

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANKARA'DA TOPLU TAŞIMA İÇİN  
VERİYE DAYALI ANALİZ VE PLANLAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve BAKAR**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gültekin KUYZU**

**ARALIK 2018**



Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....  
**Prof. Dr. Osman EROĞUL**  
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığımı onaylarım.

.....  
**Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU**  
Anabilimdalı Başkanı

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 151311028 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Merve BAKAR**'ın ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ANKARA’DA TOPLU TAŞIMA İÇİN VERİYE DAYALI ANALİZ VE PLANLAMA**” başlıklı tezi **12 Aralık 2018** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Gültekin KUYZU** .....  
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Salih TEKİN (Başkan)** .....  
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Gültekin KUYZU** .....  
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Çağrı KOÇ** .....  
Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Merve Bakar



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANKARA'DA TOPLU TAŞIMA İÇİN

VERİYE DAYALI ANALİZ VE PLANLAMA

Merve Bakar

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gültekin Kuyzu

Tarih: Aralık 2018

Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemleri, etkili ve güvenilir ödeme imkânı sağladığından dünyanın birçok yerinde ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Akıllı kart otomatik ücret toplama sistemleri, toplu taşıma sistemlerinde ücret toplama işlemlerinin etkin ve doğru yapılmasına olanak sağlar. Bu sistemler geleneksel ücret toplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, planlamacılara daha esnek fiyatlandırma yapıları uygulamayı sağlar. Akıllı kart sistemleri, toplu taşıma ağının genel verimliliğini ve hizmet kalitesini arttırmak için yolcular ile ilgili çeşitli verileri kaydeder. Bu çalışmada, Ankara Türkiye'deki toplu taşıma araçları ile seyahat eden yolcuların seyahat izlerini mekansal ve zamansal olarak anlamak için akıllı kart işlem verileri analiz edilmiştir. Öncelikli hedeflerimizden biri, doğrudan hizmet eksikliğinden dolayı bir veya daha fazla ara noktadan aktarma yapması gereken yolcuların seyahat rotalarını tanımlamaktır. Bir aylık döneme karşılık gelen yaklaşık 30 milyon kayıt veri seti olarak kullanılmıştır. Veriler, otobüs ve hafif raylı ulaşım modlarına ait kayıtları içermektedir. Her kayıt; akıllı kart numarasını, toplu taşıma

modunu, otobüs/ray hattını (güzergah), seyahat başlangıç yerini, seyahat başlangıç tarih ve saatini ve yolcu ücret sınıfını içerirken, yolcunun varış yerini içermemektedir. İlk olarak her yolcunun indiği yeri tahmin etmek için bir model oluşturulmuştur. Yolcuların iniş yerleri tahmin edildikten sonra, yolcu seyahat rotaları oluşturulmuş ve seyahatler; ücret sınıfı, kullanılan toplu taşıma türü, haftanın günü ve saati, en sık kullanılan güzergah ve duraklar gibi çeşitli boyutlarda analiz edilmiştir. Yolcu iniş yerlerinin tahmin edilmesi ve yolcu seyahatlerine ilişkin analizler RStudio programı kullanılarak yapılmıştır. Bir aylık periyotta yapılan yolcu seyahatleri; tam, öğrenci ve öğretmen olmak üzere kullanılan akıllı kart çeşitlerine göre analiz edilmiştir. Seyahatlerde %61 kullanım oranı ile en sık tercih edilen toplu taşıma aracı otobüs olurken, en az tercih edilen toplu taşıma aracı teleferik olmuştur. Hafta içi ve hafta sonu yapılan seyahatlere ek olarak, aktarmalı seyahatlerin belirli saat aralıklarındaki yoğunluğu, en sık kullanılan güzergahlar ve duraklar analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ulaşım, Toplu taşıma, Akıllı kart verisi, Veri analitiği, Zamansal-mekansal analiz.



## **ABSTRACT**

Master of Science

### **DATA-DRIVEN SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF PUBLIC TRANSPORTATION USAGE IN A METROPOLITAN AREA**

Merve Bakar

TOBB University of Economics and Technology  
Graduate School of Engineering and Science  
Industrial Engineering Science Programme

Supervisor: Asst. Prof. Gültekin Kuyzu

Date: December 2018

Smart card automated fare collection systems are used in many transportation systems throughout the world as they provide effective and reliable payment opportunity. Smart card automated fare collection systems facilitate efficient and accurate fare collection in public transport systems. These systems enable the planners to implement more flexible pricing structures compared to traditional fare collection methods. Smart card systems record several pieces of data about the passengers, which can be used to improve the overall efficiency and service quality of the public transport network. In this work, we focus on analyzing smart card transaction data to understand spatial and temporal travel patterns of public transport passengers in Ankara, Turkey. One of our primary goals is to identify origin-destination pairs where the passengers are required to transfer through one or more intermediate points because of the lack of a direct service. We use a data set of about 30 million records corresponding to a one month period. The data includes records from bus and light rail transportation modes. Each record includes the smart card number, the transport mode, the bus/rail line, the

boarding location, the boarding date and time, and the fare class of the passenger; but lacks the alighting location of the passenger. We first create a model to estimate the alighting location of each passenger. Then, we estimate origin-destination flows and their breakdown by several dimensions such as fare class, transportation mode, day of week, time of day and the frequency of the lines and the stations used. The estimation of alighting location of the passenger and the travel analysis are performed using RStudio program. Smart card data set of passenger travels on one-month period are analyzed according to smart card type; adult, student and teacher tickets. The most preferred public transportation vehicle is the bus with the usage rate of 61% in travels, the least preferred public transportation vehicle is the cable line. In addition to the travels on weekdays and weekends, density of the transit travels are analyzed according to time of day and frequency of the lines and the stations used.

**Keywords:** Transportation, Public transport, Smart card data, Data analytics, Spatio-temporal analysis.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli katkılarıyla beni yönlendiren, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Gültekin KUYZU'ya,

Kıymetli vakitlerini ayırıp tezimi okuyan ve tavsiyelerde bulunan tez jürimin saygıdeğer üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Salih TEKİN ve Dr. Öğr. Üyesi Çağrı KOÇ'a,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince kıymetli tecrübelerinden faydalandığım TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine,

Yüksek lisans eğitimim boyunca burs sağlayan TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'ne,

Tezimde kullandığım yolcu seyahat verilerini temin etmemde destek olan EGO Ulaşım Teknolojileri Dairesi Başkanlığı, Ankarakart Şube Müdürlüğü çalışanlarına,

Destekleriyle her zaman yanımda olan ve sevgilerini her daim hissettiğim anneme, babama ve kardeşime çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....                                     | <b>iv</b>    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                 | <b>vi</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....                                 | <b>viii</b>  |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....                            | <b>x</b>     |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....                          | <b>xi</b>    |
| <b>RESİM LİSTESİ</b> .....                            | <b>xii</b>   |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....                                 | <b>1</b>     |
| 1.1. Tezin Amacı .....                                | 3            |
| <b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....                 | <b>5</b>     |
| <b>3. ANKARA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ</b> .....           | <b>13</b>    |
| 3.1. Mevcut Toplu Taşıma Sistemleri .....             | 13           |
| 3.1.1. Otobüs .....                                   | 15           |
| 3.1.2. Metro .....                                    | 16           |
| 3.1.3. Ankaray .....                                  | 16           |
| 3.1.4. Teleferik .....                                | 16           |
| 3.2. Elektronik Ücret Toplama Sistemi .....           | 17           |
| 3.2.1. Akıllı Kart .....                              | 17           |
| <b>4. PROBLEM TANIMI</b> .....                        | <b>21</b>    |
| <b>5. ÇÖZÜM YÖNTEMİ</b> .....                         | <b>23</b>    |
| 5.1. Matematiksel Model.....                          | 23           |
| 5.2. Veri Seti .....                                  | 25           |
| 5.3. Metodoloji.....                                  | 28           |
| <b>6. ANALİZLER</b> .....                             | <b>33</b>    |
| 6.1. Aktarma Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi.....    | 40           |
| 6.2. Hafta Sonu Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi..... | 41           |
| 6.3. Hafta İçi Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi.....  | 45           |
| 6.4. Yolcu İniş Yerlerinin Tahmin Edilmesi.....       | 47           |
| <b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....                     | <b>51</b>    |
| <b>KAYNAKLAR</b> .....                                | <b>53</b>    |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....                                 | <b>55</b>    |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Şekil 6.1 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım oranı..... | 35 |
| Şekil 6.2 : Tüm seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu.....                                     | 36 |
| Şekil 6.3 : Hafta içi günlerde yapılan seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu. ....             | 37 |
| Şekil 6.4 : Hafta sonu günlerde yapılan seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu. ....            | 38 |
| Şekil 6.5 : Aktarmalı seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu. ....                              | 39 |
| Şekil 6.6 : Otobüs ve raylı sistemlerin aktarmalı seyahatlerde kullanım sayısı ve kullanım yüzdesi.....          | 40 |
| Şekil 6.7 : Aktarmalı seyahatlerde toplu taşıma araç kullanımının farklı zaman aralıkları için incelenmesi.....  | 41 |
| Şekil 6.8 : Otobüs ve raylı sistemlerin hafta sonu kullanım sayısı ve kullanım yüzdesi. ....                     | 42 |
| Şekil 6.9 : Hafta sonu otobüs kullanımının zaman bazında incelenmesi. ....                                       | 43 |
| Şekil 6.10 : Hafta sonu raylı sistem kullanımının zaman bazında incelenmesi. ....                                | 43 |
| Şekil 6.11 : Hafta sonu yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım yoğunluğu.....                    | 44 |
| Şekil 6.12 : Otobüs ve raylı sistemlerin hafta içi kullanım yoğunluğu.....                                       | 45 |
| Şekil 6.13 : Hafta içi otobüs kullanımının zaman bazında incelenmesi. ....                                       | 46 |
| Şekil 6.14 : Hafta içi raylı sistem kullanımının zaman bazında incelenmesi.....                                  | 47 |
| Şekil 6.15 : Hafta içi yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım yoğunluğu.....                     | 48 |





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 2.1 : Stratejik ulaşım planlamaları için akıllı kart sistemlerini içeren çalışmaların özeti (Pelletier v.d. 2011) .....                                | 7  |
| Çizelge 3.1 : Ankara ilçelerinin 2017 yılı sonu itibariyle nüfus yoğunlukları.....   | 14 |
| Çizelge 5.1 : Ankara toplu taşıma sistemine ait Nisan 2017 yılı akıllı kart yolcu verilerinden bir örneklem.....   | 27 |
| Çizelge 5.2 : Akıllı kart verilerinde bulunan koordinat formatının düzenlenmesi. ...   | 28 |
| Çizelge 5.3 : Bir yolcunun bir aylık periyotta yaptığı seyahatlere ait bir örnek. ....   | 29 |
| Çizelge 5.4 : Yolcuların yaptığı seyahatlere ait iniş yerlerinin tahmin edilmesi. ....   | 31 |
| Çizelge 6.1 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında akıllı kartlar ile elde edilen yolcu seyahat kayıtlarının hafta içi ve hafta sonu günlere göre dağılımı. .... | 34 |
| Çizelge 6.2 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında yapılan seyahatlerin akıllı kart kullanımına göre dağılımı.....   | 34 |



## RESİM LİSTESİ

|  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| Resim 3.1 : Ankara ilçeleri haritası.....                                      | 15                  |
| Resim 3.2 : Ankara raylı sistemler ve teleferik hattı.....                     | 18                  |
| Resim 3.3 : Ankara'da yapımı devam eden raylı sistem hatları. ....             | 19                  |
| Resim 3.4 : AnkaraKart çeşitleri.....  | 20                  |
| Resim 5.1 : Varış yeri tahmin modeli (denklem 1-6) (Trepanier v.d. 2007). .... | 25                  |





## 1. GİRİŞ

Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemleri, etkili ve güvenilir ödeme imkânı sağladığından dünyanın birçok yerinde ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Ulaşım alanında, geleneksel ücret toplama sistemlerine kıyasla daha etkin olan elektronik ücret toplama sistemlerinin ülkemizde kullanımı günümüzde yoğunluk kazanmıştır.

Elektronik Ücret Toplama Sistemleri, kullanıcıya özel olan akıllı kartlar ile yapılan aktarmalı ve direkt seyahatler için ödenecek ücretlerin toplanmasını sistematik hale getirmektedir. Seyahat ücretlerinin sistematik olarak toplanması, ulaşım sektöründe gelir yönetiminin güvenilirliğini arttırmaktadır. Elektronik Ücret Toplama Sistemleri, etkin ücret ödeme sistemine ek olarak akıllı kartlar yardımıyla kullanıcıların seyahatlerine ilişkin bilgiler içermektedir. Akıllı kartlar her bir yolcuya özel olup; kart numarası, ulaşım modu (otobüs, raylı sistemler), ulaşım hattı, kullanıcının biniş yeri, biniş tarihi ve saati, ücret sınıfı (tam, öğrenci, öğretmen, serbest) gibi bilgileri içermektedir. Kullanıcıların akıllı kartlar ile yaptıkları seyahatlerin analiz edilmesi ile toplu taşıma sisteminin kullanımına ilişkin veri elde edilerek, toplu taşıma sistemi güzergahlarının etkin bir şekilde planlanmasına imkân sağlanmaktadır.

Toplu taşımada akıllı kartlar ile yapılan seyahatlerin analiz edilmesi ve ulaşım planlaması konularında literatür araştırması yapılmıştır. Dünyada son on beş yılda bu konudaki çalışmaların yaygınlaştığı görülürken, ülkemizde bu alanda çok az sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür. Ankara toplu taşıma ile ulaşım alanında yolcu seyahatlerinin analiz edilmesi, yolcu seyahatlerine ait varış noktalarının bulunması konularında daha önce hiç çalışma yapılmadığı görülmüştür.

Bu çalışmada, toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesini ve verimliliğini artırmak amacıyla akıllı kart yolcu seyahat verileri analiz edilmiştir. Ankara, Türkiye’de Nisan 2017 tarihine ait bir aylık periyot için yaklaşık 30 milyon akıllı kart yolcu seyahat verisi kullanılarak toplu taşıma kullanan yolcuların seyahat izleri zamansal ve mekansal olarak analiz edilmiştir. Yolcuların Ankara’nın tamamında bir ay boyunca yapmış oldukları seyahatlere ilişkin akıllı kart verileri incelenmiş ve akıllı kart

kullanıcılarının yoğun olarak seyahat ettikleri zamanlar hafta içi ve hafta sonu günler olmak üzere incelenmiştir. Yapılan seyahatlerde kullanılan araç türü, toplu taşıma araçlarının zamansal olarak kullanım yoğunluğu ve en yoğun kullanılan otobüs ve raylı sistem hatları analiz edilmiştir. Yolcu seyahatlerinin zamansal ve mekansal olarak analiz edilmesiyle mevcut durumda ulaşım endüstrisinde kullanılmakta olan toplu taşıma sisteminin verimliliği ve kullanılmakta olan güzergah planlamalarının etkinliği incelenmiştir.

Ankara toplu taşıma sektöründe kullanılan Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemi, yolcuların yalnızca otobüs ve/veya raylı sistemlere binerken akıllı kartları kullanacakları şekilde tasarlanmıştır. Bu sebeple, yolcuların otobüs ve/veya raylı sistemlere bindikleri tarih, saat, biniş durakları, kullanılan ulaşım modu, ücret sınıfı bilinirken; yolcuların indiği yer, iniş tarihi ve zamanı bilinmemektedir. Bu sebeple, yolcuların gün içinde yaptıkları seyahatlere ait yolcu iniş yerlerini tahmin etmek için matematiksel modele dayalı bir metodoloji geliştirilmiştir. Yolcuların bir aylık periyotta toplu taşıma sistemi biniş kayıtlarına ilişkin yolcu iniş yerleri tahmin edilmiştir. Yolcu seyahatlerinin bilinen başlangıç noktalarına ait varış noktalarının tahmin edilmesi ile yolcu seyahat rotaları belirlenmiştir.

Toplu taşıma sistemlerinde elektronik ücret toplama sistemleri ve akıllı kartların kullanımı, yolcu seyahat analizleri ve yolcu iniş yeri tahmin etmeye yönelik çalışmalarla ilgili yapılan literatür araştırmasından Bölüm 2’de bahsedilmiştir. Mevcut durumda Ankara’da kullanılmakta olan toplu taşıma sistemi ve Elektronik Ücret Toplama Sisteminin çalışma prensibi hakkında Bölüm 3’te bilgi verilmiştir. Bölüm 4’te yolcuların yapmış oldukları seyahatlere ait iniş yerlerinin tahmin edilebilmesi amacıyla problemin detayları tanımlanarak, çözüm yönteminde kullanılan varsayımlar anlatılmıştır. Yolcu iniş yerlerinin tahmin edilmesi için kullanılan matematiksel model ve uygulanan metodoloji Bölüm 5’te anlatılmıştır. Tüm seyahatlere ait zamansal ve mekansal analizler, seyahatlerde kullanılan hatların (güzergahlar) yoğunluğu, seyahatlerde kullanılan toplu taşıma araçlarının yoğunluğu, yolcu iniş yerlerinin tahmin edilmesi ve aktarmalı seyahatler ile ilgili yapılan tüm analizler Bölüm 6’da anlatılmıştır.

## 1.1. Tezin Amacı

Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemleri, toplu taşıma sistemlerinde doğru ve güvenilir ücret toplamaya ek olarak, yolcuların yaptığı seyahatler ile ilgili çeşitli bilgilerinin kaydedilmesi ile toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesinin ve etkinliğinin artırılmasına imkân sağlamaktadır.

Bu çalışmada, toplu taşıma sistemlerinin etkinliğinin artırılması amacıyla Ankara, Türkiye’de toplu taşıma sistemini kullanan yolcuların seyahatlerine ilişkin akıllı kart verileri analiz edilerek yolcu seyahat izleri zamansal ve mekansal olarak incelenmiştir. Ayrıca, yolcuların toplu taşıma aracından indiği yer ve iniş zamanı bilinmediğinden, her bir yolcunun inmiş olabileceği yerin tahmin edilerek yolcu seyahat rotalarının oluşturulması amaçlanmıştır.





## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Toplu taşıma sistemlerinde akıllı kart kullanımına ilişkin literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, son on beş yılda bu alanda yapılan çalışmaların yoğunluk kazanmış olduğu görülmüştür. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte akıllı kartların çeşitli alanlarda kullanımının sağladığı avantajlar ile tüm dünyada akıllı kart kullanımının hızla yaygınlaşması bu alandaki çalışmaların artmasını sağlamıştır.

