 20.37      |
| 16 | Yalnızbağ    | Gülabibey    | 20.17      |
| 17 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 19.91      |
| 18 | Yalnızbağ    | Hocabey      | 19.88      |
| 19 | Yalnızbağ    | K. Karabekir | 19.83      |
| 20 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 19.63      |
| 21 | Yalnızbağ    | Atatürk      | 19.54      |
| 22 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 19.49      |
| 23 | Yalnızbağ    | Karaağaç     | 19.32      |
| 24 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 19.13      |
| 25 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 18.94      |
| 26 | K. Karabekir | Yalnızbağ    | 18.85      |

**Çizelge 4.47.** (devam)

| No | Başlangıç | Variş     | Süre (dak) |
|----|-----------|-----------|------------|
| 27 | Yalnızbağ | Çarşı     | 18.84      |
| 28 | Atatürk   | Yalnızbağ | 18.67      |
| 29 | Karaağaç  | Yalnızbağ | 18.48      |
| 30 | Yalnızbağ | Aslanlı   | 18.47      |

NBR modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otobüs yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.38’de verilmiştir. Buna göre, otobüs ile yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Mengüceli mah.’den Yalnızbağ Mah.’ne olan yolculuktur ve yaklaşık 41 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.48.** NBR modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri

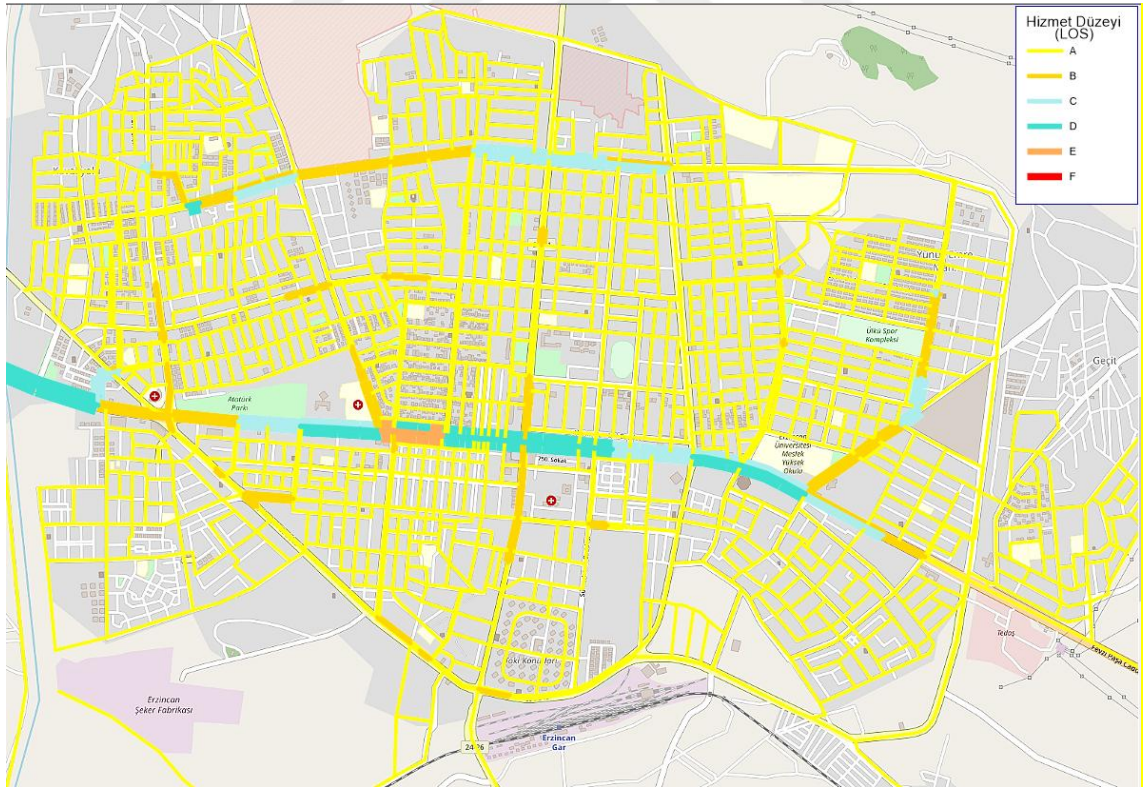
| No | Başlangıç    | Variş       | Süre (dak) |
|----|--------------|-------------|------------|
| 1  | Mengüceli    | Yalnızbağ   | “          |
| 2  | Çarşı        | Yalnızbağ   | 39.35      |
| 3  | Taksim       | Yalnızbağ   | 38.11      |
| 4  | Yavuz Selim  | Yalnızbağ   | 34.26      |
| 5  | Aslanlı      | Yalnızbağ   | 33.95      |
| 6  | Fatih        | Yalnızbağ   | 33.67      |
| 7  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ   | 32.36      |
| 8  | Ergenekon    | Yalnızbağ   | 31.43      |
| 9  | Bahçelievler | Yalnızbağ   | 30.49      |
| 10 | Barbaros     | Yalnızbağ   | 30.26      |
| 11 | Yalnızbağ    | Çarşı       | 29.53      |
| 12 | Gülabibey    | Yalnızbağ   | 29.27      |
| 13 | Hocabey      | Yalnızbağ   | 28.74      |
| 14 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ   | 28.65      |
| 15 | Osmanlı      | Yalnızbağ   | 27.95      |
| 16 | İnönü        | Yalnızbağ   | 27.84      |
| 17 | Yalnızbağ    | Mengüceli   | 27.76      |
| 18 | Yenimahalle  | Yalnızbağ   | 24.65      |
| 19 | Çarşı        | Fatih       | 24.62      |
| 20 | Yalnızbağ    | Yavuz Selim | 24.58      |
| 21 | Yalnızbağ    | Fatih       | 24.55      |
| 22 | Yalnızbağ    | Aslanlı     | 24.26      |
| 23 | Yalnızbağ    | İzzetpaşa   | 23.98      |
| 24 | Yalnızbağ    | Osmanlı     | 23.84      |



