

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI KART VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM
ATAMA MODELLERİNDE KULLANIMI

Alper DERİ

Temmuz, 2018
İZMİR

AKILLI KART VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİNDE KULLANIMI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı

Alper DERİ

Temmuz, 2018

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ALPER DERİ, tarafından PROF. DR. SERHAN TANYEL yönetiminde hazırlanan “AKILLI KART VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİNDE KULLANIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Serhan TANYEL

Yönetici



Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZUYSAL

Tez İzleme Komitesi Üyesi



Dr. Öğr. Üyesi H. Evren ERDİN

Tez İzleme Komitesi Üyesi



Prof. Dr. Ali Rıza AKGİNGÖR

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Huseyin CEYLAN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Latif SALUM

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenimim süresince çalışmalarımın her aşamasında emeğini, bilgi birikimini ve ilgisini benden esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Serhan TANYEL'e gösterdiği yakın ilgi, sonsuz yardım ve sabır için teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme toplantılarında değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren Tez İzleme Komitesi üyelerim Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZUYSAL' a ve Sn. Yrd. Doç. Dr. H. Evren ERDİN' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca şehir ve bölge planlama alanında sahip olduğu bilgi birikimini benden esirgemeyen, görüşleriyle bana her zaman yol gösteren Emekli Öğretim Üyesi Dr. Yıldırım ORAL' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 112M117 numaralı "Akıllı Kart Verilerine Dayalı Güvenilirlik Ölçütlerinin Toplu Ulaşım Atama Modellerine Entegrasyonu" başlıklı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projeye verdiği destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda önemli veri kaynaklarına ulaşmamı sağlayan ayrıca doktora eğitimim sırasında manevi olarak beni sürekli destekleyen İzmir Büyükşehir Belediyesi ESHOT Genel Müdürlüğü' ne teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman yardımları ve tavsiyeleri ile bana yardımcı olan değerli arkadaşım İnşaat Yüksek Mühendisi Özlem CEYHAN YİĞİTER' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında şehir planlama nosyonu gerektiren konularda yardım ve tavsiyelerini hiçbir zaman esirgemeyen, elinden gelen her türlü yardım ve fedakarlığı yapan, her zaman yanımda olan ve bana güç veren çok değerli mesai arkadaşım Yüksek Şehir Plancısı Aylin DERE' ye sonsuz moral, tükenmeyen sabrı, desteği ve güveni için teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tez çalışmam sırasındaki sabırlarından, verdikleri emeklerle beni bu günlere getiren ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme en derin şükranlarımı sunarım.



Alper DERİ

AKILLI KART VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİNDE KULLANIMI

ÖZ

Birçok büyük kentimizde toplu ulaşım sistemlerinde kullanılmakta olan akıllı kartlar, özellikle düzenli (aynı kullanıcı tarafından haftanın belirli günlerinde aynı başlangıç-bitiş çifti arasında gerçekleştirilen) yolculukların hangi zaman aralığında, hangi başlangıç-bitiş çifti arasında, hangi ulaşım türleri kullanılarak gerçekleştirildiğini, kullanıcıları bireysel düzeyde takip ederek tahmin etme imkânı sunmaktadır.

Bu bağlamda tez çalışması kapsamında İzmir Kenti Akıllı Kartla Ücret Toplama Sistemi (AKÜTSİS) verilerinin analizlerinin yapılabilmesi amacıyla “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Variş Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” ile “Otobüs Hatlarına ait Güvenilirlik Ölçütü Hesap Modeli” geliştirilmiştir. Ayrıca toplu ulaşım talep modellerinin hedeflediği önemli çıktılardan birisi olan toplu ulaşım Başlangıç-Variş (B-V) matrisinin, AKÜTSİS verilerinden elde edilip ulaşım hane halkı anketi sonuçları ile karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıklar analiz edilmiştir.