Toplu taşımada kullanılmakta olan Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemleri ile ilgili literatür incelendiğinde, yapılan çalışmaların amaçlarını; yolcuların varış yerlerinin tahmin edilmesi, yolcu seyahat rotalarının tahmin edilmesi, yolcu seyahat izlerinin zamansal ve mekansal olarak analiz edilmesi ve yolculuk amaçlarının tahmin edilmesi olarak gruplandırmak mümkündür.

Literatürdeki bazı çalışmalarda, akıllı kart verilerine ek olarak yolcu seyahatlerine ilişkin anket verileri de kullanılmıştır. İncelenen çalışmalarda kullanılan toplu taşıma araç türlerini, otobüs ve raylı sistemler olarak gruplamak mümkündür.

Bagchi ve White (2004), toplu taşımada akıllı kart kullanımının sağladığı avantajları;

- Büyük hacimde kişisel seyahat verisine ulaşılması,
- Bu verilerin bireysel karta ve/veya yolcuya bağlanabilmesi,
- Mevcut ulaşım veri kaynaklarını kullanarak elde edilebileceğinden daha uzun süreleri kapsayan sürekli seyahat verilerine erişilebilmesi,
- Toplu taşıma kullanıcılarının büyük bir kısmı hakkında daha iyi bilgiye sahip olunması

olarak değerlendirmiştir.

Pelletier v.d. (2011), toplu taşıma sistemlerinde kullanılmakta olan akıllı kart verilerinin değerlendirildiği çalışmaları stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere üç kategoride gruplamıştır.

Stratejik çalışmaların, uzun vadeli ağ planlamaları, yolcu davranış analizleri ve talep tahminleri; taktiksel çalışmaların, planlamaların iyileştirilmesi; operasyonel çalışmaların ise arz – talep ölçümleri ve akıllı kart sistem operasyonları çalışmaları ile ilgili olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışma, akıllı kart verilerini kullanarak yolcuların seyahat izlerini analiz etmeyi amaçladığından stratejik ulaşım planlamaları grubu çalışmalarına bir örnektir. Ulaşım planlamalarının stratejik olarak yapılabilmesi amacıyla akıllı kart kullanımının değerlendirildiği çalışmalar Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Trepanier v.d. (2007)’nin yapmış oldukları çalışma, yalnızca otobüs ile seyahat etmiş yolcuların biniş yerlerini ve biniş zamanlarını içeren akıllı kart verilerinden oluşmaktadır. Söz konusu çalışmanın amacı, yolcuların seyahatlerine ait varış yerlerini ve varış zamanlarını tahmin etmektir. Yolcu varış yeri ve varış zamanlarını tahmin etmek amacıyla matematiksel model geliştirilmiş ve Kanada’da bulunan Gatineau bölgesine ait yaklaşık 1 milyon 150 bin seyahat içeren akıllı kart verileri kullanılarak analizler yapılmıştır. Yolcuların toplu taşıma kullanımındaki düzenini, kullanıcının biniş yer ve zamanını analiz ederek incelenmiştir. Geliştirilen matematiksel model Visual Basic for Applications (VBA) kullanılarak programlanmıştır. Çalışmada, kullanıcıların biniş verilerine ait olası varış yerleri %66 oranında tahmin edilmiştir.

Baghci ve White (2005), yalnızca otobüs ile seyahat eden yolcuların akıllı kart verilerini analiz ederek yolcuların seyahat davranış analizini ve seyahatlerde yapılan aktarma oranlarını incelemiştir. İngiltere’de 335 günlük periyotta yapılan 486.393 seyahat verisi kullanılarak analizler yapılmıştır. Yolcu seyahat izleri incelenirken belirlenen en büyük eksiklik, yolcuların seyahat amaçlarının bilinmemesi olmuştur.

Zhao v.d. (2007), yolcuların otobüs–tren ve tren–tren kullanarak yapmış oldukları seyahatlere ilişkin yolcu seyahat başlangıç ve varış yerlerini tahmin etmiştir. Çalışmada, Chicago’da hafta içi günlük ortalama 1.5 milyon seyahat verisi örneklem olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, otobüs ve raylı sistem kullanan yolcuların akıllı kart verisine ek olarak yolcu anket verileri de kullanılmıştır. Yolcuların toplu taşıma araçlarına bindikleri yer bilinirken nerede indikleri bilinmemektedir.

Çizelge 2.1 : Stratejik ulaşım planlamaları için akıllı kart sistemlerini içeren çalışmaların özeti (Pelletier v.d. 2011)

| Yazar  | Veri  | Analiz  | Faydalar   |
|--|---|---|--|
| Agard v.d. (2006)                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biniş tarihi, zamanı ve konumu</li> <li>Kart Türü</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kullanıcı türünü tanımlama ve seyahat alışkanlıklarını ölçme</li> <li>Gün, hafta ve mevsimlere göre kullanıcı çeşitliliğini analiz etme</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kullanıcı davranışlarının daha iyi anlaşılması</li> </ul>   |
| Bagchi ve White (2005)                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zaman ve konum</li> <li>Kişisel ve yolculuk verisi</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ciro analizleri</li> <li>Pazarlama</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kullanıcıların seyahat davranışlarının zaman boyunca sürekliliğinin analiz edilmesi</li> <li>Belirli gruplarda bulunan kullanıcıları korumak için pazarlama kampanyaları üretmek</li> </ul>                 |
| Blythe (2004), Chu ve Chapleau (2008), Chu v.d. (2009) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biniş tarihi, zamanı ve konumu</li> <li>Tahmin edilen varış noktaları</li> <li>Kart Türü</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Talep yönetimi</li> <li>Çalışma süresi tahmini</li> <li>Yeniden güzergah yapılandırma</li> <li>Ağın zamansal ve mekansal tasviri</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toplu taşımayı daha çekici hale getirmek</li> <li>Seyahat anketlerine kıyasla daha zengin içerik elde etmek</li> <li>Kullanıcı ihtiyaçlarına göre çizelgeleri düzenlemek</li> </ul>                         |
| Utsunomiya v.d. (2006)                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kişisel bilgi</li> <li>Kullanıcı adresi</li> <li>Biniş yeri</li> <li>Kullanım sıklığı</li> <li>Seyahat bilgisi, talep esnekliği</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Servis değişiklik duyuruları için mail listesi geliştirme</li> <li>Ücret politikası analizi</li> <li>Kullanıcıların rota veya istasyon bilgileri ile demografik profillerinin analiz edilmesi</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kullanıcıların alternatif bir güzergah izlemelerine izin verme</li> <li>Kullanıcının hizmete olan güvenini arttırma</li> <li>Kullanıcı ihtiyaçlarına göre ücret düzenleme</li> <li>Talep tahmini</li> </ul> |

Çizelge 2.2 (devam) : Stratejik ulaşım planlamaları için akıllı kart sistemlerini içeren çalışmaların özeti (Pelletier v.d. 2011)

| <b>Yazar</b>                | <b>Veri</b>  | <b>Analiz</b>  | <b>Faydalar</b>  |
|-----------------------------|--|--|--|
| Park ve Kim (2008)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Geçmiş veri</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gelecek trend tahmini</li> <li>Talep matrisi oluşturma</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uzun dönem hizmet düzenlenmesi</li> </ul>   |
| Trepanier v.d. (2004)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biniş tarihi, zamanı ve konumu</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toplu taşıma ağı planlama</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ağ uzantısını tahmin etmek.</li> </ul>  |
| Trepanier v.d. (2009a,b)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biniş tarihi, zamanı ve konumu</li> <li>Tahmin edilen varış noktaları</li> <li>Kart Türü</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Akıllı kart verilerinin anket verileri ile karşılaştırılması (otobüs kullanımı, yolculukların zamansal ve mekansal dağılımı)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Veri doğruluğunu akıllı kart ve anket verileri ile geliştirmek</li> <li>Anketi akıllı kart verisi ile tamamlamak</li> </ul>                       |
| Trepanier ve Morency (2010) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kart ile yapılan biniş işlemleri</li> <li>Seyahat başlangıç ve bitiş tarihleri</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kart ömrünün ve yolcuların akıllı kart kullanım oranlarının hesaplanması</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Akıllı kart verisi ile kullanıcı bağlılığının modellenmesi</li> <li>Bağlılık ve kalıcılık iyileştirmelerine odaklanmaya yardımcı olmak</li> </ul> |

Barry v.d. (2009), yolcuların otobüs ve raylı sistem kullanarak yaptıkları seyahatlere ilişkin akıllı kart verilerini kullanarak yolcuların günlük seyahat izlerini, yolcuların binış ve iniş yerlerini tahmin ederek izlemeyi amaçlamıştır. “En kısa yol” algoritmasının kullanıldığı bu çalışmada iki haftalık periyotta yapılan yaklaşık 95 milyon seyahat verisi kullanılmıştır. Yolcu seyahatlerine ilişkin veri yalnızca akıllı kart verilerinden sağlanmış olup yolcu anket verisi kullanılmamıştır. Yolcuların toplu taşıma aracına bindikleri yer raylı sistem kullanıcıları için bilinirken, yolcuların toplu taşıma araçlarından indikleri yer bilinmemektedir.

Wang (2010), otobüs ile seyahat eden yolcuların seyahat davranışlarını analiz etmeyi ve yolcu seyahatlerine ait başlangıç-varış matrisini oluşturmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada raylı sistem kullanarak seyahat eden yolcular ile ilgili veriler incelenmemiştir. Londra’da 2 haftalık periyotta 5 otobüs hattına ait akıllı kart verileri anket verileri ile karşılaştırılmıştır. Yolcuların seyahatlerine başladıkları yer bilinirken, nerede indikleri bilinmemektedir.

Li v.d. (2011), otomatik ücret toplama sistemlerinden elde edilmiş yolcu binış verilerini kullanarak yolcuların binış-varış matrisini “trajectory search algorithm” ile tahmin etmiştir. Çalışmada, Jinan, Çin’e ait 1 günlük periyotta 1 otobüs hattı kullanılarak yapılan 10.000 seyahat örneklem olarak kullanılmıştır. Akıllı kart verisinin kullanıldığı söz konusu çalışmada raylı sistemler ile yapılan seyahatler incelenmemiştir. Seyahatlere ilişkin yolcu binış yerleri bilinirken, yolcuların nerede indikleri bilinmemektedir.

Wang v.d. (2011), yolcuların günlük seyahat izlerini analiz etmek amacıyla yolcu seyahat başlangıç ve varış yerlerini tahmin etmeyi amaçlamıştır. Londra’da 5 otobüs hattına ait yolcu seyahat verileri analiz edilmiştir. Yolcu seyahatlerine ait akıllı kart verilerine ek olarak yolcu anket verileri de incelenmiştir. Raylı sistemler kullanılarak yapılan seyahatler çalışmaya dahil edilmemiştir. Yolcuların seyahatlerine başladıkları ve seyahatlerini tamamladıkları yerler bilinmemektedir.

Sun v.d. (2012), yolcu seyahatlerinin zamansal ve mekansal yoğunluğunu analiz etmeyi amaçlamıştır. Singapur’da 29 istasyona ait 1 haftalık raylı sistem verisi kullanılmıştır. Yolcuların raylı sistem kullanarak seyahat ettikleri yerlere ait binış ve iniş yerleri bilinmektedir.

Devilleine v.d. (2012), yolcuların seyahat amaçlarını ve seyahat davranışlarını analiz etmeyi amaçlamıştır. Otobüs ve raylı sistem kullanan yolculara ait akıllı kart seyahat verileri analiz edilmiştir. Yolcuların seyahat başlangıç yerleri bilinirken varış yerleri bilinmemektedir.

Deri (2012), otobüs ve raylı sistemler ile seyahat eden yolculara ait akıllı kart seyahat verilerini analiz ederek toplu ulaşım sistemleri için yolculuk talebinin belirlenmesi ve değişen yolcu talebi için optimum sefer sıklığının belirlenmesini amaçlamıştır. Yolcu seyahatlerinin başladığı yer bilinirken yolcuların varış yerleri bilinmemektedir. İzmir’de 1 günde yapılan yaklaşık 1.5 milyon seyahat verisine ek olarak 07:00 – 09:00 saatleri arasında 11 otobüs hattının kullanımına ilişkin veri analiz edilmiştir.

Delice (2012), İstanbul’da kullanılmakta olan otobüs ve raylı sistemleri için akıllı kart ve yolcu anket verilerini analiz ederek yolcu seyahatlerine ilişkin başlangıç–varış matrisini oluşturmayı hedeflemiştir. Bu çalışmada yolcuların biniş yerleri raylı sistemlerde bilinirken, yolcu iniş yerleri her iki sistemde bilinmemektedir. Bir günlük yolcu akıllı kart verileri ve araçların hareket başlangıcına ait konum verileri kullanılmıştır.

Ortega (2013), Londra’da kullanılmakta olan toplu taşıma sistemleri ile seyahat eden yolculara ait akıllı kart verilerini analiz ederek benzer seyahat davranışı gösteren kullanıcı kümelerini kategorize etmeyi amaçlamıştır. “K-medoid küme algoritması” metodunun kullanıldığı bu çalışmada, 2011 ve 2012 yıllarının her birinde 1 haftalık periyot olmak üzere sırasıyla 64 ve yaklaşık 67 milyon akıllı kart yolcu seyahat verisi analiz edilmiştir.

Kusakabe ve Asakura (2014), yolcu seyahat davranışlarının analiz edilmesi ve seyahat amacının tahmin edilmesi konusunda çalışmıştır. “Data füzyon metodolojisi”nin kullanıldığı çalışmada, Japonya’da 20 aylık periyotta yalnızca raylı sistemler kullanılarak yapılan 7 milyon civarında seyahat analiz edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan seyahat verilerinde yolcu biniş ve varış yeri bilinmektedir.

Lee ve Hickman (2014), ABD’de otobüs ve raylı sistemler ile seyahat eden yolcuların seyahat amacını tahmin etmeyi amaçlamıştır. “Karar ağacı sınıflandırıcısı” metodunun kullanıldığı bu çalışmada örneklem olarak 5 günlük periyotta yapılan 3687 seyahat

verisi ve yolcu anket verisi kullanılmıştır. Yolcuların seyahat başlangıç yeri bilinirken yolcu varış yerleri bilinmemektedir.

Yapmış olduğumuz çalışmada ise literatürde bulunan çalışmalara kıyasla çok sayıda yolcu seyahat verisi incelenerek büyük veri analizi yapılmıştır. Yapılan literatür araştırması ile Türkiye’de toplu taşıma verilerinin analiz edilmesi konusunda sınırlı sayıda çalışma yapıldığı, Ankara’da ise bu konuda daha önce çalışma yapılmadığı görülmüştür. 30 milyon yolcu seyahatinin zaman ve mekan bazında analiz edilmesine ek olarak yolcu seyahatlerine ait iniş yerleri bilinmediğinden matematiksel model geliştirilerek her bir yolcunun yapmış olduğu her seyahate karşılık iniş noktaları tahmin edilmiş ve yolcu seyahat rotaları oluşturulmuştur. Böylece Ankara’da toplu taşıma planlamalarının etkin şekilde yapılmasına imkân sağlayacak analizlerin elde edilmesi amaçlanmıştır.





### **3. ANKARA TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ**

Coğrafi olarak Türkiye'nin merkezine yakın bir konumda bulunan Ankara, İç Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır. 25.437 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan Ankara, Türkiye'nin en büyük üçüncü ilidir.

Ankara, 13 Ekim 1923 tarihinde Türkiye'nin başkenti ilan edilmiş ve hızla gelişerek 2017 yılı itibariyle Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 5 milyon 445 bin 26 kişi nüfusa ulaşmıştır. Nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin en kalabalık ikinci ili olan Ankara, 25 ilçe ve belediyeden oluşmaktadır. 2017 yılı TÜİK verilerine göre ilçelerin nüfus yoğunlukları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Ankara'nın en kalabalık ilçesi yaklaşık 922 bin nüfus ile Çankaya iken Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Etimesgut, Sincan, Altındağ, Pursaklar, Gölbaşı ve Polatlı sırasıyla en kalabalık ilçelerdir. Nüfusu en az olan ilçe 2753 kişinin ikamet ettiği Evren ilçesidir. Resim 3.1'de Ankara ilçeleri gösterilmektedir.

Ankara'da ulaşım karayolu, demiryolu ve havayolu ile sağlanmaktadır. Şehir nüfusunun günlük ulaşım ihtiyacının büyük bir kısmı toplu taşıma ile karşılanmaktadır. Şehir içi ulaşımında toplu taşıma sistemini, karayolu ve raylı sistemler olarak gruplandırmak mümkündür.

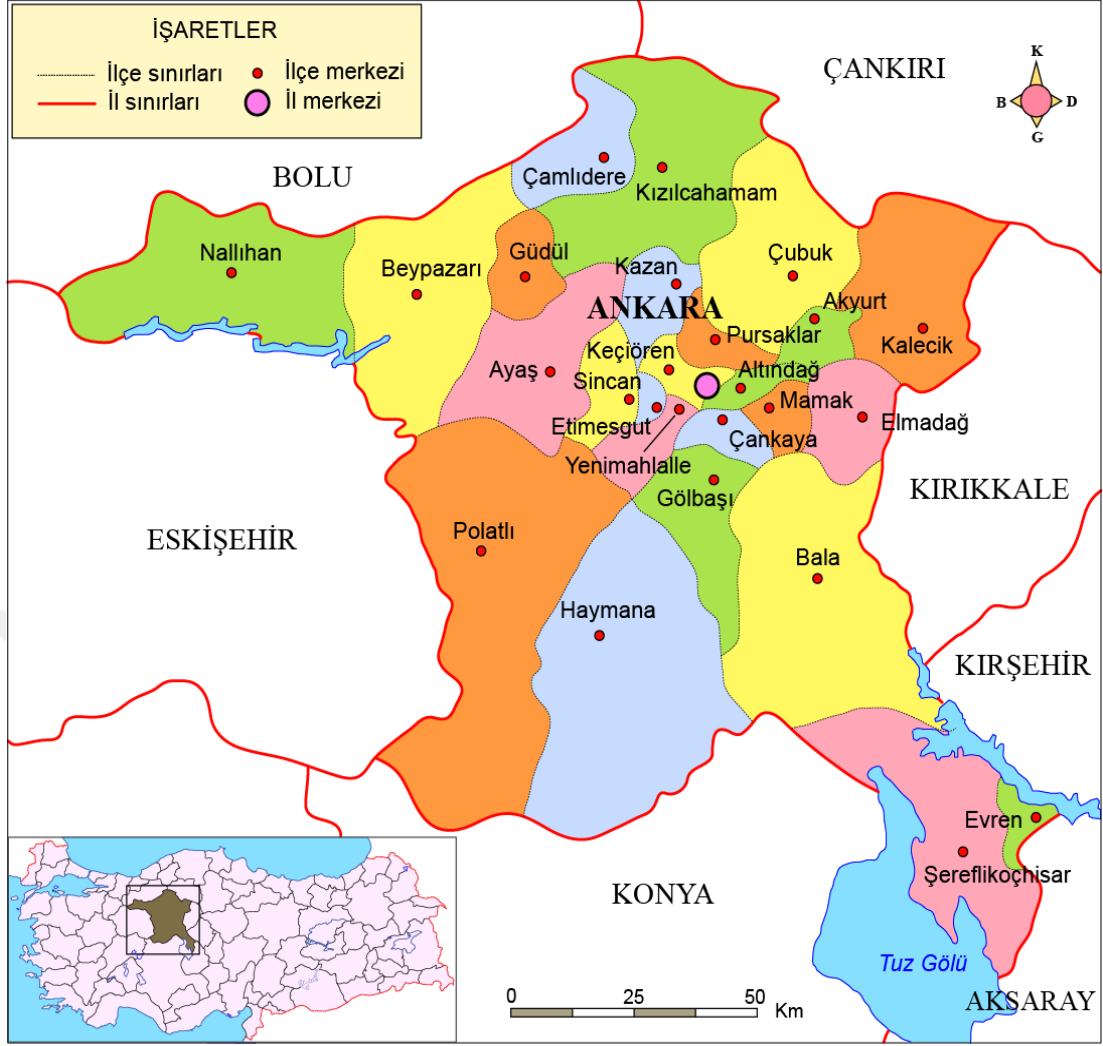
Karayolu toplu taşıma sistemi; özel halk otobüsleri, belediye otobüsleri ve dolmuşlar ile sağlanmaktadır. Raylı toplu taşıma sistemi; metro, ankaray ve teleferik ile gerçekleştirilmektedir.