**Çizelge 4.48.** (devam)

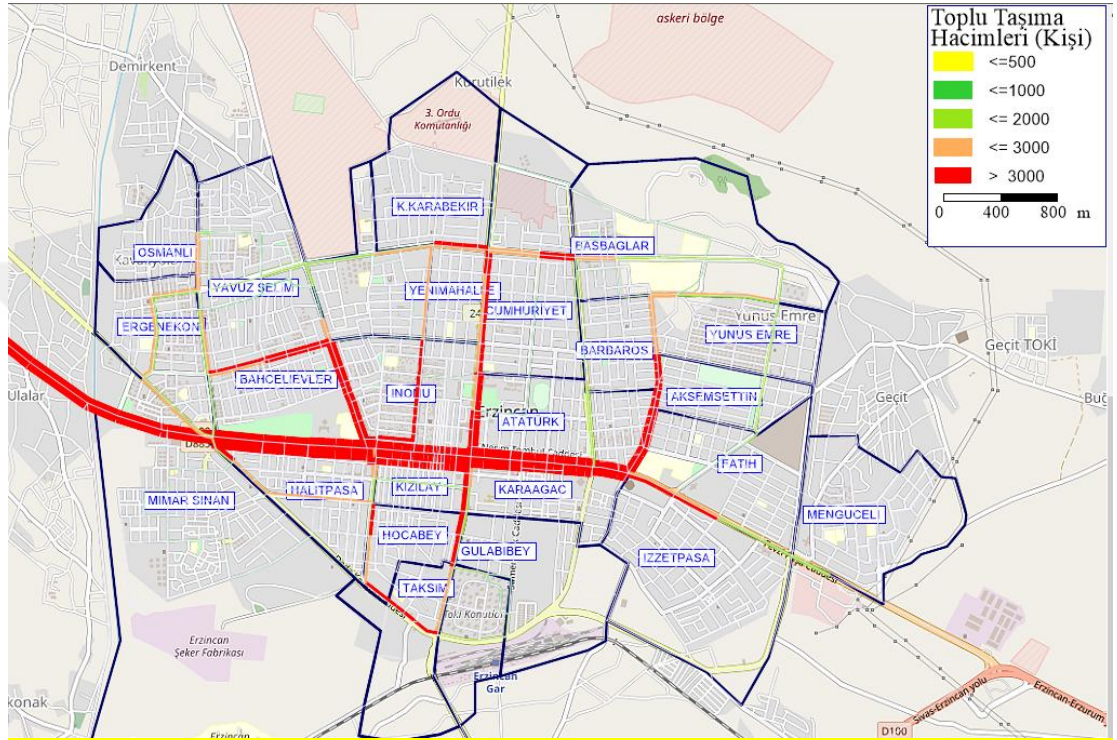
| No | Başlangıç   | Variş        | Süre (dak) |
|----|-------------|--------------|------------|
| 25 | Basbağlar   | Yalnızbağ    | 23.76      |
| 26 | Yunus Emre  | Yalnızbağ    | 23.71      |
| 27 | Kızılay     | Yalnızbağ    | 23.65      |
| 28 | Çarşı       | K. Karabekir | 23.51      |
| 29 | Çarşı       | Cumhuriyet   | 23.26      |
| 30 | Akşemsettin | Yalnızbağ    | 22.49      |

NBR modeline göre yapılan atamalara göre hizmet seviyeleri Şekil 4.65’de verilmiştir. Buna göre Halit Paşa Cad.’de hizmet düzeyi D ve E olurken, Milli Egemenlik Cad. ve Ergenekon Bulvarı Bve C hizmet düzeylerinde hizmet vermektedir. Diğer yollarda ise yer yer değişmekle beraber genelde hizmet düzeyi B olmaktadır.