Bu amaca uygun olarak AKÜTSİS verilerinden elde edilen yolcu rota seçim davranışları uzun bir periyod boyunca incelenerek, Spiess ve Florian (1989) tarafından geliştirilen strateji tabanlı atama modelinden elde edilen atama sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Sonraki aşamada doğrusal regresyon, üstel model ve lojistik regresyon tabanlı rota seçim model önerileri geliştirilerek AKÜTSİS verilerinden elde edilecek yolcu rota seçim davranışlarının toplu ulaşım atama modellerinden elde edilen sonuçların etkinliği arttırmasını amaçlayan yöntem önerisi geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Toplu ulaşım atama modelleri, akıllı kart verisi, güvenilirlik

THE USE OF SMART CARD DATA IN PUBLIC TRANSPORT ASSIGNMENT MODELS

ABSTRACT

The smart cards that are used in the transit systems in many metropolises, provide an opportunity to predict the travel characteristics like time intervals, Origin-Destination (O-D) pair loads, mode choice, transfers etc. by following the users at the individual level, especially for regular (the trips by the same user, in the certain days of the week, performed between the same pair of origin-destination) travels. Main question whose answer is sought in the study is whether a result which is as reliable as that of the household travel survey (HTS) can be obtained when the public transport O-D matrix is estimated with the smart card data.

In this context, in order to analyze of Izmir Smart Card Fare Collection System Data within the scope of thesis study, "Origin-Destination Matrix and Passenger Route Choice Model with Smart Card Data" and "Reliability Criteria Model for Bus Lines" were developed. In addition, the similarities and differences between public transport O-D matrix that one of the important output aimed at public transportation demand models, obtained from smart card data and transportation household survey results was analyzed.

In accordance with this aim, the passenger route choice behaviors obtained from the smart card data have been examined over a long period of time and assignment results obtained from the Spiess and Florian (1989) strategy-based assignment model were compared with smart card data. Finally, linear regression, exponential and logistic regression based route choice models were developed and a method proposal has been developed aiming increasing the efficiency of the results obtained from public transportation assignment models with uof passenger route choice behaviors to be obtained from smart card data

Anahtar kelimeler: Transit assignment models, smart card data, reliability

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xv
 BÖLÜM BİR – GİRİŞ	 1
1.1 Tezin Amaç ve Hipotezleri.....	2
1.2 Tezin Aşamaları	4
 BÖLÜM İKİ – AKÜTSİS VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM	
PLANLAMASINDA KULLANIMI	7
2.1 AKÜTSİS’ in Tanımı Ve Yapısı	7
2.2 AKÜTSİS Verilerinin Toplu Ulaşım Planlamasında Kullanımına Yönelik	
Çalışmalar.....	9
2.2.1 AKÜTSİS Verileriyle Yolculukların Hedef Noktalarının Bulunmasına	
Yönelik Çalışmalar.....	9
2.2.2 AKÜTSİS Verileriyle Kentiçi Otobüs Sistemlerine ait Güvenilirlik	
Ölçütlerinin Hesaplanması	18
2.2.2.1 Güvenilirliğin Tanımı	21
2.2.2.2 Güvenilirlik Ölçüm Yöntemleri	21
2.2.2.3 Güvenilirlik Ölçütlerini Etkileyen Faktörlerin Analizi.....	25

BÖLÜM ÜÇ – TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİ 29

3.1 Toplu Ulaşım Atama Modelleri	29
3.2 Yolcu Rota Seçim Prensiplerine Göre Literatürdeki Toplu Ulaşım Atama Modelleri Çalışmaları.....	30
3.3 Spiess ve Florian (1989)' ın Geliştirdiği Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli	41

BÖLÜM DÖRT – AKÜTSİS VERİLERİYLE TOPLU ULAŞIM BAŞLANGIÇ- VARİŞ MATRİSİNİN, YOLCULARIN ROTA SEÇİM DAVRANIŞLARININ VE GÜVENİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN ELDE EDİLMESİ: İZMİR KENTİNDE UYGULAMA 50