#### **3.1. Mevcut Toplu Taşıma Sistemleri**

Ankara'da toplu taşıma sistemleri EGO Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. EGO Genel Müdürlüğü, 1942 yılında Ankara Elektrik ve Havagazı İşletme Müessesesi olarak kurulmuştur. 1950 yılında Otobüs İşletme İdaresinin bünyesine katılmasıyla Ankara Elektrik, Havagazı ve Otobüs İşletme Müessesesi (EGO Genel Müdürlüğü) olarak Ankara'ya elektrik, havagazı - doğalgaz ve otobüs hizmetleri sağlanmıştır.

Çizelge 3.1 : Ankara ilçelerinin 2017 yılı sonu itibariyle nüfus yoğunlukları.

| İlçe               | Nüfus (2017)     | Nüfus Artışı % | Alan (km <sup>2</sup> ) | Nüfus Yoğunluğu |
|--------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------------|
| Akyurt             | 32.863           | 4,19           | 369                     | 89              |
| <b>Altındağ</b>    | 371.366          | 1,51           | 123                     | 3.019           |
| Ayaş               | 12.289           | 0,11           | 1.041                   | 12              |
| Bala               | 21.682           | 0,69           | 1.851                   | 12              |
| Beypazarı          | 48.476           | -3,88          | 1.697                   | 29              |
| Çamlıdere          | 7.389            | 13,98          | 782                     | 9               |
| <b>Çankaya</b>     | 921.999          | 0,31           | 483                     | 1.909           |
| Çubuk              | 90.063           | 2,81           | 1.198                   | 75              |
| Elmadağ            | 45.513           | 3,05           | 647                     | 70              |
| <b>Etimesgut</b>   | 566.500          | 4,38           | 273                     | 2.075           |
| Evren              | 2.753            | -1,11          | 222                     | 12              |
| <b>Gölbaşı</b>     | 130.363          | 5,4            | 1.364                   | 96              |
| Güdül              | 8.050            | -2,8           | 540                     | 15              |
| Haymana            | 27.277           | -3,02          | 2.164                   | 13              |
| Kahramankazan      | 52.079           | 2,63           | 547                     | 95              |
| Kalecik            | 12.897           | -2,67          | 1.110                   | 12              |
| <b>Keçiören</b>    | 917.759          | 1,57           | 159                     | 5.772           |
| Kızılcahamam       | 24.947           | -0,3           | 1.623                   | 15              |
| <b>Mamak</b>       | 637.935          | 2,06           | 321                     | 1.987           |
| Nallıhan           | 28.621           | -0,35          | 2.079                   | 14              |
| Polatlı            | 124.464          | 1,67           | 3.618                   | 34              |
| <b>Pursaklar</b>   | 142.317          | 3,27           | 169                     | 842             |
| <b>Sincan</b>      | 524.222          | 1,33           | 880                     | 596             |
| Şereflikoçhisar    | 33.599           | 0,54           | 2.155                   | 16              |
| <b>Yenimahalle</b> | 659.603          | 2,34           | 219                     | 3.012           |
| <b>ANKARA</b>      | <b>5.445.026</b> | <b>1,84</b>    | <b>25.632</b>           | <b>212</b>      |



Resim 3.1 : Ankara ilçeleri haritası.

EGO Genel Müdürlüğü, Ankara toplu taşıma sistemlerinde kullanılmakta olan belediye otobüsleri ve metro, ankaray, teleferik olmak üzere raylı sistemlerin işletilmesinden sorumludur. Ayrıca, şehrin trafik düzeninin sağlanması amacıyla ulaşım planlama hizmetleri de EGO Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmektedir.

Ankara toplu taşıma sisteminde belediye otobüsleri ve raylı sistemlere ek olarak özel halk otobüsleri, dolmuşlar ve taksiler de kullanılmaktadır. Bu bölümde, Elektronik Ücret Toplama Sistemlerinin kullanıldığı toplu taşıma türleri hakkında detaylı bilgiye yer verilmiştir.

### 3.1.1. Otobüs

Ankara toplu taşıma sisteminde belediye ve özel halk otobüsleri kullanılmaktadır. Belediye otobüsleri EGO Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak işletilmekte ve Elektronik

Ücret Toplama Sistemi ile hizmet vermektedir. Özel halk otobüslerinde ücret ödeme sistemi manuel olarak yapılmaktadır.

Ankara’da bulunan beş adet “Bölge Otobüs İşletme Müdürlüğü” ile ulaşım hizmeti sağlanmaktadır. Yıl içinde okulların açık-tatil olması, yol çalışması yapılması gibi durumlar olabildiğinden kullanılan otobüs duraklarının sayısı sabit olmamaktadır. Tez çalışması süresince aktif belediye otobüsü hat sayısı 487, aktif durak sayısı 7877 olmuştur.

### **3.1.2. Metro**

Ankara’da kullanılmakta olan raylı sistemler Elektronik Ücret Ödeme Sistemi ile hizmet vermektedir. Ankara Metrosu 4 adet hat ile hizmet vermektedir. Batıkent-Kızılay metro hattı 14.661 metre uzunluğunda ve 12 istasyondan oluşmaktadır. Çayyolu-Kızılay metro hattı 16.590 metre uzunluğa ve 11 istasyona sahiptir. Batıkent-Sincan/Törekent metro hattı 15.360 metre uzunluğunda olup 11 istasyondan oluşmaktadır. Keçiören-Atatürk Kültür Merkezi metro hattı 9223 metre uzunlukta ve 9 istasyona sahiptir. Bu hatlara ek olarak, Atatürk Kültür Merkezi-Kızılay arasında ek bir hattın yapım çalışmaları devam etmektedir.

### **3.1.3. Ankaray**

Ankaray Hafif Raylı Sistemi, 8527 metre hat uzunluğunda olup 11 istasyondan oluşmaktadır. Ankaray Hafif Raylı Sistemi, Ankara Şehirlerarası Terminal İşletmesi ve Dikimevi arasında hizmet vermektedir. Ankara Şehirlerarası Terminal İşletmesi ve Söğütözü arasında 1 istasyondan oluşması planlanan ek bir Ankaray hattı için çalışmalar devam etmektedir.

### **3.1.4. Teleferik**

Toplu taşıma sistemlerinde en az yoğunlukta kullanılmakta olan teleferik, Yenimahalle-Şentepe arasında hizmet vermektedir. Toplam hat uzunluğu 3257 metredir. Teleferik hattı 4 istasyondan oluşmaktadır. Ankara toplu taşıma sisteminde kullanılmakta olan metro, ankaray ve teleferik hatları ve hatlar üzerinde bulunan istasyonlar Resim 3.2’de gösterilmiştir. Yapımı devam etmekte olan ek ankaray ve metro hatları da Resim 3.3’te gösterilmiştir.

## **3.2. Elektronik Ücret Toplama Sistemi**

2013 yılında EGO Genel Müdürlüğü tarafından Ankara'daki toplu taşıma sistemlerinde Elektronik Ücret Toplama Sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Ankara'daki tüm duraklara numaralar verilmiş ve belirli bölgelere akıllı duraklar yerleştirilmiştir. Ayrıca tüm otobüslerin izlenebilmesi için araçlara Global Positioning System (GPS) Araç Takip Sistemleri takılmıştır.

Ankara toplu taşıma sistemlerinde kullanılmakta olan Elektronik Ücret Toplama Sistemi, kullanıcının akıllı RFID kartını kart okuma cihazına yaklaştırması ile sisteme anlık olarak veri aktarılır ve kullanıcının sahip olduğu akıllı kartın özelliğine göre Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından belirlenen ulaşım ücreti kart bakiyesinden ödenir.

Ankara'da toplu taşıma araçlarına yalnızca binerken kart okutulmaktadır. Belediye otobüslerinde bulunan GPS okuyucular sayesinde kullanıcının araca bindiği konum kaydedilmektedir. Raylı sistemler ile seyahat eden kullanıcılar ise, istasyonlarda bulunan turnikeler aracılığıyla akıllı kartlarını okutarak ücret ödemektedirler.

### **3.2.1. Akıllı Kart**

Trepanier v.d. (2007) akıllı kart uygulamalarını; bir veritabanı ile kişisel kimlik tanımlama, kimlik doğrulama ve akıllı karttan belirli miktarların düşülmesi ile finansal işlemlerin yapılması olmak üzere iki kategoriye ayırmıştır.

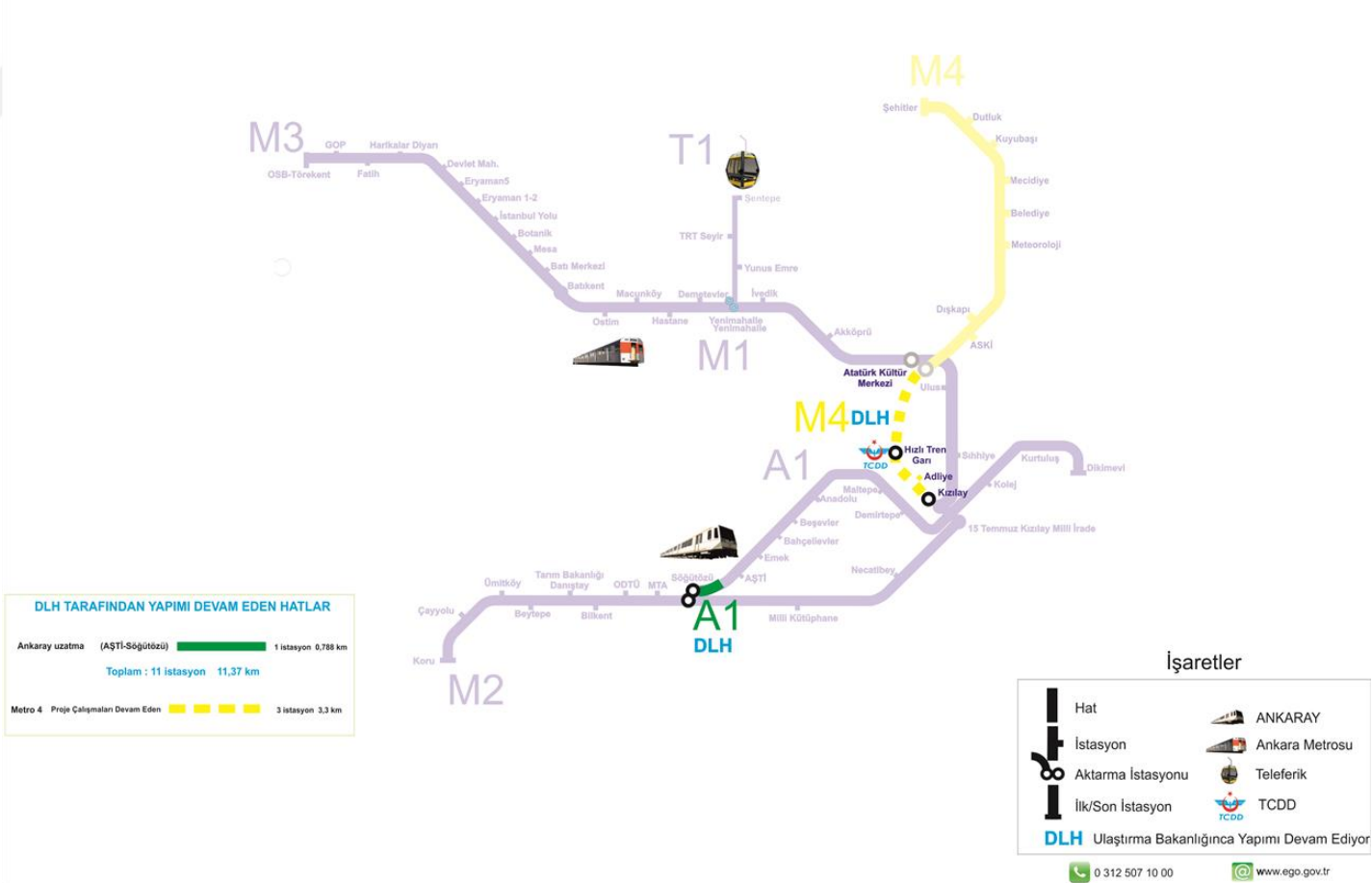
Ankara toplu taşıma hizmetlerinde Elektronik Ücret Toplama Sistemleri ile, AnkaraKart adı verilen akıllı kartlar kullanılmaktadır. EGO Genel Müdürlüğü'ne bağlı Elektronik Ücret Toplama Sisteminin kullanıldığı toplu taşıma araçları olan belediye otobüsleri, metro, ankaray ve teleferiklerde yolcular tarafından AnkaraKartlar kullanılmaktadır.

Elektronik Ücret Toplama Sistemine sahip toplu taşıma araçlarında kullanıcılar tarafından kullanılabilen kişisel akıllı kartlar; tam, indirimli, serbest ve kullan-at AnkaraKart olmak üzere dört çeşittir. AnkaraKart çeşitleri Resim 3.4'te gösterilmiştir.



Resim 3.2 : Ankara raylı sistemler ve teleferik hattı.

## ANKARA YAPIMI DEVAM EDEN RAYLI SİSTEM HATLARI



Resim 3.3 : Ankara’da yapımı devam eden raylı sistem hatları.



Resim 3.4 : AnkaraKart çeşitleri.

Tam AnkaraKart, tüm kullanıcılar tarafından kullanılabilir. İndirimli AnkaraKart, toplu taşıma sistemlerinde indirimli hizmet alınmasını sağlayan, öğrenci ve öğretmenler tarafından kullanılabilen kişisel akıllı kartlardır. Serbest AnkaraKart, ihtiyaç sahibi kişiler, 65 yaş üstü kişiler ve belirli kurum personelleri tarafından kullanılabilen, toplu taşıma hizmetlerinden ücretsiz olarak faydalanılmasını sağlayan kartlardır. Kullan-At AnkaraKartlar ise toplu taşıma sistemlerinden yalnızca bir defa hizmet alınmasını sağlamaktadır.



#### 4. PROBLEM TANIMI

Toplu taşımada kullanılan Akıllı Kart Elektronik Ücret Toplama Sistemleri ile yolcuların gün içinde yapmış oldukları seyahatlere ilişkin birçok veriye ulaşılabilmektedir. Yolcuların toplu taşıma aracına bindikleri durak, binış zamanları ve otobüs ve/veya raylı sistem olmak üzere seyahat ettikleri araç çeşidi akıllı kartlar ile kaydedilirken, yolcuların iniş yerleri ve zamanları kaydedilmemektedir.

Bu çalışmanın amacı, toplu taşıma sistemlerini kullanan yolcuların gün içinde yaptıkları seyahatlerin analiz edilerek kullanıcılara ait günlük seyahat rotalarını tahmin etmek ve yolcu seyahatlerinin zamansal ve mekânsal olarak inceleyebilmektir. Yolcu seyahatlerinin analiz edilmesiyle, mevcut durumda kullanılmakta olan toplu taşıma sisteminin daha etkin şekilde planlanabilmesine imkân sağlanabilecektir.

Toplu taşıma kullanıcılarının gün içinde yaptıkları seyahatleri analiz edebilmek için ilk olarak yolcuların toplu taşıma aracından indikleri yer, matematiksel model yardımıyla tahmin edilmiştir. Yolcuların akıllı kart verileri ile kaydedilmiş binış yerleri ve binış zamanları; matematiksel model yardımıyla tahmin edilen iniş yerleri ile eşleştirilerek, yolcu seyahatlerine ilişkin seyahat başlangıç ve varış noktalarını içeren yolcu seyahat rotaları oluşturulmuştur. Yolcuların seyahat izleri analiz edilerek, toplu taşıma sisteminin daha etkin şekilde planlanmasına yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur.

Bu çalışmada, yolcuların iniş yerleri tahmin edilirken üç temel varsayım yapılmıştır:

- Yolcunun indiği durak, bir sonraki seyahatinin başladığı durağa en yakın duraktır.
- Aynı gün içinde yapılan seyahatler için yolcu iniş yerleri tahmin edilmiştir.
- Gün içinde belirli zaman aralığında birden fazla toplu taşıma aracı kullanarak aktarma yapan yolcular için iniş ve bir sonraki binış yerleri arasında belirli bir mesafe toleransı varsayılmıştır.



## 5. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Yolcuların toplu taşıma aracına biniş yeri ve biniş zamanına ilişkin akıllı kart verileri kullanılarak yolcuların toplu taşıma aracından indiği yeri tahmin edebilmek için Trepanier v.d. (2007)'nin geliştirdiği “seyahat varış yeri tahmin etme” matematiksel model yaklaşımı uygulanmıştır. Uygulanan metodoloji Resim 5.1’de gösterilmektedir.