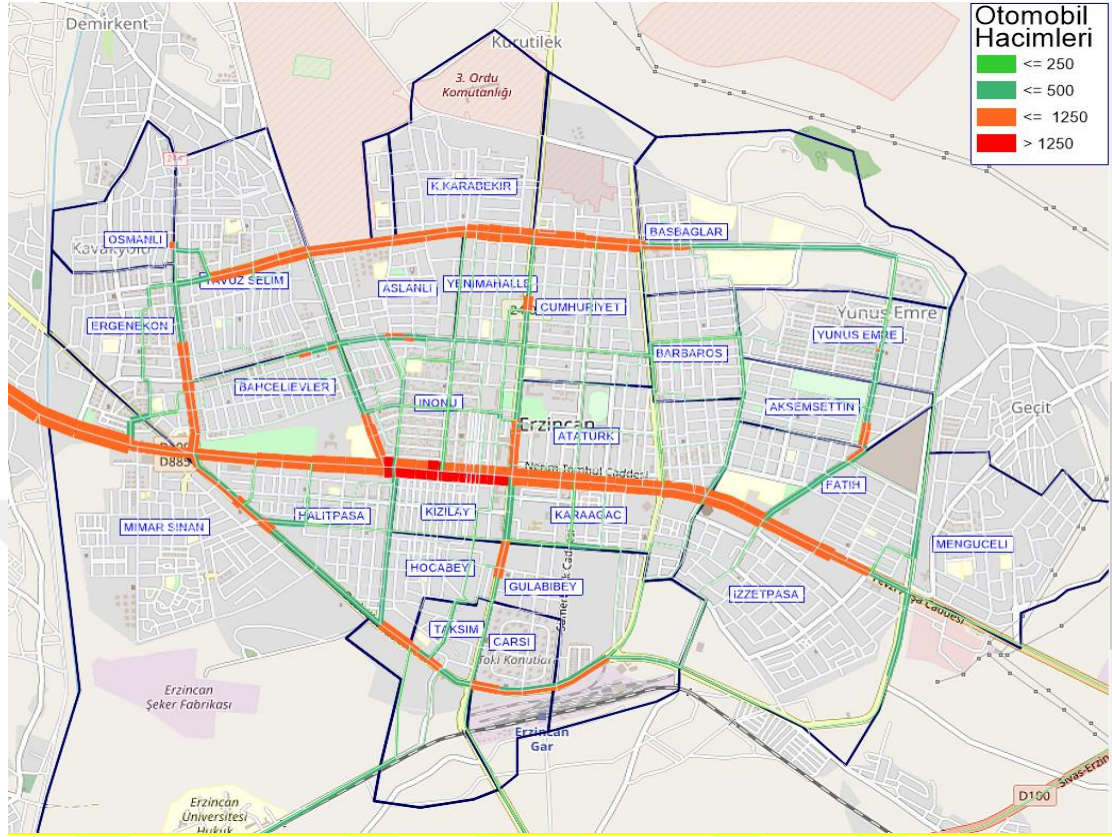
**Şekil 4.65.** NBR modeline göre hizmet seviyeleri

#### 4.4.5. YSA modeline göre yapılan atama sonuçları

YSA modeline göre karayolu ve toplu taşıma atama sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.66. YSA modeline göre toplu taşıma hat hacimleri



**Şekil 4.66.** YSA modeline göre otomobil hacimleri

Otomobil ve toplu taşımaların durumları Şekil 4.65 ve 4.66’da verilmiştir. YSA atamasına göre, şehrin ana arteri olan Halit Paşa caddesi’nde yoğunluk yaşanmakta, diğer bölgeler nispeten daha az yoğunluğa sahip olmaktadır. Şekil 4.65 ve 4.66’da görüldüğü üzere özellikle iş merkezlerinin yoğun olduğu mahallelerde hacimler oldukça fazladır. Diğer mahallelerde ise trafik hacimleri azalmaktadır.

YSA modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otomobil yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.39’de verilmiştir. Buna göre, otomobil ile yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Yalnızbağ’dan İzzetpaşa’ya olan yolculuktur ve yaklaşık 26 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.49.** YSA modeline göre otomobil yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Yalnızbağ    | İzzetpaşa    | 25.93      |
| 2  | Yalnızbağ    | Yunus Emre   | 25.51      |
| 3  | Yalnızbağ    | Akşemsettin  | 25.09      |
| 4  | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 25.03      |
| 5  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 24.59      |
| 6  | Yalnızbağ    | Barbaros     | 24.56      |
| 7  | Yalnızbağ    | Fatih        | 24.55      |
| 8  | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 24.28      |
| 9  | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 23.83      |
| 10 | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 23.68      |
| 11 | Yalnızbağ    | Basbağlar    | 23.55      |
| 12 | Yalnızbağ    | Cumhuriyet   | 23.29      |
| 13 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 23.28      |
| 14 | Fatih        | Yalnızbağ    | 23.22      |
| 15 | Yalnızbağ    | Yenimahalle  | 23.01      |
| 16 | Yalnızbağ    | Gülabibey    | 22.79      |
| 17 | Yalnızbağ    | Hocabey      | 22.48      |
| 18 | Yalnızbağ    | K. Karabekir | 22.39      |
| 19 | Başbağlar    | Yalnızbağ    | 22.38      |
| 20 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 22.15      |
| 21 | Yalnızbağ    | Atatürk      | 22.15      |
| 22 | Yalnızbağ    | Karaağaç     | 22.10      |
| 23 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 21.79      |
| 24 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 21.59      |
| 25 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 21.40      |
| 26 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 21.30      |
| 27 | K. Karabekir | Yalnızbağ    | 21.28      |
| 28 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 21.06      |
| 29 | Yalnızbağ    | İnönü        | 20.95      |
| 30 | Atatürk      | Yalnızbağ    | 20.92      |