### 5.1. Matematiksel Model

Seyahat varış yeri tahmin etme modeli, her bir yolcunun her seyahat binış verisi için iniş yerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır (Trepanier v.d. 2007). Bölüm 4’te bahsedilen varsayımlar ile yolcu iniş yeri tahmin etme modeli aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

#### İndisler:

- i: Yolcu (Akıllı kart numarası)
- j: Rota içindeki durakların sıra numarası
- r: Yolcunun gün içinde yaptığı rotaların sırası
- k: Gün

#### Parametreler:

- R: Hat (Tek yönlü)
- s: Durak kümesi
- $s_{rik}^j$ : i kullanıcısının k gününde r hattında bindiği j. durak
- d(a,b): a ve b noktaları arasındaki öklid mesafesi
- M: Tolerans değeri
- $D_i$ : İniş yerleri kümesi
- $S_i$ : İniş durakları kümesi

### Karar Değişkenleri:

$V_{rik}$ :  $i$  kullanıcısının  $k$  gününde  $r$  hattının  $j=B$  durağından bindikten sonra ineceği durak kümesi, kayıp rota

$J_{ik}$ :  $i$  kullanıcısının  $k$  gününde yapabileceği kayıp rotalar

$N_k$ :  $k$  gününde yapılan kayıp rota sayısı

$d_{rik}$ :  $i$  kullanıcısının  $k$  gününde  $r$  hattında indiği durak

### Kısıtlar:

$$R = \{s^j\} \quad (1)$$

$$V_{rik} = \{s_{rik}^j\}, \quad \forall j > B \quad (2)$$

$$J_{ik} = \{V_{rik}\}, \quad r = 1, \dots, N_k \quad (3)$$

$$d_{rik} = z \rightarrow \min_z d(s_{(r+1)ik}^B, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad r < N_k \quad d(s_{(r+1)ik}^B, z) < M \quad (4)$$

$$d'_{rik} = z \rightarrow \min_z d(s_{1ik}^B, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad r = N_k \quad d(s_{1ik}^B, z) < M \quad (5)$$

$$d''_{rik} = z \rightarrow \min_z d(s_{1i(k+1)}^B, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad r = N_k \quad d(s_{1i(k+1)}^B, z) < M \quad (6)$$

$$\forall d_{rik}, d'_{rik}, d''_{rik} \in D_i \Rightarrow \exists s_{rik}^B \in S_i \quad s_{rik}^B = \text{start}(d_{rik}) \quad (7)$$

$$d'''_{rik} = z \quad z \in D_i \rightarrow \min_y h(t(y), t(s_{rik}^B)) \quad R(y) = R(s_{rik}^B) \quad y = \text{start}(z) \quad (8)$$

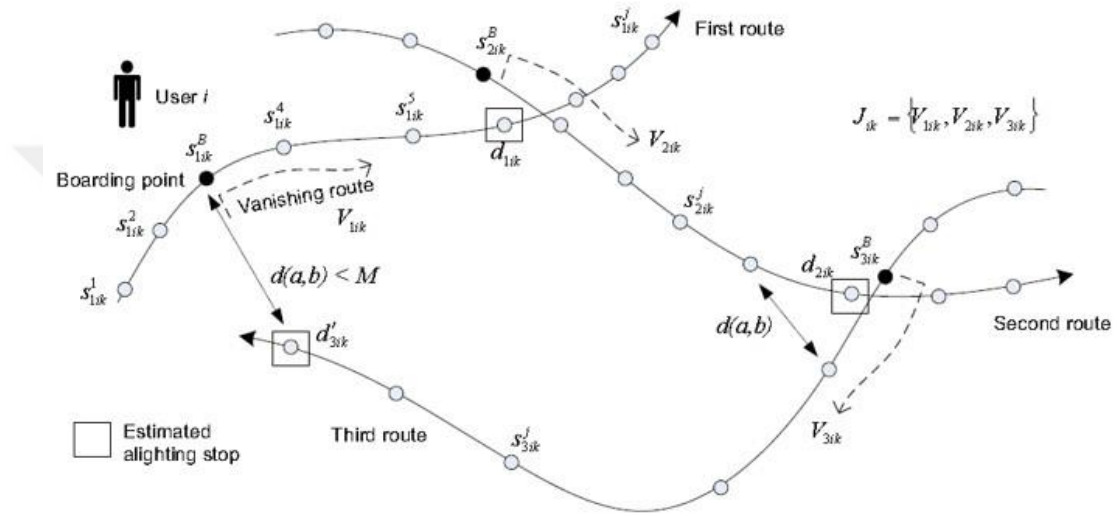
Denklem (1), bir rotayı sıralı durakların listesi olarak tanımlamaktadır. Denklem (2) ile “kayıp rota”, bir kullanıcının belirli bir rota üzerinde bulunan belirli bir duraktan bindikten sonra o rota üzerinde iniş yapabileceği sıralı durakların listesi olarak tanımlanmaktadır. Bir yolcunun yaptığı seyahat, gün boyunca biniş yapılan kayıp rotaların sırası olarak denklem (3)’te tanımlanmaktadır.

Bazı seyahatler birden fazla rotadan oluşabileceği gibi aktarma da içerebilmektedir. Bu sebeple; aktarma yapan bir yolcu için, gün boyunca yaptığı seyahatlerin sayısı; kayıp rotaların sayısından küçük ya da eşit olmalıdır.

Yolcuların iniş yerleri tahmin edilirken, yolcuların rotalar arasında yürümesi ya da taksi, dolmuş gibi farklı taşıma araçlarını kullanması ihtimali göz önünde

bulundurulduğunda mesafe oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle, a ve b noktaları arasındaki mesafe öklid mesafesi ile hesaplanmıştır. Bir sonraki rotanın biniş durağına en yakın kayıp rota üzerindeki iniş durağı denklem (4) ile hesaplanmaktadır.

Günün son rotasına ait iniş yeri, aynı günün ilk iniş yeri ile ilişkilendirilirken denklem (5) kullanılmıştır. Bir sonraki günün ilk iniş yeri ile ilişkilendirilirken ise denklem (6) kullanılmıştır. Denklem (4), (5) ve (6) ile bulunan iniş yerleri ve bu iniş yerlerine ilişkin duraklar denklem (7) ile ifade edilmiştir.



Resim 5.1 : Varış yeri tahmin modeli (denklem 1-6) (Trepanier v.d. 2007).

## 5.2. Veri Seti

Bölüm 4'te bahsedilen varsayımlar ve Bölüm 5.1'de anlatılan Trepanier vd. (2007)'nin "seyahat varış yeri tahmin etme" modeli, Ankara toplu taşıma sisteminde 2017 yılı Nisan ayına ait akıllı kart yolcu verileri için uygulanmıştır.

Uygulanan metodoloji, R programı ile kodlanarak yolcu seyahatlerine ait varış yerleri tahmin edilmiştir. Yolcu seyahatlerine ilişkin tahmin edilen iniş yerleri ile yolcu biniş yerleri eşleştirilerek seyahat rotaları oluşturulmuştur.

Ankara, Türkiye'de bulunan toplu taşıma sistemine ait yolcu seyahatlerine ilişkin bir aylık periyot için incelenen veri, yaklaşık 30 milyon akıllı kart verisinden oluşmaktadır. Analiz edilen yolcu seyahat verileri; elektronik ücret taşıma sistemlerinin kullanıldığı otobüs, ankaray, metro ve teleferik ile yapılan seyahatlerden

oluşmaktadır. Kullanılan tam, öğrenci, öğretmen ve serbest akıllı kart çeşitleri ile seyahat eden yolcular hakkında bilgiye sahip olmak mümkündür.

Çalışma kapsamında analiz edilen yaklaşık 30 milyon akıllı kart verisinden, 10 adet seyahate ilişkin kayıtları içeren bir örneklem Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Çizelgenin ilk iki sütunu, yolcunun toplu taşıma aracına bindiği tarih ve saati göstermektedir.

Yolcunun bindiği toplu taşıma aracının türü A,B,M ve T kodları ile gösterilmektedir. Bu kodlar sırasıyla; ankaray, otobüs, metro ve teleferik için kullanılmaktadır.

Yolcunun akıllı kartı ile yapmış olduğu işlem V, I ve C kodları ile gösterilmektedir. V kodu, yolcunun gün içinde ilk kez yolculuk yaptığını; I kodu yolcunun tekrarlı biniş yaptığını (bu durum yolcunun birden çok yolculuk yaptığını gösterdiği gibi, birlikte toplu taşıma aracına bindiği bir yolcu için de akıllı kartını okuttuğu anlamına gelebilmektedir) ve C kodu, yolcunun aktarmalı biniş yaptığını göstermektedir. 45 dakika içerisinde toplu taşıma araçlarına yapılan binişler aktarmalı yolculuk olarak kaydedilmektedir.

Yolcunun sahip olduğu akıllı kart türü; T ve OC olmak üzere sırasıyla “tam” ve “öğrenci” kartlarını göstermektedir. Her bir yolcunun, kendine özel olan akıllı kartı 32 karakter ile kodlanmış eşsiz bir numaradır.

Yolcunun bindiği araç hattı, biniş yaptığı yerin enlem ve boylam koordinat verileri ve toplu taşıma aracına biniş yapılan durak numarası da akıllı kartlar ile kayıt altına alınmaktadır.

Raylı sistemlerde GPS okuyucular yolcunun biniş yaptığı yerin koordinatlarını tespit edemediğinden, akıllı kartlar tarafından enlem ve boylam bilgisi kaydedilememektedir. Bu sebeple, metro ve ankaray ile seyahat eden yolcuların biniş yaptıkları durak numarası bilinirken biniş yaptıkları yerin koordinatları bilinmemektedir.

Çizelge 5.1 : Ankara toplu taşıma sistemine ait Nisan 2017 yılı akıllı kart yolcu verilerinden bir örneklem.

| Tarih      | Saat     | Araç | İşlem | Bilet | Kart No                          | Hat | Enlem     | Boylam    | Durak No |
|------------|----------|------|-------|-------|----------------------------------|-----|-----------|-----------|----------|
| 01.04.2017 | 18:41:07 | B    | C     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 535 | 39.938048 | 32.853112 | 12578    |
| 02.04.2017 | 23:08:53 | A    | C     | OC    | bef01a54e18252730409771bd524304c | 911 | 0         | 0         | 40001    |
| 03.04.2017 | 06:24:02 | M    | I     | T     | 857a21e71df0bc675333100c65e04d23 | 905 | 0         | 0         | 40539    |
| 08.04.2017 | 21:12:45 | A    | V     | OC    | 00000d784749516a7fce767524a2c714 | 910 | 0         | 0         | 40004    |
| 13.04.2018 | 11:48:50 | B    | V     | T     | 000058c01f397f938892e06953352ed2 | 271 | 39.97877  | 32.80479  | 10259    |
| 18.04.2017 | 10:37:26 | T    | V     | T     | 000058c01f397f938892e06953352ed2 | 997 | 0         | 0         | 40545    |
| 22.04.2017 | 11:42:04 | B    | V     | T     | 000058c01f397f938892e06953352ed2 | 271 | 39.99201  | 32.79982  | 10257    |
| 26.04.2017 | 13:15:12 | B    | V     | T     | 0003c636d783d2ad849c1224ce69c869 | 413 | 39.94062  | 32.85433  | 10407    |
| 29.04.2017 | 15:01:52 | B    | V     | T     | 80c60f3d159b02fd694a0c40e244d0b8 | 536 | 39.94189  | 32.847833 | 9569     |
| 30.04.2017 | 22:16:49 | B    | V     | T     | e26da38bdaf6213d5a1c31e355e9c61b | 136 | 39.889478 | 32.810518 | 10119    |
| ...        | ...      | ...  | ...   | ...   | ...                              | ... | ...       | ...       | ...      |

### 5.3. Metodoloji

Bir aylık periyot için temin edilen yolcu seyahatlerine ilişkin akıllı kart verileri, R programı kullanılarak analiz edilmiş ve yolcu iniş yerleri tahmin edilmiştir. İlk olarak, her gün için ayrı ayrı kaydedilmiş olan yolcu seyahat verileri bir araya getirilerek bir aylık seyahat verisi oluşturulmuştur. Tüm veri, Çizelge 5.1’de gösterildiği şekilde sütunlara ayrıştırılarak verinin okunabilirliği arttırılmıştır.

Yolcuların otobüse bindikleri duraklara ait koordinatlar 9 basamaklı sayılar olarak kaydedilmiştir. Bu sayılar, belirli bir formülasyona göre kodlanarak koordinatlara dönüştürülmüştür. Çizelge 5.2’de düzenlenmiş koordinatlara ait bir örneklem gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Akıllı kart verilerinde bulunan koordinat formatının düzenlenmesi.

| <b>Akıllı Kart Verisi</b> |               | <b>Düzenlenmiş Veri</b> |               |
|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| <b>Enlem</b>              | <b>Boylam</b> | <b>Enlem</b>            | <b>Boylam</b> |
| 961957943                 | 844138624     | 39.941728               | 32.848133     |
| 962019637                 | 842228888     | 39.956892               | 32.560830     |
| 961819219                 | 843208483     | 39.905422               | 32.709538     |
| 961815568                 | 843613300     | 39.904017               | 32.814123     |

Her bir kart numarası (yolcu) için kayıtlı seyahatler, gün ve zaman bazında artan şekilde sıralanarak yolcuların bir aylık sürede yapmış oldukları seyahat rotaları oluşturulmuştur.

Analiz edilen akıllı kart verisinde 1 milyon 915 bin 217 adet farklı kart numarasına (yolcuya) ait seyahat kaydedildiği görülmüştür. Çizelge 5.3’te yaklaşık 2 milyon yolcunun yapmış olduğu seyahat kayıtlarından biri örnek olarak gösterilmiştir. Yolcunun seyahate başladığı tarih, saat, kullanılan araç türü, binilen hat, durak ve koordinat verileri gösterilmektedir.



Çizelge 5.3 : Bir yolcunun bir aylık periyotta yaptığı seyahatlere ait bir örnek.

| <b>Tarih</b> | <b>Saat</b> | <b>Araç</b> | <b>İşlem</b> | <b>Bilet</b> | <b>Hat</b> | <b>Enlem</b> | <b>Boylam</b> | <b>Durak No</b> |
|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|--------------|---------------|-----------------|
| 7.04.2017    | 11:39:02    | B           | C            | T            | 340        | 39.93251     | 32.84240      | 13340           |
| 7.04.2017    | 11:39:04    | B           | I            | T            | 340        | 39.93251     | 32.84240      | 13340           |
| 7.04.2017    | 11:39:21    | B           | I            | T            | 340        | 39.93251     | 32.84240      | 13340           |
| 8.04.2017    | 11:27:36    | B           | C            | T            | 339        | 39.94189     | 32.85610      | 10313           |
| 8.04.2017    | 22:18:45    | B           | V            | T            | 340        | 39.90240     | 32.91894      | 12330           |
| 15.04.2017   | 11:53:57    | B           | C            | T            | 330        | 39.93252     | 32.84248      | 12307           |
| 15.04.2017   | 22:18:03    | B           | V            | T            | 340        | 39.90228     | 32.91861      | 13336           |
| 15.04.2017   | 22:49:18    | B           | C            | T            | 523        | 39.93404     | 32.84333      | 9591            |
| 15.04.2017   | 23:03:10    | B           | V            | T            | 523        | 39.94518     | 32.75606      | 9591            |

Her bir yolcu için belirlenen seyahat rotasında bulunan binif verilerine karşılık gelen inif yerleri tahmin edilmiştir. Her kart numarası (yolcu) için; n. binif kaydına karşılık gelen inif noktasını tahmin edebilmek amacıyla, n. kayıttaki hat üzerinde bulunan (n+1). kayıta en yakın durak bulunmuştur.

Bu amaçla ilk olarak, n. kayıttaki hat üzerinde bulunan durakların listesi oluşturulmuştur. n. kayıt üzerinde bulunan ve (n+1). kayıta en yakın olan durağı bulabilmek için iki nokta arasındaki mesafe, koordinatlar kullanılarak “Haversine Fonksiyonu” ile hesaplanmıştır.

Bu metodolojinin kullanılmasıyla, her bir kayıt için inif yeri tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çizelge 5.4’te yolcu seyahatlerine ilişkin tahmin edilen inif duraklarına ait bir örneklem gösterilmiştir.

İnif yerleri tahmin edilirken, binif kayıtlarına ait koordinatlar arasındaki mesafenin en küçükleme amaçlanmıştır. Metro, ankaray ve teleferik olmak üzere raylı sistemlerde binif kayıtlarına ilişkin koordinat verileri akıllı kartlar ile kaydedilemediğinden yalnızca otobüs ile yapılan seyahatlere ilişkin inif yerleri tahmin edilebilmiştir.

Çizelge 5.4 : Yolcuların yaptığı seyahatlere ait iniş yerlerinin tahmin edilmesi.

| Tarih      | Saat     | Araç | İşlem | Bilet | Kart No                          | Hat | Enlem     | Boylam    | Biniş Durak | İniş Durak |
|------------|----------|------|-------|-------|----------------------------------|-----|-----------|-----------|-------------|------------|
| 5.04.2017  | 15:59:49 | B    | V     | T     | 000021cb6d5f4311e7462f7c667263cd | 452 | 3.995.152 | 3.285.989 | 9443        | 7414       |
| 5.04.2017  | 15:59:52 | B    | I     | T     | 000021cb6d5f4311e7462f7c667263cd | 452 | 3.995.152 | 3.285.989 | 9443        | 7420       |
| 5.04.2017  | 19:39:39 | B    | V     | T     | 000021cb6d5f4311e7462f7c667263cd | 454 | 3.991.918 | 3.285.419 | 7440        | 0          |
| 8.04.2017  | 11:27:36 | B    | C     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 339 | 39.94189  | 32.85610  | 10313       | 7324       |
| 8.04.2017  | 22:18:45 | B    | V     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 340 | 39.90240  | 32.91894  | 12330       | 0          |
| 15.04.2017 | 11:53:57 | B    | C     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 330 | 39.93252  | 32.84248  | 12307       | 9368       |
| 15.04.2017 | 22:18:03 | B    | V     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 340 | 39.90228  | 32.91861  | 13336       | 7336       |
| 15.04.2017 | 22:49:18 | B    | C     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 523 | 39.93404  | 32.84333  | 9591        | 7575       |
| 15.04.2017 | 23:03:10 | B    | V     | T     | 0000b009458a2210dc64ebeae32e4bc8 | 523 | 39.94518  | 32.75606  | 9591        | 0          |



## 6. ANALİZLER

Bu çalışma kapsamında Ankara toplu taşıma araçlarında kullanılmakta olan Elektronik Ücret Toplama Sistemi ile bir aylık periyotta kaydedilen yolcu seyahat verileri incelenmiştir. Her bir kayıt, yolcunun yapmış olduğu seyahate karşılık gelmektedir. Akıllı kartlar, yapılan ödeme türünü kaydettiğinden seyahat eden yolcuların tam, öğrenci veya öğretmen bileti kullanımına ilişkin sayısal verilere ulaşılmıştır.