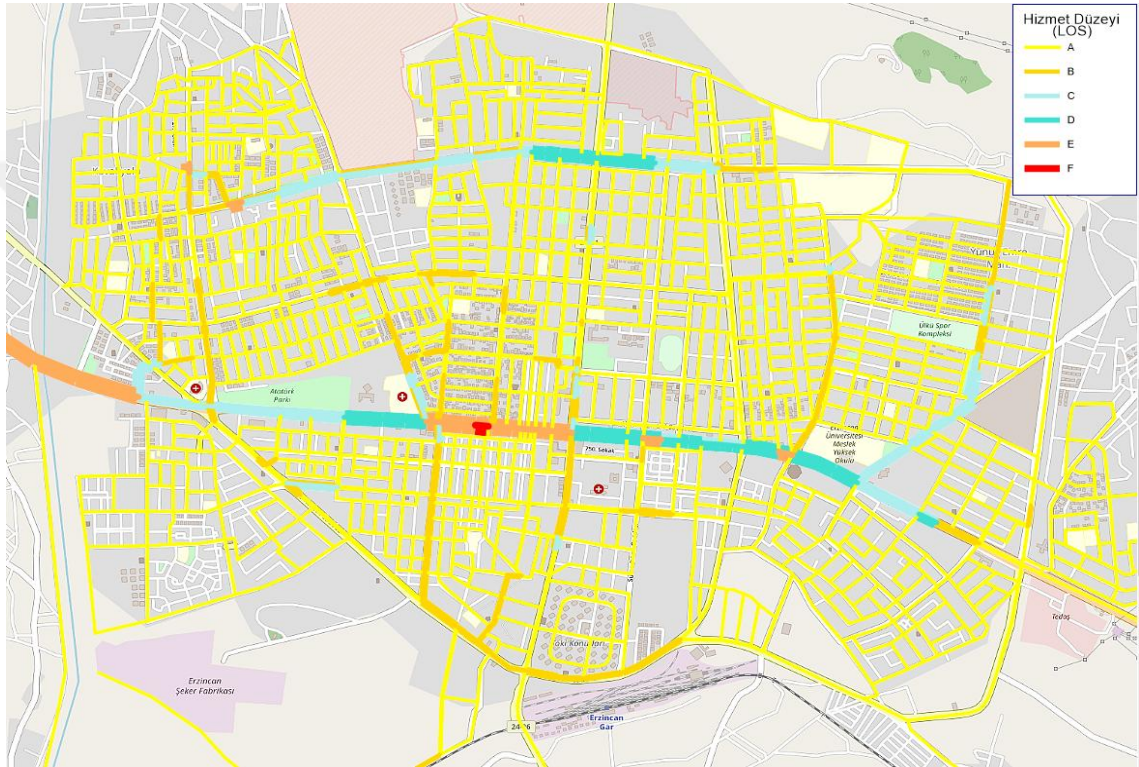
YSA modeli kullanılarak dağılımı yapılan toplam 676 otobüs yolculuğu içerisinde en fazla süreye sahip olan 30 tanesi Çizelge 4.40'da verilmiştir. Buna göre, otobüs ile

yapılan yolculuklardan en fazla seyahat süresine sahip olan Mengüceli mah.'den Yalnızbağ Mah.'ne olan yolculuktur ve yaklaşık 41 dakika sürmüştür.