Ayrıca, yolcuların seyahat ettikleri tarih, saat ve otobüs, metro, ankaray ve teleferik olmak üzere seyahat edilen araç türü de bilindiğinden toplu taşıma araçlarının kullanım yoğunluğuna ilişkin çeşitli analizler yapılmıştır.

Yolcuların seyahat ettikleri aracın rotası ve yolcunun toplu taşıma aracına bindiği durak numarası da bilinmektedir. Yolcuların otobüse bindikleri duraklara ait koordinatlar bilinirken, raylı sistemlere binilen duraklara ait koordinatlar akıllı kartlar tarafından kaydedilememiştir. Otobüs ve raylı istem hatlarının kullanım yoğunluğuna ilişkin analizler yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, akıllı kartlar ile bir aylık periyotta kaydedilen 28 milyon 455 bin 350 adet yolcu seyahat verisi analiz edilmiştir. Nisan 2017 tarihine ait toplam seyahat verisi incelendiğinde, 1 milyon 915 bin 217 adet farklı kart numarasına ait seyahat kaydı bulunmuştur. Her yolcunun kart numarası kendine özel olduğundan yaklaşık 2 milyon yolcunun bir ay boyunca akıllı kart kullanarak toplu taşıma ile seyahat ettiğini söylemek mümkündür.

28 milyon 455 bin 350 adet seyahatin hafta içi ve hafta sonu olmak üzere gün bazında dağılımı Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Hafta içi günlerde yapılan yolcu seyahatleri, toplam seyahatlerin %79,6’sını oluşturmaktadır. Toplam seyahatlerin %20,4’ünü ise hafta sonu yapılan seyahatler oluşturmaktadır.

Bir ay boyunca hafta içi ve hafta sonu günlerde yapılan toplam seyahatlerin ortalaması incelendiğinde hafta içi yapılan seyahat sayısının hafta sonunda yapılan seyahatlere göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.1 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında akıllı kartlar ile elde edilen yolcu seyahat kayıtlarının hafta içi ve hafta sonu günlere göre dağılımı.

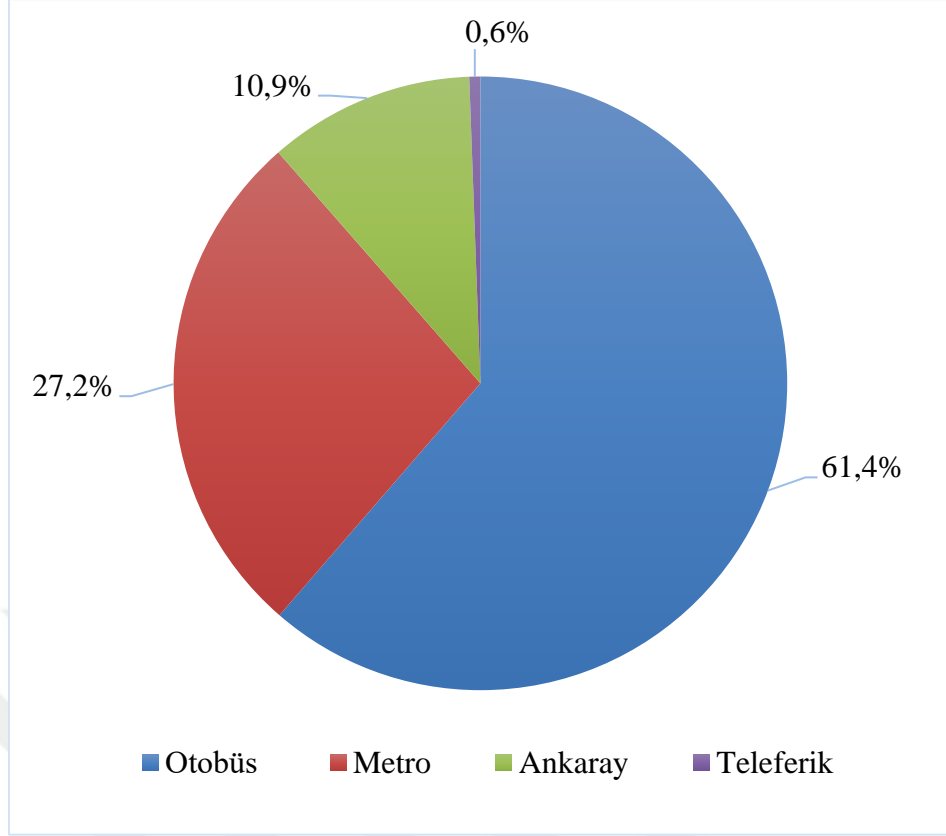
|  |             |
|--|-------------|
| <b>Toplam Yolcu Biniş Kaydı</b>          | 28.455.350  |
| <b>Toplam Akıllı Kart (Yolcu) Sayısı</b> | 1.915.217   |
| <b>Toplam Hafta İçi Seyahat Kaydı</b>    | 22.639.074  |
| <b>Toplam Hafta Sonu Seyahat Kaydı</b>   | 5.816.276   |
| <b>Ortalama Hafta İçi Seyahat Kaydı</b>  | 1.131.953,7 |
| <b>Ortalama Hafta Sonu Seyahat Kaydı</b> | 581.627,6   |

Yolcular, akıllı kartlar ile toplu taşıma ücretlerini elektronik olarak ödediğinden seyahatlerde kullanılan akıllı kart türlerini gruplandırmak mümkündür. Toplu taşıma sistemini kullanan yolcuların %66,4'ü tam bilet, %32,8'i öğrenci bileti ve %0,8'i öğretmen bileti kullanmaktadır.

Çizelge 6.2 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında yapılan seyahatlerin akıllı kart kullanımına göre dağılımı.

| <b>Akıllı Kart Çeşidi</b> | <b>Toplam Seyahat Sayısı</b> | <b>Toplam Seyahat Yüzdesi</b> |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Tam                       | 18.894.974                   | 66,4%                         |
| Öğrenci                   | 9.344.032                    | 32,8%                         |
| Öğretmen                  | 216.344                      | 0,8%                          |

Seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanımına ait yoğunluk Şekil 6.1'de gösterilmiştir. %61,4 oranında kullanılan otobüsler, seyahatlerde en çok tercih edilen toplu taşıma aracı olmuştur. Sadece raylı sistemler (metro, ankaray ve teleferik) kullanılarak yapılan seyahatlerin oranı ise %38,6'dır.



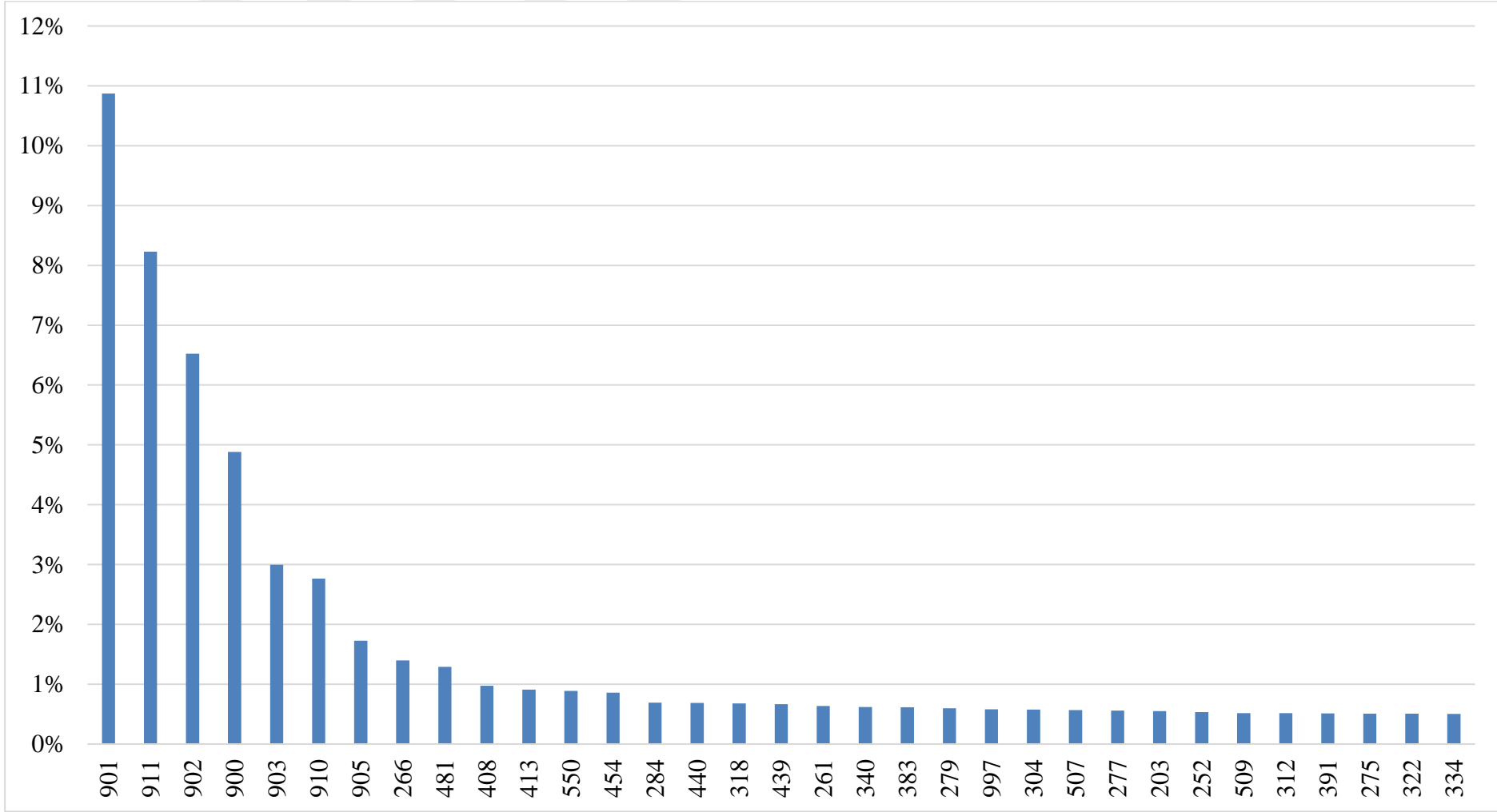
Şekil 6.1 : 1–30 Nisan 2017 tarihleri arasında yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım oranı.

Tüm biniş verileri için kullanılan hatların yoğunluğu Şekil 6.2’de, hafta içi ve hafta sonu günlerde yapılan seyahatlerde kullanılan hatların yoğunluğu ise sırasıyla Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’te verilmiştir.

Yolcuların hafta içi günlerde yaptıkları seyahatler incelendiğinde, 463 adet hat kullanılmıştır. En yoğun kullanılan 34 hattın kullanım oranları Şekil 6.3’te verilmiştir. 2 milyon 380 bin 485 biniş kaydı ile 901 numaralı Batıkent-Kızılay Metro Hattı en yoğun kullanılan hat olmuştur.

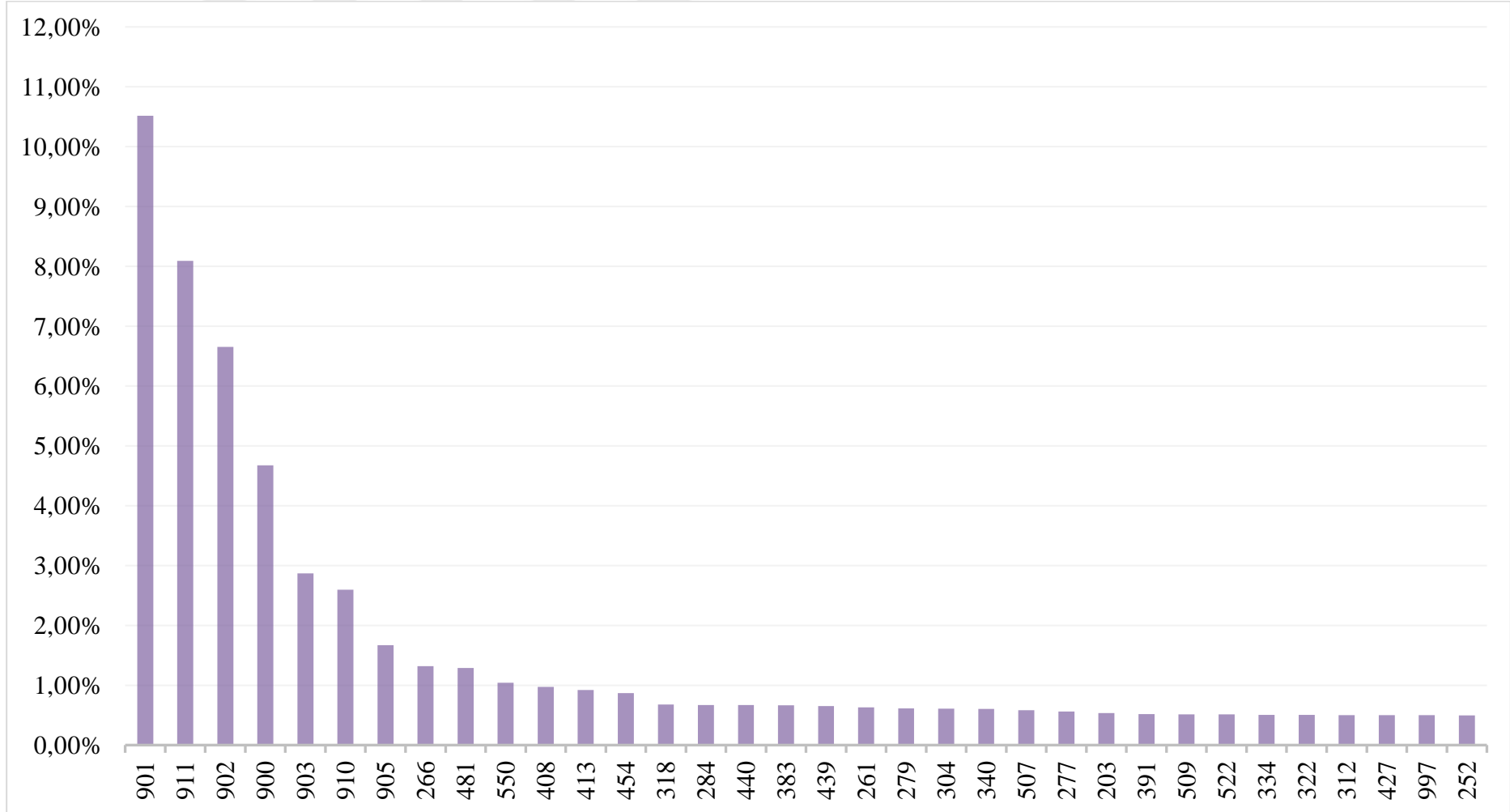
Yolcuların hafta sonu günlerde yaptıkları seyahatler incelendiğinde, 351 adet hat kullanılmıştır. En yoğun kullanılan 34 hattın kullanım oranları Şekil 6.4’te verilmiştir. 712 bin 568 biniş kaydı ile 901 numaralı Batıkent-Kızılay Metro Hattı en yoğun kullanılan hat olmuştur.

Aktarmalı seyahatlerde, 601 bin 829 adet yolcu biniş verisi ile en sık kullanılan hattın 902 numaralı metro hattı olduğu Şekil 6.5’te gösterilmiştir.

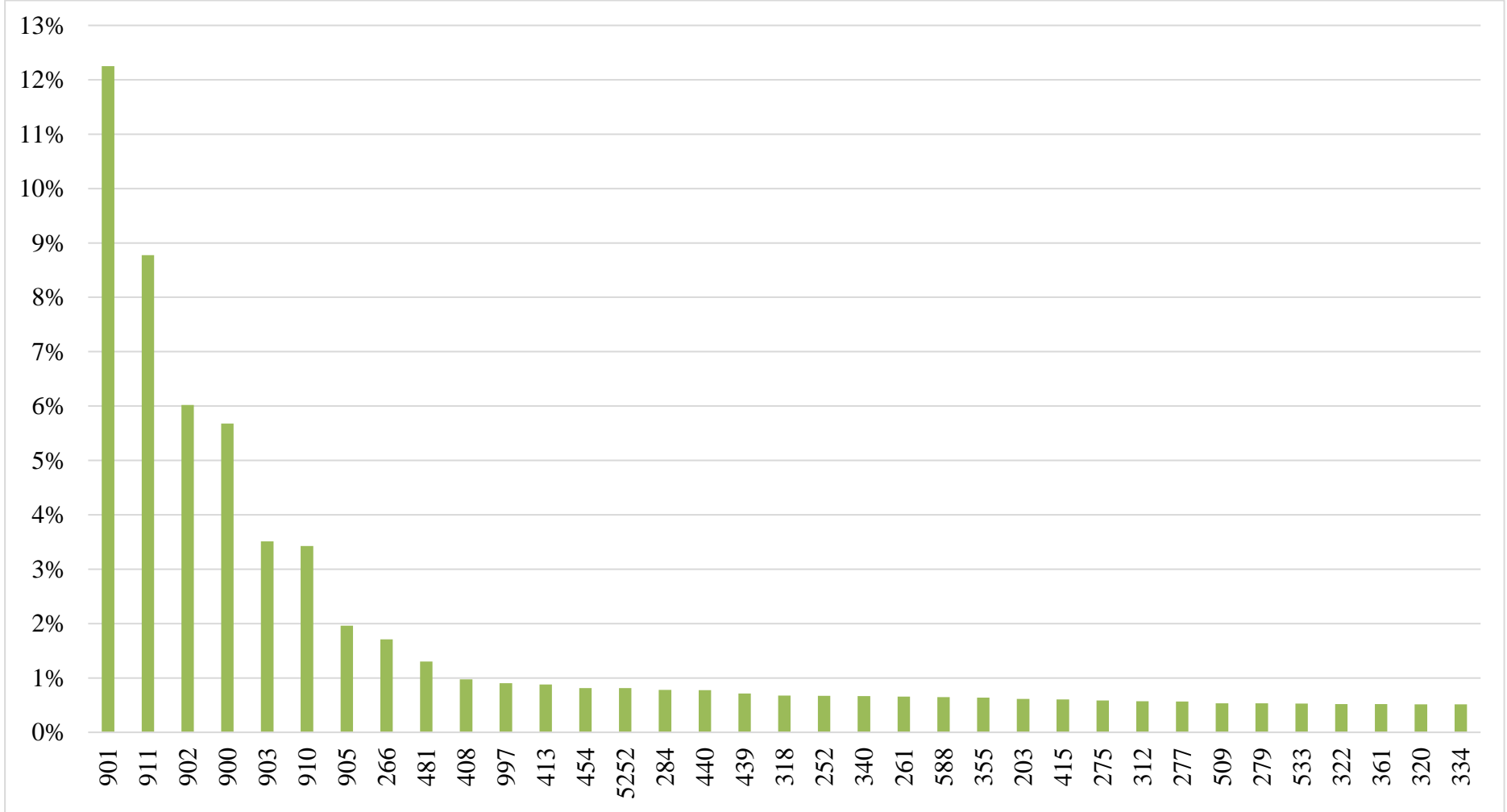


Şekil 6.2 : Tüm seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu.

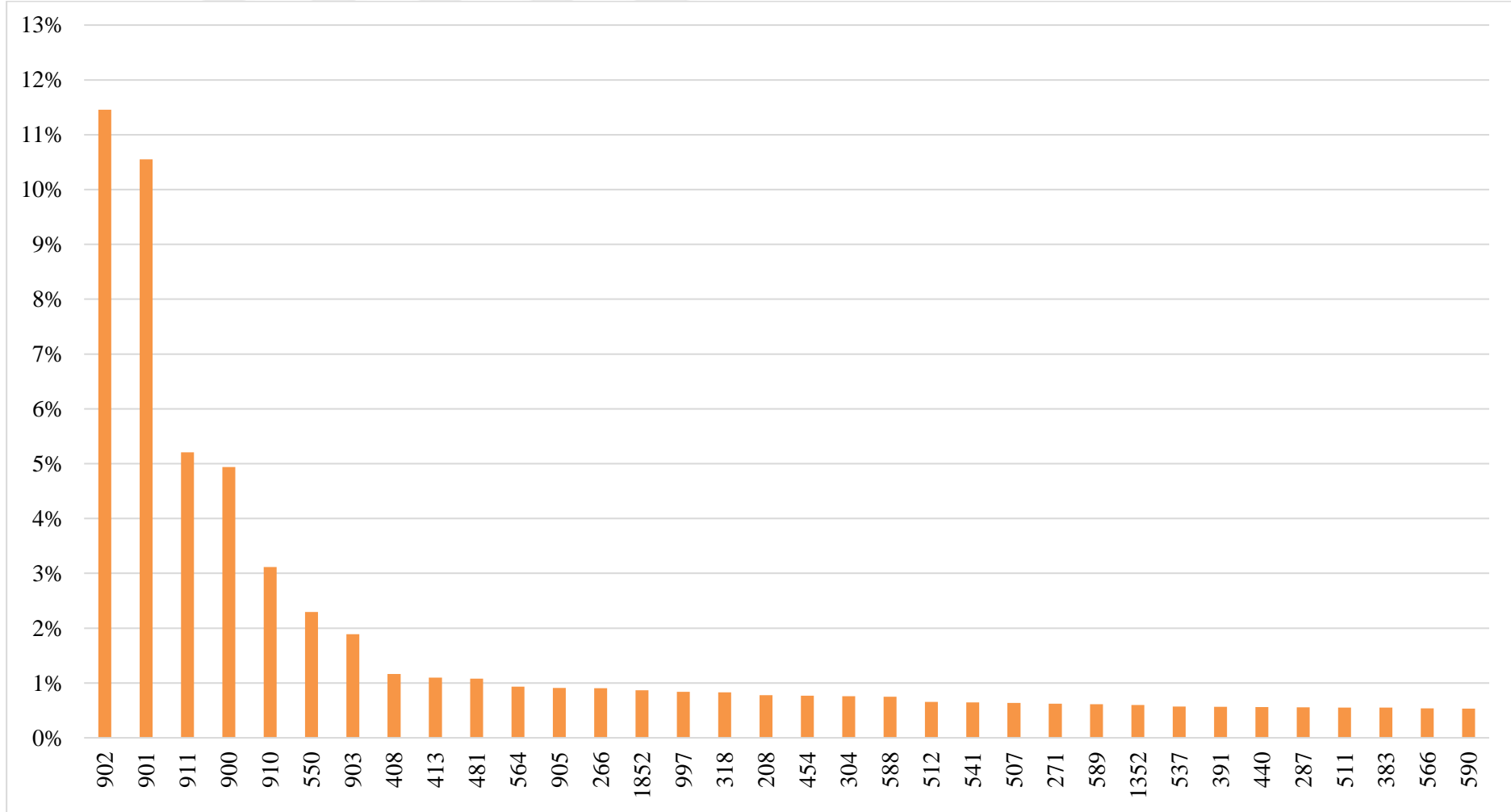




Şekil 6.3 : Hafta içi günlerde yapılan seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu.



Şekil 6.4 : Hafta sonu günlerde yapılan seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu.

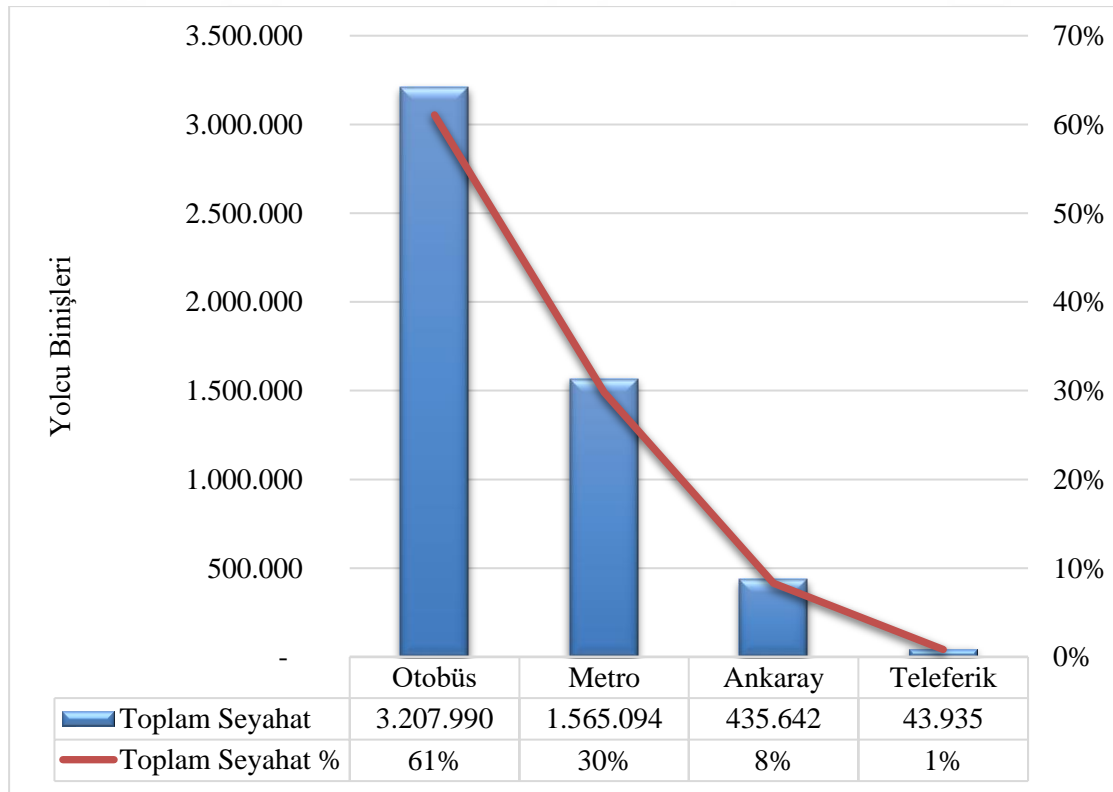


Şekil 6.5 : Aktarmalı seyahatlerde toplu taşıma hatlarının kullanım yoğunluğu.

## 6.1. Aktarma Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi

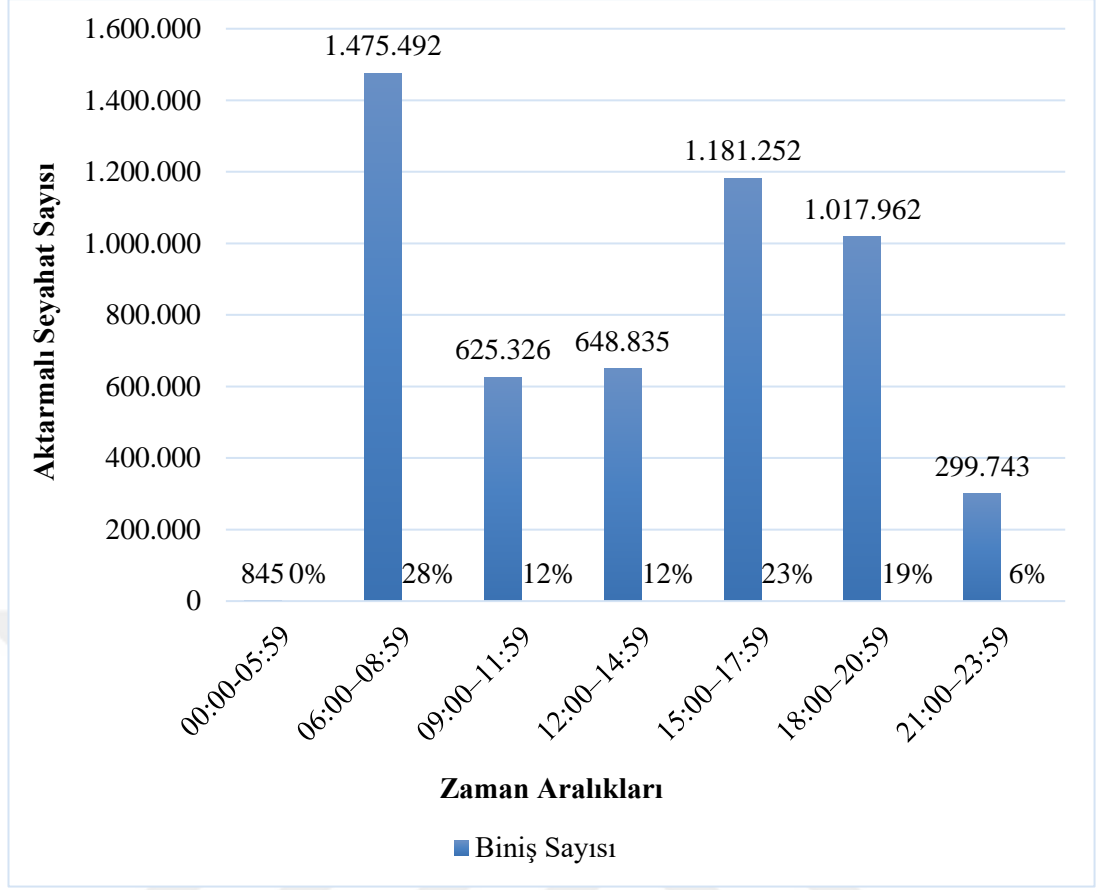
Analiz edilen seyahatlerin 5 milyon 252 bin 661 tanesi aktarma yapılan seyahatler olmuştur. Aktarmalı seyahatler, bir yolcunun 45 dakikalık zaman dilimi içerisinde birden fazla toplu taşıma aracı kullanarak yapmış olduğu seyahatlerdir. Aktarmalı seyahatler incelendiğinde tüm toplu taşıma araç türleri için toplamda 411 adet hat kullanıldığı tespit edilmiştir.

5 milyon 252 bin 661 aktarmalı yolcu seyahatinin 3 milyon 207 bin 990 adeti otobüs kullanımı, geri kalan 2 milyon 44 bin 671 seyahat ise Şekil 6.6'da gösterildiği şekilde raylı sistemlerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.6 : Otobüs ve raylı sistemlerin aktarmalı seyahatlerde kullanım sayısı ve kullanım yüzdesi.

Aktarma yapılan seyahatler farklı zaman aralıkları için analiz edilmiştir. Yolcuların toplu taşıma araçlarını kullanarak aktarmalı seyahatleri gerçekleştirdikleri en yoğun saatler 06:00 – 09:00 aralığında olurken; en az aktarmalı seyahat edilen saat aralığı 00:00 – 06:00 olmuştur.

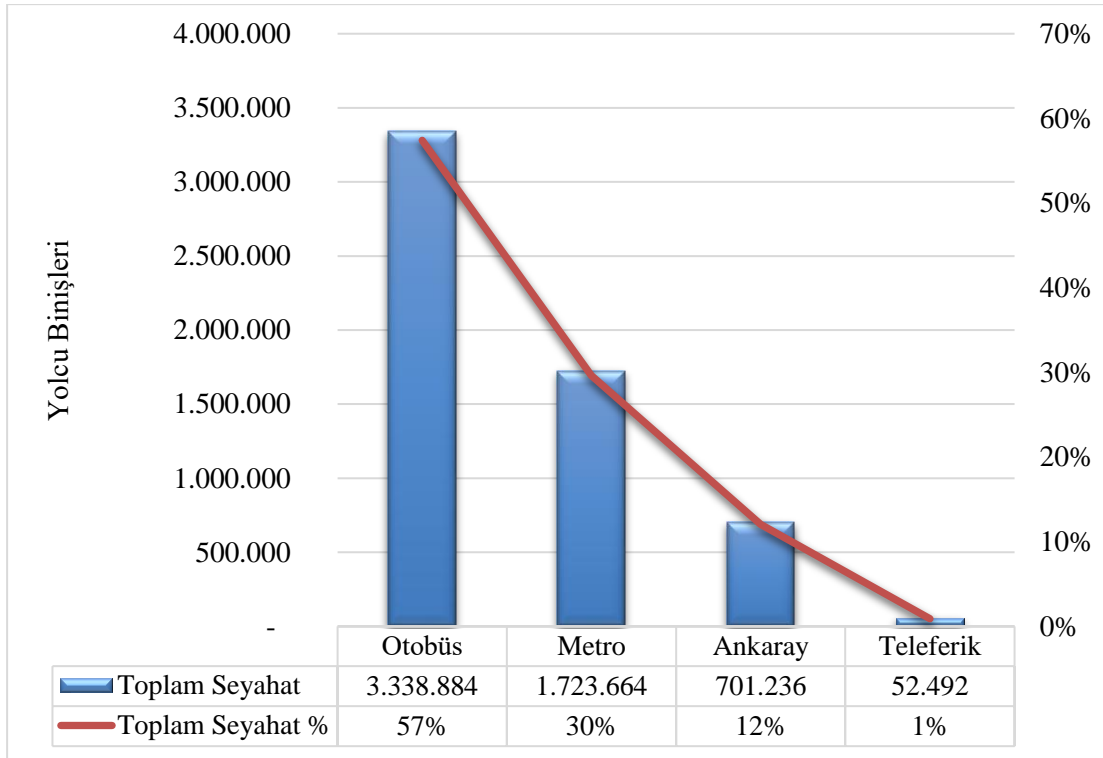


Şekil 6.7 : Aktarmalı seyahatlerde toplu taşıma araç kullanımının farklı zaman aralıkları için incelenmesi.

## 6.2. Hafta Sonu Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi

Hafta sonu yapılan 5 milyon 816 bin 276 yolcu seyahatinin 3 milyon 338 bin 884 adeti otobüs kullanımı, geri kalan 2 milyon 477 bin 392 seyahat ise Şekil 6.8’de gösterildiği şekilde raylı sistemlerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Hafta sonu otobüs ile yapılan seyahatlerde en sık kullanılan hat 99.502 adet yolcu binişi ile “266” numaralı otobüs hattı olmuştur.

Otobüs ve raylı sistemlerin kullanımına ait yoğunluk hafta içi ve hafta sonu olmak üzere zamansal olarak incelenmiştir. Şekil 6.9, hafta sonu otobüs ile yapılan seyahatlerin sayısı ve yüzdesini belirli saat aralıkları için göstermektedir. Yolcuların hafta sonu otobüs kullanarak en yoğun 12:00 – 18:00 saatleri arasında seyahat ettiğini, en az ise 00:00 – 06:00 saatleri arasında seyahat ettiğini söylemek mümkündür.

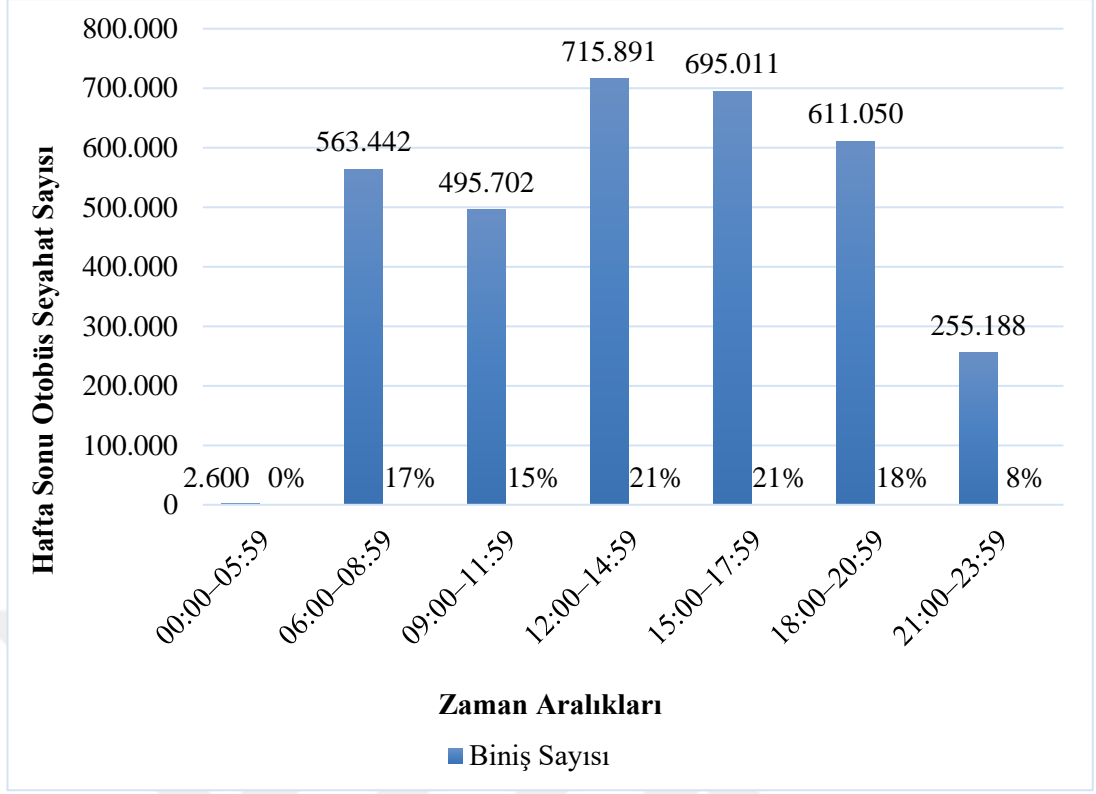


Şekil 6.8 : Otobüs ve raylı sistemlerin hafta sonu kullanım sayısı ve kullanım yüzdesi.