**Çizelge 4.50.** YSA modeline göre otobüs yolculukları seyahat süreleri

| No | Başlangıç    | Variş        | Süre (dak) |
|----|--------------|--------------|------------|
| 1  | Mengüceli    | Yalnızbağ    | 40.35      |
| 2  | Çarşı        | Yalnızbağ    | 39.18      |
| 3  | Taksim       | Yalnızbağ    | 38.48      |
| 4  | Yavuz Selim  | Yalnızbağ    | 34.74      |
| 5  | Aslanlı      | Yalnızbağ    | 33.84      |
| 6  | Fatih        | Yalnızbağ    | 33.71      |
| 7  | İzzetpaşa    | Yalnızbağ    | 32.58      |
| 8  | Ergenekon    | Yalnızbağ    | 31.18      |
| 9  | Bahçelievler | Yalnızbağ    | 30.76      |
| 10 | Barbaros     | Yalnızbağ    | 30.53      |
| 11 | Yalnızbağ    | Çarşı        | 29.27      |
| 12 | Gülabibey    | Yalnızbağ    | 29.74      |
| 13 | Hocabey      | Yalnızbağ    | 28.67      |
| 14 | Cumhuriyet   | Yalnızbağ    | 28.15      |
| 15 | Osmanlı      | Yalnızbağ    | 27.76      |
| 16 | İnönü        | Yalnızbağ    | 27.47      |
| 17 | Yalnızbağ    | Mengüceli    | 27.18      |
| 18 | Yenimahalle  | Yalnızbağ    | 24.82      |
| 19 | Çarşı        | Fatih        | 24.71      |
| 20 | Yalnızbağ    | Yavuz Selim  | 24.58      |
| 21 | Yalnızbağ    | Fatih        | 24.43      |
| 22 | Yalnızbağ    | Aslanlı      | 24.24      |
| 23 | Yalnızbağ    | İzzetpaşa    | 23.87      |
| 24 | Yalnızbağ    | Osmanlı      | 23.84      |
| 25 | Basbağlar    | Yalnızbağ    | 23.74      |
| 26 | Yunus emre   | Yalnızbağ    | 23.69      |
| 27 | Kızılay      | Yalnızbağ    | 23.58      |
| 28 | Çarşı        | K. Karabekir | 23.46      |
| 29 | Çarşı        | Cumhuriyet   | 23.31      |
| 30 | Akşemsettin  | Yalnızbağ    | 22.42      |

YSA modeline göre yapılan atamalara göre hizmet seviyeleri Şekil 4.67’de verilmiştir. Buna göre Halit Paşa Cad.’de hizmet düzeyi genel olarak D ve E olurken, bir kavşak için ise F olmuştur. Milli Egemenlik Cad. ve Ergenekon Bulvarı C ve D hizmet düzeylerinde hizmet vermektedir. Diğer yollarda ise yer yer değişmekle beraber genelde hizmet düzeyi B olmaktadır.



**Şekil 4.67.** YSA modeline göre hizmet seviyeleri

Farklı istatistiksel modellere göre yapılan yolculuk dağılımlarından elde edilen seyahat süreleri (otomobil ve toplu taşıma) Çizelge 4.51’de verilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Seyahat sürelerinin karşılaştırılması

| İstatistiksel Model | Otomobil (dak) | Toplu Taşıma (Otobüs) (dak) |
|---------------------|----------------|-----------------------------|
| LR                  | 29.53          | 40.78                       |
| PR                  | 22.77          | 40.75                       |
| NBR                 | 23.12          | 40.48                       |
| YSA                 | 25.93          | 40.43                       |

Çalışmada farklı istatistik modeller kullanılarak yolculuk dağılımları üretilmiştir. Bu dağılımlar. PTV VISUM programında hem otomobil hem de toplu taşıma atamalarında kullanılarak mevcut durum için hangisinin daha kullanılabilir olduğu araştırılmıştır. Yapılan anketlerde en fazla şikâyet edilen konulardan biri olan seyahat süresi karşılaştırma kriteri olarak ele alınmıştır. Yapılan analizler neticesinde otomobil yolculukları için en kısa süre. PR'den elde edilirken en uzun süre ise LR'den elde edilmiştir. Toplu taşıma atamaları mevcut durum için yapılmıştır. Herhangi bir iyileştirme yeni hat ekleme veya rota değiştirme gibi değişiklikler yapılmamıştır. Sadece mevcut durum için hangi yöntemin daha anlamlı olduğu araştırılmıştır. Buna göre hatlarda herhangi bir değişiklik yapılmamasından dolayı tüm modeller için seyahat süreleri yaklaşık eşit çıkmıştır.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada, üç tip anket kullanılmış olup, ulaşım planlamasına altlık teşkil edecek 4 farklı istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Anket sonuçlarının güvenilirlik analizleri yapılmış, lineer regresyon, yapay sinir ağları, poisson regresyonu, negatif binomial regresyon ile modellenmiş sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yolculuk üretimi, hane halkı, yurt ve yolcu anketlerine göre demografik özellikler, sosyo-ekonomik özellikler, ulaşım planlamasının kapsadığı zonlar dikkate alınarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ulaşım yatırımlarının çok maliyetli yatırımlar olması münasebetiyle küçük ölçekli bir ilde meydana gelecek yatırım maliyetlerinin en aza indirilmesi planlama için çok önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ulaşım planlamasına altlık teşkil etmesi bakımından önem arz eden yolculuk üretimi yapılan anketler ile farklı istatistiksel yöntemler ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kuzey doğu Anadolu bölgesinde yer alan 138000 merkez nüfusa sahip, 600 km<sup>2</sup> merkez yüzölçümü olan Erzincan ili uygulama alanı olarak seçilmiştir. 23 mahalle ve Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi yerleşkesi arasında ki yolculuklar anketler ile tespit edilmiş toplam yolculuklar bulunmuştur.