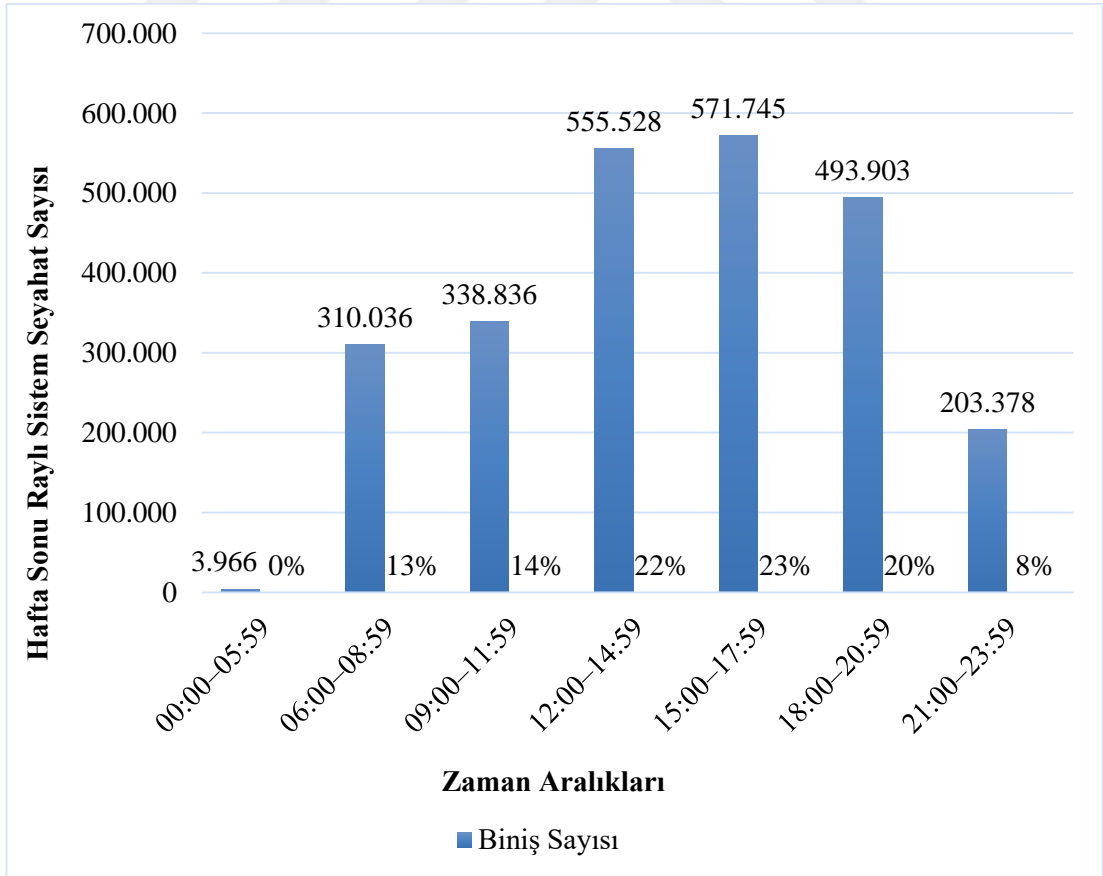
Benzer şekilde, hafta sonu raylı sistemlerin kullanım yoğunluğu zaman bazında incelenmiştir. Hafta sonunda en çok kullanılan raylı sistem hattı 712 bin 568 biniş ile “901” numaralı hat olurken; en az kullanılan hat 4264 biniş ile “912” numaralı hat olmuştur.

Şekil 6.10 hafta sonu metro, ankaray ve teleferik ile yapılan seyahatlerin sayısı ve yüzdesini belirli saat aralıkları için göstermektedir. Yolcuların hafta sonu 15:00 – 18:00 saatleri arasında raylı sistemleri en yoğun kullandığını, en az ise 00:00 – 06:00 saatleri arasında raylı sistemler ile seyahat ettiğini söylemek mümkündür. Hafta sonu yapılan 5 milyon 816 bin 276 seyahatte kullanılan araç türleri de Şekil 6.11’de gösterilmiştir.

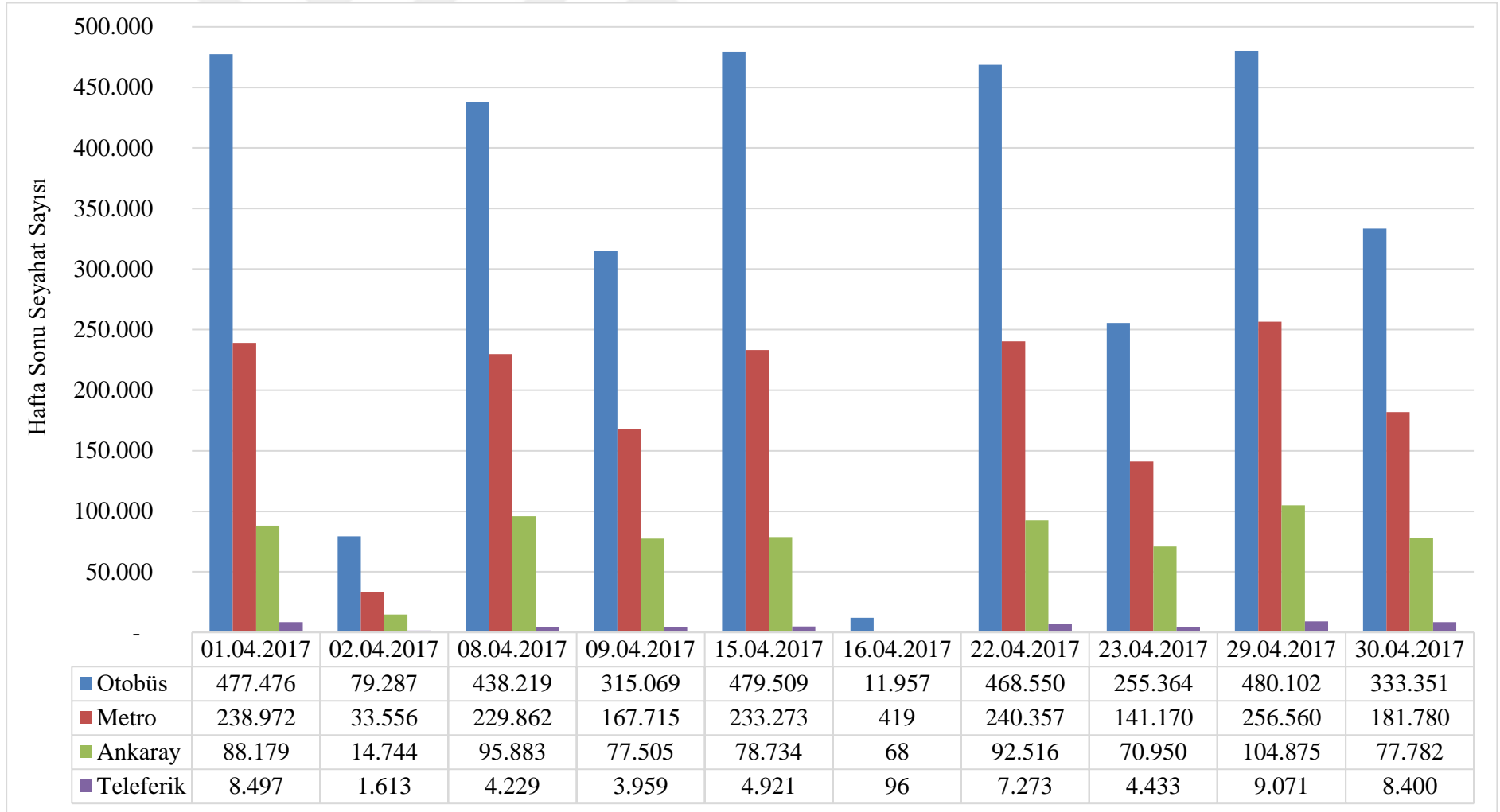
Hafta sonu yapılan seyahatler kullanılan araç türüne göre incelendiğinde, yolcular tarafından en çok tercih edilen toplu taşıma araçlarının sırasıyla otobüs, metro, ankaray ve teleferik olduğu görülmüştür (Şekil 6.11). Cumartesi günü yapılan seyahat sayısının pazar günleri yapılan seyahatlere kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. 16 Nisan 2017 Pazar günü ise tüm toplu taşıma araçlarının diğer günlere kıyasla oldukça az kullanıldığı görülmektedir. 16 Nisan 2017 tarihinde Türkiye’de gerçekleştirilen referandumun bu duruma bir sebep olarak gösterilmesi mümkündür.



Şekil 6.9 : Hafta sonu otobüs kullanımının zaman bazında incelenmesi.



Şekil 6.10 : Hafta sonu raylı sistem kullanımının zaman bazında incelenmesi.



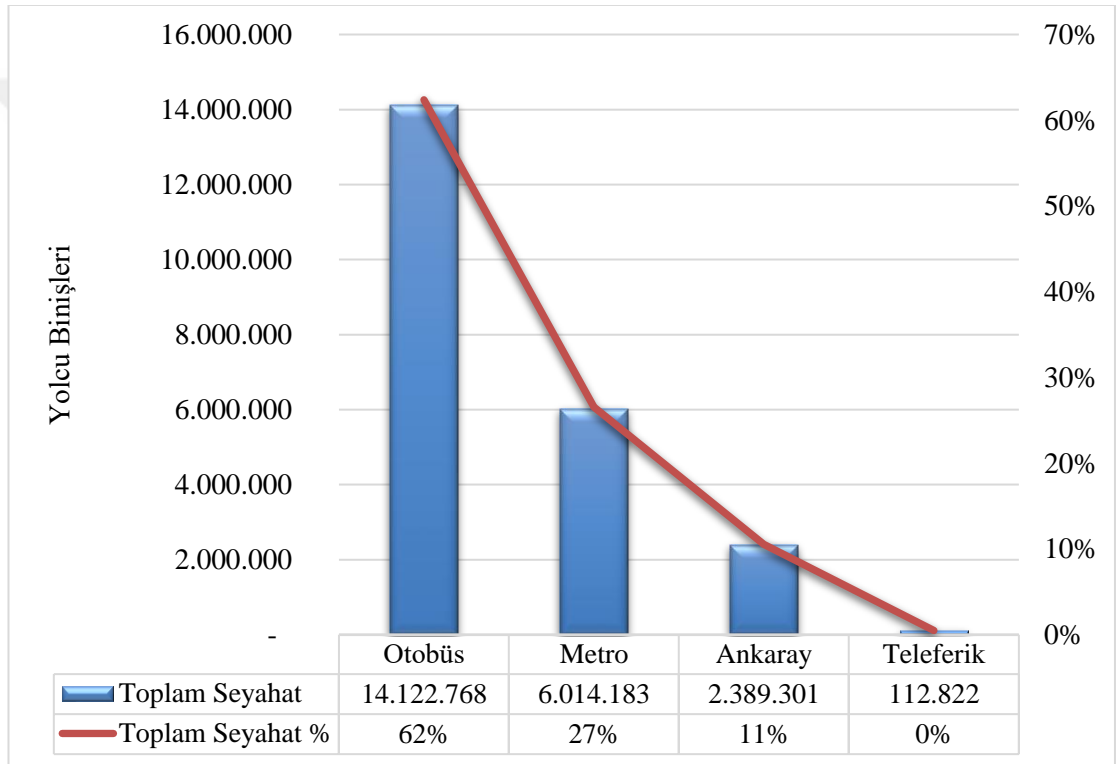
Şekil 6.11 : Hafta sonu yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım yoğunluğu.



### 6.3. Hafta İçi Yapılan Seyahatlerin İncelenmesi

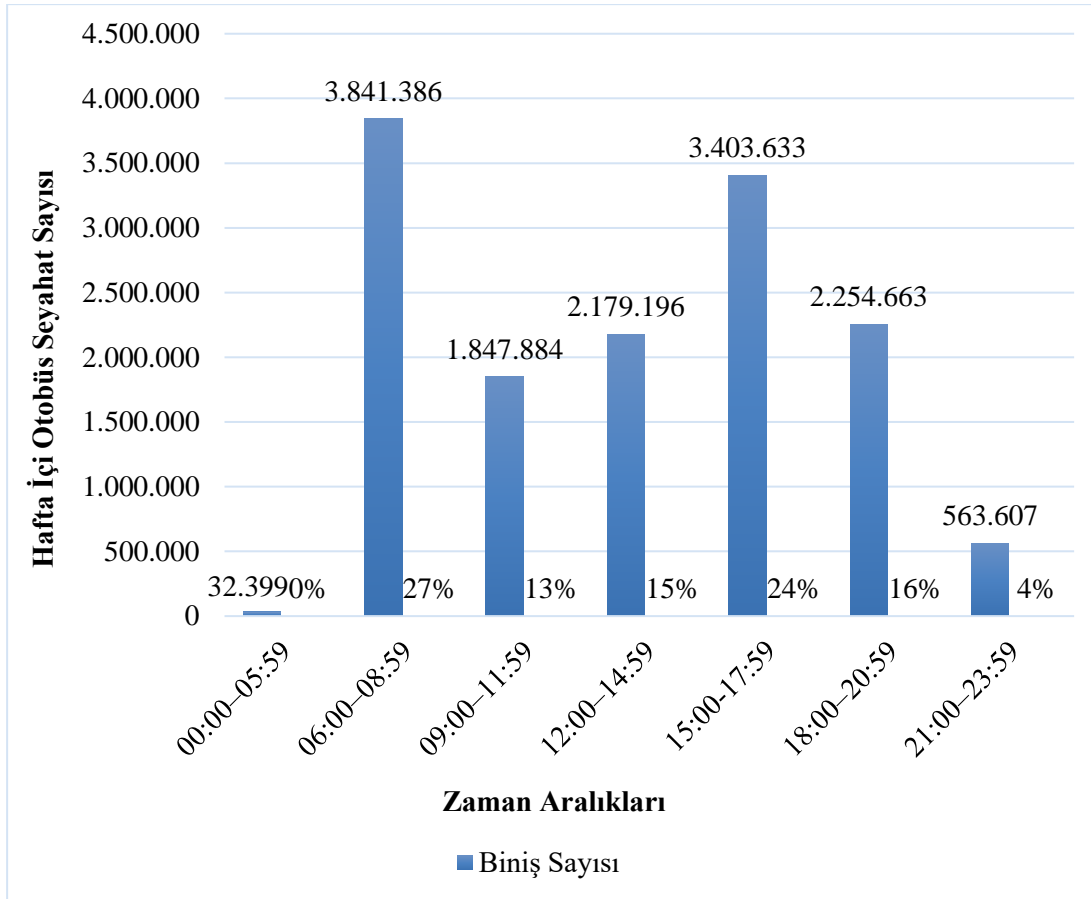
Hafta içi yapılan 22 milyon 639 bin 074 yolcu seyahatinin 14 milyon 122 bin 768 adeti otobüs kullanımı, geri kalan 8 milyon 516 bin 306 seyahat ise Şekil 6.12’de gösterildiği şekilde raylı sistemlerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir.

Hafta içi otobüs ile yapılan seyahatlerde en sık kullanılan hat 298.744 adet yolcu binışı ile “266” numaralı otobüs hattı olmuştur. Hafta içi en çok kullanılan raylı sistem hattı ise 2 milyon 380 bin 485 seyahat ile 901 numaralı hat olmuştur. En az kullanılan hat ise 12187 binışı ile “912” numaralı hat olmuştur.



Şekil 6.12 : Otobüs ve raylı sistemlerin hafta içi kullanım yoğunluğu.

Şekil 6.13 hafta içi otobüs ile yapılan seyahatlerin sayısı ve yüzdesini belirli saat aralıkları için göstermektedir. Yolcuların hafta içi otobüs kullanarak %27 seyahat oranı ile en yoğun 06:00 – 09:00 saatleri arasında ve %24 seyahat oranı ile 15:00 – 18:00 saatleri arasında seyahat etmektedir. Yolcuların en az ise seyahat ettiği zaman aralığı ise 00:00 – 06:00 zaman dilimidir. Benzer şekilde, hafta içi raylı sistemlerin kullanım yoğunluğu zaman bazında incelenmiştir.

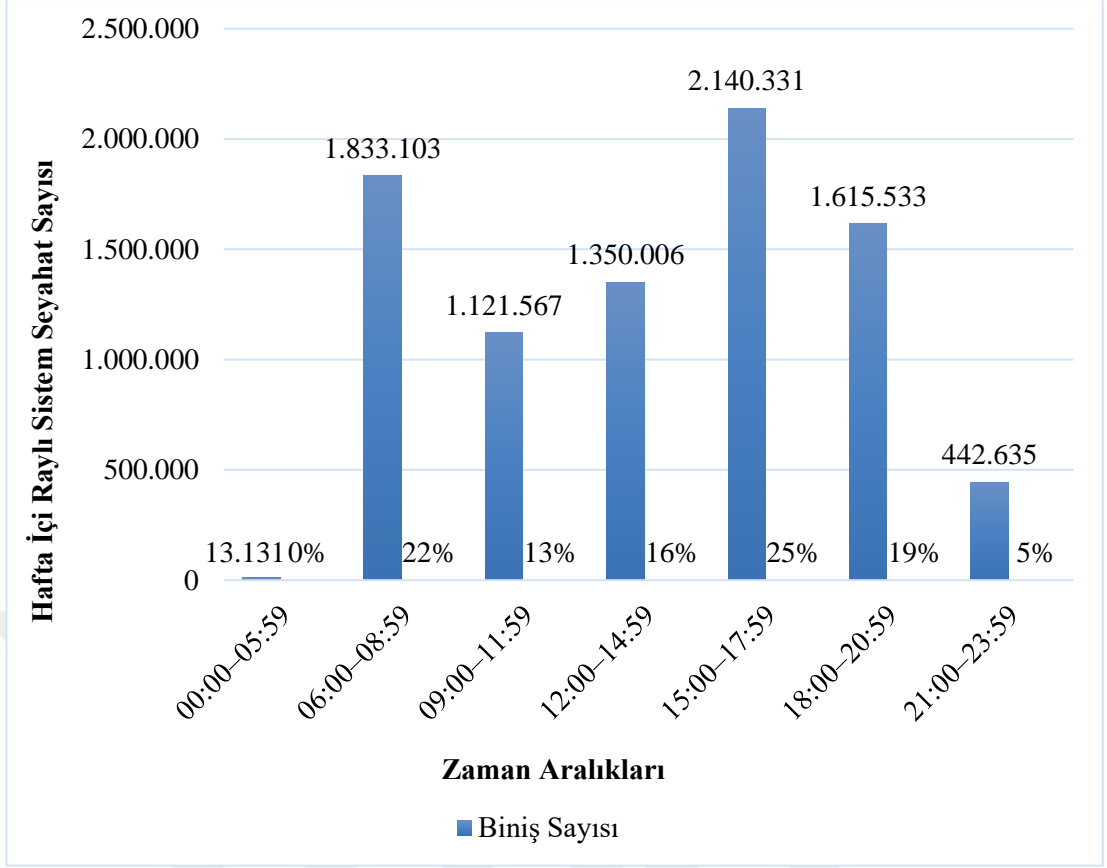


Şekil 6.13 : Hafta içi otobüs kullanımının zaman bazında incelenmesi.

Şekil 6.14 hafta içi metro, ankaray ve teleferik ile yapılan seyahatlerin sayısı ve yüzdesini belirli saat aralıkları için göstermektedir. Yolcular, hafta içi 15:00 – 18:00 saatleri arasında %25 seyahat oranı ile raylı sistemleri en yoğun kullanmaktadır. En az seyahat edilen zaman aralığı ise 00:00 – 06:00 saatleridir.

Hafta içi günlerde yapılan toplam 22 milyon 639 bin 074 seyahatin kullanılan araç türüne göre analizi Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Hafta içi yapılan seyahatler kullanılan araç türüne göre incelendiğinde, yolcular tarafından en çok tercih edilen toplu taşıma araçlarının sırasıyla otobüs, metro, ankaray ve teleferik olduğu görülmüştür.

Otobüs ile yapılan seyahatlerin ortalama 700 bin, metro ile yapılan seyahatlerin ortalama 300 bin ve ankaray ile yapılan seyahatlerin de ortalama 100 bin adet olduğu söylenebilir. 4 Nisan 2017 tarihinde teleferik ile seyahat edilmemiştir. Otobüs ile seyahat edilen en yoğun gün 3 Nisan 2017 iken raylı sistemlerin en yoğun gün 28 Nisan 2017 tarihi olmuştur.



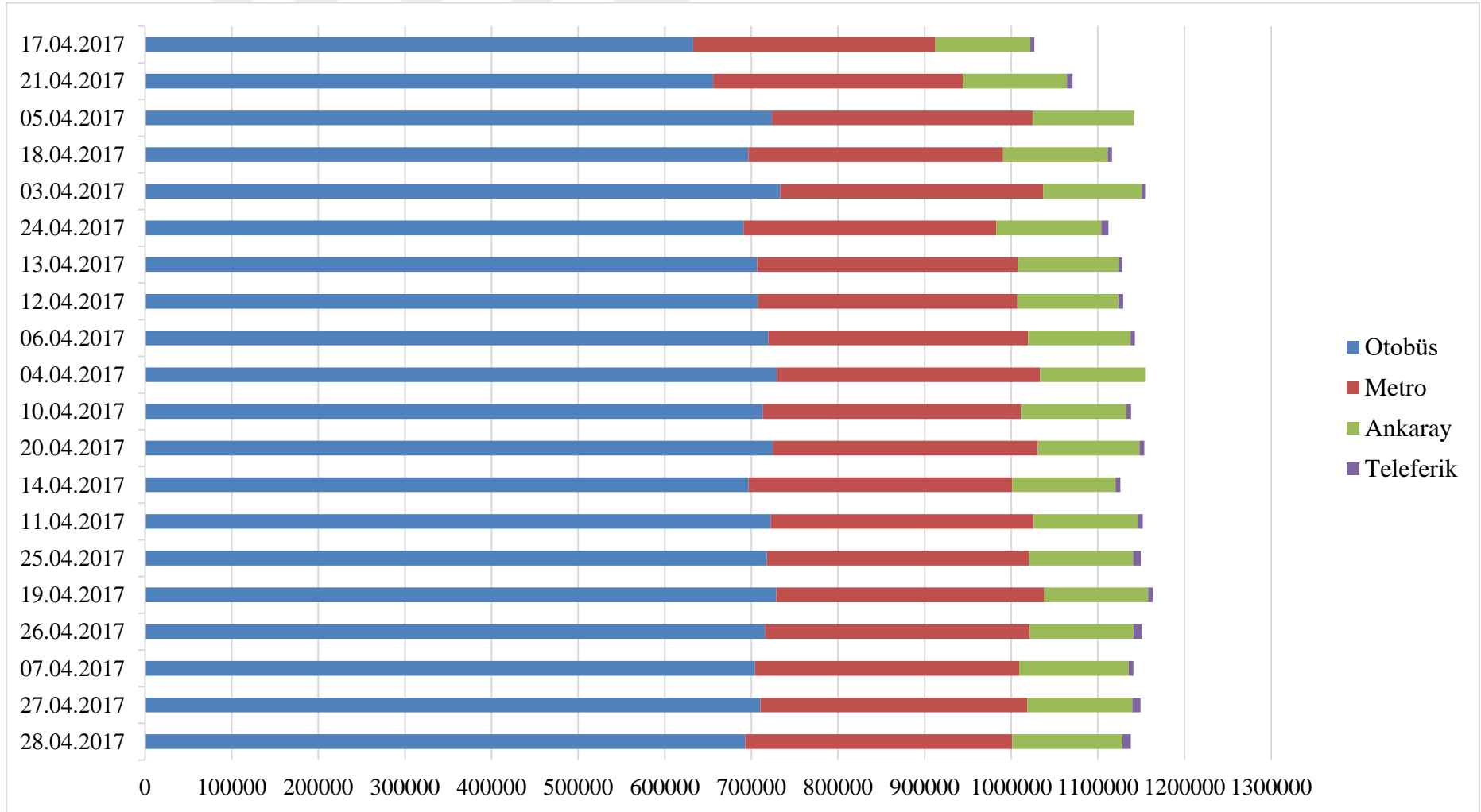
Şekil 6.14 : Hafta içi raylı sistem kullanımının zaman bazında incelenmesi.

#### 6.4. Yolcu İniş Yerlerinin Tahmin Edilmesi

Her bir yolcunun her bir biniş verisine karşılık olarak Bölüm 5’te anlatılan “iniş yeri tahmin etme modeli” ve metodolojisi uygulanmıştır. Tüm biniş verilerine karşılık iniş yerleri tahmin edilirken ardışık yapılan seyahatler için aynı hat üzerinde bulunan birbirine en yakın durakların belirlenebilmesi için duraklar arası mesafeler hesaplanmıştır.

Raylı sistem duraklarına ait koordinatlar akıllı kartlar ile kaydedilemediğinden yalnızca otobüs ile yapılan seyahatlere ait iniş yerleri tahmin edilebilmiştir.

Yolcuların aynı gün, aynı ulaşım modunu kullanarak aynı güzergah (hat) üzerinde yaptıkları seyahatlere ilişkin iniş yeri tahmin edilirken, duraklar arası mesafenin belirlenmesi ile ilgili varsayımda bulunulmuştur. Bu durumda, model çalıştırıldığında 74.761 adet otobüs seyahatine ait yolcu iniş yeri bulunmuştur. Bu seyahatlerin 10.012 adetinin aktarmalı seyahat olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.15 : Hafta içi yapılan seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanım yoğunluğu.

Yolcu seyahat biniş kayıtları incelendiğinde, yolcu varış yeri tahmin etme modelinin uygulanması ile toplamda 1563 adet farklı duraktan gerçekleşen yolcu binişine ait iniş yeri tahmin edilebildiği görülmüştür. İniş yeri tahmin edilen yolcu seyahatlerinde yolcuların en çok seyahatlerine başladığı duraklar 158 adet biniş kaydı ile 10237 ve 10243 numaralı Çayyolu semtinde bulunan duraklar olmuştur. En çok yolcu varış yeri tahmin edilemeyen seyahatler raylı sistemler ile gerçekleştirilen seyahatler olmuştur. Otobüs seyahatlerinde en çok varış yeri tahmin edilemeyen 36349 seyahat biniş kaydı ile 12503 numaralı durak ve 33689 seyahat biniş kaydı ile 12501 numaralı duraklar olmuştur.

Ankara'da Elektronik Ücret Toplama Sisteminin kullanıldığı toplu taşıma araçlarına ek olarak kullanılmakta olan alternatif toplu taşıma seçeneklerinin verisinin olmaması yapılan analizlerin etkinliğini azaltmaktadır. Yolcuların gün içinde alternatif toplu taşıma seçeneklerini de kullanması sebebiyle yolcu iniş yerleri belirli bir oranda tahmin edilebilmiştir.



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektronik Ücret Toplama Sistemlerinin kullanıldığı toplu taşıma sistemlerinde akıllı kartlar aracılığıyla kaydedilen yolcu seyahat verileri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, Ankara’da elektronik ücret toplama sistemlerinin kullanıldığı toplu taşıma araçlarında Nisan 2017 tarihine ait bir aylık yolcu seyahat verileri analiz edilmiştir.

Yolcuların toplu taşıma aracına bindikleri tarih, zaman, seyahat edilen toplu taşıma aracının çeşidi (otobüs, metro, ankaray ve teleferik), seyahatin güzergahı ve biniş durağı bilinmektedir. Yolcuların iniş yerlerini tahmin edebilmek amacıyla, Trepanier v.d (2007)’nin geliştirmiş olduğu matematiksel model kullanılarak Bölüm 5’te bahsedilen metodoloji geliştirilmiştir.

Yolcu iniş yeri tahmin etme modeli ve analizler, 12 GB RAM’i olan Intel® Core™ i7-5500U CPU @2.40Ghz işlemcili bilgisayar ile çalıştırılmıştır. Yolcu iniş yerinin tahmin edilmesi ve analizlerin yapılması için RStudio programı kullanılmıştır.

Ankara toplu taşıma sistemleri ile bir aylık periyotta yapılmış olan 28 milyon 455 bin 350 adet seyahat analiz edilmiştir. Bu seyahatlerin, 1 milyon 915 bin 217 adet akıllı kart (yolcu) tarafından yapıldığı görülmüştür. Seyahatler, hafta içi ve hafta sonu yapılan seyahatler olmak üzere incelenmiştir. Seyahatlerin yaklaşık %80’inin hafta içi günlerde gerçekleştirildiği görülmüştür.

Seyahatlerde kullanılan toplu taşıma araçlarının kullanımını incelenmiştir. Yapılan seyahatlerde otobüs, metro, ankaray ve teleferik kullanımını yaklaşık olarak sırasıyla %61, %27, %11 ve %1’dir.

Seyahatleri yapan yolcular tam, öğrenci ve öğretmen olmak üzere gruplandırılmıştır. Akıllı kart kullanarak toplu taşıma ile seyahat eden yolcuların yaklaşık %66’sı tam (yetişkin), yaklaşık %33’ü öğrenci ve yaklaşık %1’i de öğretmen kartı kullanmaktadır.

Yolcuların tüm seyahatlerde ve aktarmalı seyahatlerde kullandıkları toplu taşıma güzergahlarının kullanım yoğunluğu analiz edilmiştir. Tüm seyahatler hafta içi ve hafta sonu yapılan seyahatler olmak üzere incelendiğinde, en yoğun kullanılan toplu

taşıma hattının 901 numaralı metro hattı olduğu görülmüştür. Aktarmalı seyahatlerde ise en fazla 902 numaralı metro hattı kullanılmıştır.

Aktarma yapılan seyahatlerde, otobüs ve raylı sistem kullanım yoğunluğu incelenmiştir. Aktarmalı seyahatlerin %61'i otobüs ile yapılırken, %39'u raylı sistemler ile yapılmaktadır.

Aktarmalı seyahatler zamansal olarak da analiz edilmiştir. Aktarmalı seyahatlerin yapıldığı en yoğun saatler 06:00 – 09:00 arasındadır. En az aktarma yapılan saatler ise toplu taşıma araçlarının da az hizmet verdiği 00:00 – 06:00 saatleri arası olmuştur.

Hafta içi ve hafta sonu yapılan seyahatlerde otobüs ve raylı sistem kullanım yoğunluğu incelenmiştir. Ayrıca otobüs ve raylı sistem kullanımı zamansal olarak da analiz edilmiştir. Hafta içi seyahatlerde otobüs kullanımı %62 iken, hafta sonu seyahatlerde %57'dir. Raylı sistem kullanımı ise hafta içi %38, hafta sonu ise %43'tür. Yolcular tarafından en çok metro kullanılmaktadır. Metro hatlarının, ankaray ve teleferikten daha fazla ulaşım ağına sahip olması bu durumu açıklamaktadır.

Hafta sonu yapılan seyahatler zamansal olarak incelenmiştir. Hafta sonu 12:00 – 15:00 saatleri arasında otobüs kullanımı en yoğun iken; 15:00 – 18:00 saatleri arasında raylı sistemler yoğun olarak kullanılmaktadır.

Hafta içi yapılan seyahatler zamansal olarak incelendiğinde ise yolcuların otobüs ile en yoğun 06:00 – 09:00 saatleri arasında, raylı sistemler ile en yoğun 15:00 – 18:00 saatleri arasında seyahat ettiği görülmüştür.

Her bir yolcunun her yaptığı seyahate karşılık olarak iniş yeri tahmin edilmiştir. Akıllı kartlar sadece otobüs ile yapılan seyahatlere ait biniş duraklarının koordinatlarını kaydetmiştir. Yolcu iniş yerleri tahmin edilirken; her yolcunun bir sonraki biniş noktasına en yakın durak hesaplanmıştır. Raylı sistemlere ait akıllı kart verilerinde, yolcuların bindikleri duraklara ait koordinat verisi bulunmadığından en yakın iniş yeri hesaplanamamıştır.

Analiz edilen akıllı kart yolcu seyahat verisi ile 74.761 otobüs seyahatine ait yolcu iniş yeri tahmin edilmiştir. Bu seyahatlerin 10.012'sinin aktarmalı seyahat olduğu bulunmuştur.



## KAYNAKLAR

- Agard, B., Morency, C., & Trépanier, M.** (2006). Mining public transport user behaviour from smart card data. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 399-404.
- Alfred Chu, K., & Chapleau, R.** (2008). Enriching archived smart card transaction data for transit demand modeling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2063), 63-72.
- Bagchi, M., & White, P. R.** (2005). The potential of public transport smart card data. *Transport Policy*, 12(5), 464-474.
- Bagchi, M., & White, P.** (2004). What role for smart-card data from bus systems?. *Municipal Engineer*, 157(1), 39-46.
- Barry, J. J., Freimer, R., & Slavin, H.** (2009). Use of entry-only automatic fare collection data to estimate linked transit trips in New York City. *Transportation research record*, 2112(1), 53-61.
- Blythe, P. T.** (2004, March). Improving public transport ticketing through smart cards. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* (Vol. 157, No. 1, pp. 47-54). Thomas Telford Ltd.
- Chu, K. A., Chapleau, R., & Trépanier, M.** (2009). Driver-assisted bus interview: passive transit travel survey with smart card automatic fare collection system and applications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2105), 1-10.
- Delice, Y.** (2012). *Otomatik Ücretlendirme Sistemi Verileri Kullanılarak İstanbul Geneli Toplu Taşıma Başlangıç-Son Matrisi Tahmini İçin Bir Yöntem* (Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- DERİ, A.** (2012). *Akıllı kart verileri kullanılarak toplu ulaşım yolculuk talebinin belirlenmesi ve sefer çizelgeleme optimizasyonu* (Doktora tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Devillaine, F., Munizaga, M., & Trépanier, M.** (2012). Detection of activities of public transport users by analyzing smart card data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2276), 48-55.
- Kusakabe, T., & Asakura, Y.** (2014). Behavioural data mining of transit smart card data: A data fusion approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 46, 179-191.
- Lee, S. G., & Hickman, M.** (2014). Trip purpose inference using automated fare collection data. *Public Transport*, 6(1-2), 1-20.

- Li, D., Lin, Y., Zhao, X., Song, H., & Zou, N.** (2011, April). Estimating a transit passenger trip origin-destination matrix using automatic fare collection system. In *International Conference on Database Systems for Advanced Applications* (pp. 502-513). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ortega-Tong, M. A.** (2013). *Classification of London's public transport users using smart card data* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Park, J., Kim, D. J., & Lim, Y.** (2008). Use of smart card data to define public transit use in Seoul, South Korea. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2063), 3-9.
- Pelletier, M. P., Trépanier, M., & Morency, C.** (2011). Smart card data use in public transit: A literature review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(4), 557-568.
- Sun, L., Lee, D. H., Erath, A., & Huang, X.** (2012, August). Using smart card data to extract passenger's spatio-temporal density and train's trajectory of MRT system. In *Proceedings of the ACM SIGKDD international workshop on urban computing* (pp. 142-148). ACM.
- Trépanier, M., & Morency, C.** (2010, July). Assessing transit loyalty with smart card data. In *12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Portugal*.
- Trepanier, M., Morency, C., & Blanchette, C.** (2009). *Enhancing household travel surveys using smart card data* (No. 09-1229).
- Trépanier, M., Morency, C., & Agard, B.** (2009b). Calculation of transit performance measures using smartcard data. *Journal of Public Transportation*, 12(1), 5.
- Trépanier, M., Tranchant, N., & Chapleau, R.** (2007). Individual trip destination estimation in a transit smart card automated fare collection system. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 11(1), 1-14.
- Trépanier, M., Barj, S., Dufour, C., & Poilpré, R.** (2004). Examen des potentialités d'analyse des données d'un système de paiement par carte à puce en transport urbain. *Congrès de l'Association des transports du Canada*.
- Utsunomiya, M., Attanucci, J., & Wilson, N.** (2006). Potential uses of transit smart card registration and transaction data to improve transit planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1971), 119-126.
- Wang, W., Attanucci, J., & Wilson, N.** (2011). Bus passenger origin-destination estimation and related analyses using automated data collection systems.
- Wang, W.** (2010). *Bus passenger origin-destination estimation and travel behavior using automated data collection systems in London, UK* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Zhao, J., Rahbee, A., & Wilson, N. H.** (2007). Estimating a Rail Passenger Trip Origin-Destination Matrix Using Automatic Data Collection Systems. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22(5), 376-387.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Merve BAKAR  
**Uyruđu** : T.C.  
**Dođum Tarihi ve Yeri** : 03.05.1992 - Ankara  
**E-posta** : mervebakar@gmail.com

### ÖĐRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yükseklisans:** 2018, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

| Yıl         | Yer   | Görev                                    |
|-------------|---|--|
| 2017 -      | TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. | Mühendis                                 |
| 2015 – 2017 | TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi      | Tam Burslu<br>Yüksek Lisans<br>Öğrencisi |

**YABANCI DİL:** İngilizce

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Bakar, M., Kuyzu, G.,** (2018), Data-Driven Spatio-Temporal Analysis of Public Transport Usage in a Metropolitan Area, *29<sup>th</sup> European Conference on Operational Research*, Valencia, 8-11 Temmuz.