Hane halkı ve yolcular olmak üzere iki grup halinde değerlendirme yapılmıştır. Hane halkı anketlerinde toplam yolculuk bağımlı değişken olarak kabul edilmiş olup, yaş, cinsiyet, kişi sayısı, eğitim durumu, çalışma durumu, ehliyet sahipliği, meslek, araç sayısı, park yeri, konut cinsi, mülkiyet durumu, metrekare, ev sahipliği, gelir bağımsız değişken olarak alınmıştır. Yurt anketlerinde Toplam yolculuk tahmin edilirken ise yaş, cinsiyet, eğitim durumu, çalışma, otomobil, ehliyet durumu, ehliyet sahipliği, gelir, harcama, taşıt türü bağımsız değişken olarak alınmıştır.

Hane halkı yapmış olduğu toplam yolculuk dört farklı yöntem ile modellenmiş olup, lineer regresyonda  $R^2=0,56$ , yapay sinir ağları  $R^2=0,62$ , Poisson regresyonunda  $R^2=0,53$  negatif binomial regresyonda  $R^2=0,58$  olarak bulunmuştur.



Yöntemlerin sınıflandırmasında belirlilik katsayısı ve ortalama karesel hata ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ayırıcı özellik olarak kabul edilmiştir. Uyum grafiği ve dağılım grafikleri incelendiğinde, YSA yöntemi istatistiksel olarak en uygun yöntem olarak bulunmuştur. Ortalama Karesel Hata (OKH=0,003), AIC bilgi kriteri -265,148, R2=0,62 olarak hesaplanmıştır.

Yurt anketlerinde yapılan toplam yolculuğun tahmin modellerinde, lineer regresyonda R2=0,95, yapay sinir ağı R2=0,69, Poisson regresyonunda R2=0,46, negatif binomial regresyonda R2=0,50 olarak bulunmuştur.

Yöntemlerin sınıflandırmasında belirlilik katsayısı ve ortalama karesel hata ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ayırıcı özellik olarak kabul edilmiştir. Uyum grafiği ve dağılım grafikleri incelendiğinde, Lineer regresyon yöntemi istatistiksel olarak en uygun yöntem olarak bulunmuştur. Ortalama Karesel Hata (OKH=0,006), AIC bilgi kriteri -65,148, R2=0,95 olarak hesaplanmıştır.

LR modeli kullanılarak elde edilen otomobil yolculuğu dağılımı için 29.53 dakika ile en uzun seyahat süresi elde edilmiştir. PR, NBR ve YSA modellerine göre bu değerler sırasıyla 22.77 dak. 23.13 dak. ve 25.93 dak. olarak elde edilmiştir. Bu atama yapıldığında araçlar en kısa rotayı seçerek seyahatlerini yapmışlardır. En kısa seyahat süresi en uzun seyahat süresinden yaklaşık %22 daha azdır. Dolayısıyla en iyi durum olarak PR modelinden elde edilen yolculuk dağılımının olduğu söylenebilir.

Mevcut durumdaki toplu taşıma hatları için yapılan yolculuk dağılımları sonucunda elde edilen seyahat süreleri LR, PR, NBR ve YSA için sırasıyla 40.78, 40.75, 40.48 ve 40.43 dakikadır. Toplu taşıma atamalarında, mevcut otobüs hatları kullanılmış olup hat ve rota değişimleri yapılmamıştır. Toplu taşıma otobüsleri bu rotaların dışında herhangi bir kısa yol seçimi yapmadığından dolayı tüm modeller için seyahat süreleri yaklaşık eşit çıkmıştır. Dolayısıyla toplu taşıma dağılımları için tüm modellerin kullanılabilmesi söylenebilir.

Makro-simülasyon programı olarak PTV VISUM kullanılmış olup, LR, PR, NBR ve YSA modelleri yardımıyla üretilen yolculuk dağılımlarının mevcut durum üzerine etkileri incelenmiştir. Mevcut durum dışında herhangi bir iyileştirme (arazi kullanımları, yeni yol eklenmesi, toplu taşıma hatlarının değiştirilmesi, bazı caddelerin yönlerinin değiştirilmesi veya kapatılması gibi) senaryosu üretilmemiştir. Bunlar farklı bir çalışmanın konusu olabilir. Dolayısıyla, bu çalışmada PTV VISUM'a girilen veriler yardımıyla kentsel ulaşım planı da dahil olmak üzere birçok araştırma yapılabilir.



**KAYNAKLAR**

- Abdella, G. M., Kim, J., Al-Khalifa, KN. and Hamouda, AM., (2019). "Penalized Conway-Maxwell-Poisson regression for modelling dispersed discrete data: The case study of motor vehicle crash frequency." *Safety Science* 120: 157-163.
- Akgüngör, A. P. and Doğan, E., (2010). "Farklı Yöntemler Kullanılarak Geliştirilen Trafik Kaza Tahmin Modelleri ve Analizi." *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 2(1): 16-22.
- Altun, İ., Dündar, S. and Yöntem, K., (2005). "Yapay Sinir Ağları İle Trafik Akım Kontrolü." *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*: 1335-1344.
- Baklacioglu, T., Turan, O. ve Aydın H., (2018). "Metaheuristic approach for an artificial neural network: Exergetic sustainability and environmental effect of a business aircraft." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 63: 445-465.
- Balsas, C. J., (2003). "Sustainable transportation planning on college campuses." *Transport Policy* 10(1): 35-49.
- Barbarosoğlu, G. ve Arda, Y., (2004). "A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response." *Journal of the operational research society* 55(1): 43-53.
- Ben-Dor, G., Ben-Elia, E. and Benenson, I., (2018). "Assessing the Impacts of Dedicated Bus Lanes on Urban Traffic Congestion and Modal Split with an Agent-Based Model." *Procedia computer science* 130: 824-829.
- Bolakar, H., Tortum, A. ve Kabakuş, N., (2014). "Yapay Sinir Ağları ile Trafik Kazalarının Modellemesi: Erzurum İli Örneği." [imo.org.tr](http://imo.org.tr)
- Celiński, I. and Sierpiński, G., (2013). "Traffic signal control system with extended logic in the context of the modal split." *IERI Procedia* 4: 148-154.
- Çodur, M. Y. ve Tortum. A., (2013). "Genelleştirilmiş lineer regresyon ile erzurum kuzey çevre yolu kaza tahmin modeli." *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3(1): 79-84.
- Dabiri, S. and Heaslip K., (2018). "Inferring transportation modes from GPS trajectories using a convolutional neural network." *Transportation research part C: emerging technologies* 86: 360-371.
- Ghanim, M. S. and Shaaban K., (2018). "Estimating Turning Movements at Signalized Intersections Using Artificial Neural Networks." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 20(5): 1828-1836.
- Girginer, N. ve Cankuş, B., (2008). "Tramvay yolcu memnuniyetinin lojistik regresyon analiziyle ölçülmesi: Estram örneği." *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 15(1): 181-193.
- Göktaşar, I. ve S. Dündar "Sürücüsüz taşıtların trafik akım hızına etkisinin yapay sinir ağları ile incelenmesi." *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi* 1(2): 56-71.
- Guan, C., Duan, Y., Zhai, J. and Han, D., (2019). "Hydraulic dynamics in split fuel injection on a common rail system and their artificial neural network prediction." *Fuel* 255: 115792.

- Hadayeghi, A., Shalby, As. and Persaud, Bn., (2010). "Development of planning level transportation safety tools using Geographically Weighted Poisson Regression." *Accident Analysis & Prevention* 42(2): 676-688.
- Hall, T. and Tarko, A. B., (2019). "Adequacy of negative binomial models for managing safety on rural local roads." *Accident Analysis & Prevention* 128: 148-158.
- Hao, H., Zhang, Q., Wang, Z. and Zhang, J., (2018). "Forecasting the number of end-of-life vehicles using a hybrid model based on grey model and artificial neural network." *Journal of cleaner production* 202: 684-696.
- Javani, B. and Babazadeh, A., (2019). "Path-Based Dynamic User Equilibrium Model with Applications to Strategic Transportation Planning." *Networks and Spatial Economics*: 1-38.
- Kiyildi, R. K., (2017). Türkiye için Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Trafik Kazası Tahmini Araştırması. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan).
- Laffitte, P., (2019). "Assessing the performances of different neural network architectures for the detection of screams and shouts in public transportation." *Expert Systems with Applications* 117: 29-41.
- Litman, T. A., 2014. *Introduction to Multi-Modal Transportation Planning Principles and Practicea*. Victoria Transport Policy Institute. [http://www.vtppi.org/multimodal\\_planning.pdf](http://www.vtppi.org/multimodal_planning.pdf)
- Ma, F., He, J., Ma, J. and Xia, A., (2017). "Evaluation of urban green transportation planning based on central point triangle whiten weight function and entropy-AHP." *Transportation research procedia* 25: 3634-3644.
- Malyshkina, N. V., Mannering, F. L. and Tarko, A. P., (2009). "Markov switching negative binomial models: an application to vehicle accident frequencies." *Accident Analysis & Prevention* 41(2): 217-226.
- Marjani, A. and Baghmolai, A., (2016). "Analytical and numerical modeling of non-isothermal and steady-state gas transportation network and the comparison with the results of artificial neural network (ANN) and fuzzy inference system (FIS)." *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 36: 1-12.
- Mishra, S., Tang, L., Ghader, S., Mahapatra, S., & Zhang, L. (2018). Estimation and valuation of travel time reliability for transportation planning applications. *Case Studies on Transport Policy*, 6(1), 51-62.
- Murat, Y. Ş. ve Ö. Başkan, Ö., (2006). "İzole sinyalizasyon kavşaklarındaki ortalama taşıt gecikmelerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi." *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 12: 214-227.
- Mutz, R. and Daniel, H. D., (2019). "How to consider fractional counting and field normalization in the statistical modeling of bibliometric data: A multilevel Poisson regression approach." *Journal of Informetrics* 13(2): 643-657.
- Ozgan, E. (2008). "Karayolu araç tipi ve kaza şekli ile kaza sonuçları arasındaki ilişkilerin analizi." *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 23(1).
- Özalp, M. ve Öcalır, E. V., (2008.) Türkiye'deki Kentiçi Ulaşım Planlaması Çalışmalarının Değerlendirilmesi(1). *METU JFA*, 2(71).

- Pabuçcu, H. ve Bayramoğlu, T., (2017). "Yapay sinir ağları ile co2 emisyonu tahmini: türkiye örneği." Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 18(3): 762-778.
- Pérez, J. C., Carillo, M. H. and Montaya-Torres, J. R.,. (2015). "Multi-criteria approaches for urban passenger transport systems: a literature review." Annals of operations research 226(1): 69-87.
- Raihan, M. A., Alluri, P., Wu, W. and Gan, A.,. (2019). "Estimation of bicycle crash modification factors (CMFs) on urban facilities using zero inflated negative binomial models." Accident Analysis & Prevention 123: 303-313.
- Rusli, R., Hakue, M. M., Afghari, A. P. and King, M., (2018). "Applying a random parameters Negative Binomial Lindley model to examine multi-vehicle crashes along rural mountainous highways in Malaysia." Accident Analysis & Prevention 119: 80-90.
- Ryu, S., Chen, A., Wang, G. and Choi, K., (2017). "Solving the combined modal split and traffic assignment problem with two types of transit impedance function." European Journal of Operational Research 257(3): 870-880.
- Sadek, A. W. and Mark C., (2003). "Modular artificial neural networks for solving the inverse transportation planning problem." Transportation research record 1836(1): 37-44.
- Shirazi, M., Lord, D. and Dhavala, A. A., (2016). "A semiparametric negative binomial generalized linear model for modeling over-dispersed count data with a heavy tail: characteristics and applications to crash data." Accident Analysis & Prevention 91: 10-18.
- StadieSeifi, M., Dellaert N. P. and Nuijten, W., (2014). "Multimodal freight transportation planning: A literature review." European Journal of Operational Research 233(1): 1-15.
- Tortum, A., Yayla, N. ve Gökdağ, M., (2009). "The modeling of mode choices of intercity freight transportation with the artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system." Expert Systems with Applications 36(3): 6199-6217.
- Üçer, F., Özdemir T., Ceylan, H. ve Turabi, A., (2009) "Ulaşım ağlarında üretim belirlemesi için model yaklaşımı ve seyahat dağılımı" BFÜ 2, 3-16
- Wanke, P., Barros, C.P. and Figueiredo, O., (2016). "Efficiency and productive slacks in urban transportation modes: A two-stage SDEA-Beta Regression approach." Utilities Policy 41: 31-39.
- Yang, Y., (2015). "Development of the regional freight transportation demand prediction models based on the regression analysis methods." Neurocomputing 158: 42-47.
- Yi, W., Wang, S. and Zhang, A., (2019). "Optimal transportation planning for prefabricated products in construction." Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.
- Yu, P. and Phillips, P. C. (2018). "Threshold regression asymptotics: From the compound Poisson process to two-sided Brownian motion." Economics Letters 172: 123-126.
- Yuehua, Z., Yanyan, C., Xue, G. and Lina, L., *et al.* (2008). "Transport modal split of commercial sites based on artificial neural network." Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology 8(1): 86-91.

- Yurii, K. and Liudmila, G., (2017). "Application of artificial neural networks in vehicles' design self-diagnostic systems for safety reasons." *Transportation research procedia* 20: 283-287.
- Zhang, S., Jiang, K., and Liu, D., (2007). "Passenger transport modal split based on budgets and implication for energy consumption: Approach and application in China." *Energy Policy* 35(9): 4434-4443.



## ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Erzurum'da doğdu. 1998 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2003 de mezun oldu. 2004-2006 yılları arası Ankara Büyükşehir Belediyesinde İnşaat Mühendisi olarak çalıştı. Yurt içi ve yurt dışı olmak üzere çeşitli inşaat firmalarında çalıştı. 2008 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği AD.'da başladığı yüksek lisans eğitimini 2012 yılında tamamladı. 2013 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği AD.'da doktora eğitimine başladı. Aynı yıl Erzincan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı ve hala bu görevine devam etmektedir.