4.1 İzmir Kentinde AKÜTSİS.....	51
4.2 AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Varış Matrisi ve Yolculuk Rota Seçimi Hesap Modelinin Geliştirilmesi	54
4.2.1 Hesap Modelinin Geliştirilmesi.....	54
4.2.2 Hesap Modeli Sonuçlarının Analizi.....	61
4.3 AKÜTSİS Verileri Kullanılarak Elde Edilmiş Toplu Ulaşım B-V Matrisinin İUAP (2009) kapsamında yapılmış Hane Halkı Anketi Sonuçlarıyla ile Karşılaştırılması	67
4.4 Otobüs Hatlarına ait Güvenilirlik Ölçütü Hesap Modelinin Geliştirilmesi.....	87
4.4.1 Hesap Modelinin Geliştirilmesi.....	87
4.4.2 Hesap Modeli Sonuçlarının Analizi.....	94

BÖLÜM BEŞ – İZMİR KENTİ AKÜTSİS VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİNİN BAŞARIMININ ARTTIRILMASINDA KULLANILMASI..... 109

5.1 Analiz Bölgesinin Belirlenmesi.....	110
5.2 Analiz Bölgesi Yolculuk Talebinin ve Düzenli Yolcuların Rota Seçim Davranışının Belirlenmesi.....	114

5.3 Spiess ve Florian' ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım	
Atama Modeli' nin MatLAB Programlama Diline Uyarlanması	121
5.4 Spiess ve Florian' ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım	
Atama Modeli' nin Analiz Bölgesinde Uygulanması	126
5.5 Spiess ve Florian' ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım	
Atama Modeli' nin Başarımının Arttırılmasına Yönelik Önerilerin	
Geliştirilmesi	130
5.5.1 Üstel Model Yaklaşım	137
5.5.2 Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli Yaklaşımı.....	142
5.5.3 Lojistik Regresyon Modeli Yaklaşımı.....	146
5.5.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması	151
5.6 Geliştirilmiş Toplu Ulaşım Atama Modeli' nin Getirdiği Yeniliklere Yönelik	
Değerlendirme	157
BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR VE ÖNERİLER	159
KAYNAKLAR	164

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Tez çalışmasının yöntemine ait şema	4
Şekil 2.1 Trepanier, Tranchant ve Chapleau (2007) yapmış oldukları çalışmada akıllı kart sisteminden elde edilen biniş bilgilerini kullanarak yolcuların iniş yaptıkları noktaları tahmin eden model	11
Şekil 2.2 12 No' lu hat için elde edilen yük profili	14
Şekil 2.3 Munizaga ve Palma(2012) yapmış oldukları çalışmada Santiago kenti akıllı kart sisteminden elde edilen biniş bilgilerini kullanarak yolcuların iniş yaptıkları noktaları tahmin eden model.....	16
Şekil 2.4 Performans ölçümleri.....	19
Şekil 2.5 TCRP Rapor 100'e göre performans ölçüm yöntemleri	20
Şekil 2.6 Seul Kentindeki hatlara ait düzensizlik indeksleri.....	25
Şekil 2.7 Hatlara ait düzensizlik indekslerinin değişimi indeksleri	26
Şekil 2.8 Chen, Yu, Zhang ve Guo (2009)' un elde ettiği bulgular	27
Şekil 3.1 Örnek toplu ulaşım ağı.....	43
Şekil 3.2 Toplu ulaşım ağındaki kesimler.....	45
Şekil 3.3 Örnek toplu ulaşım ağındaki kesimler (Sadeleştirilmiş).....	46
Şekil 4.1 Akıllı Kart Sistemi veri grubu	51
Şekil 4.2 Durak yoğunluk raporu örneği.....	53
Şekil 4.3 Birinci aşamaya ait akış diyagramı	55
Şekil 4.4 İkinci aşamaya ait akış diyagramı.....	56
Şekil 4.5 Üçüncü aşamaya ait akış diyagramı (1/2).....	58
Şekil 4.6 Üçüncü aşamaya ait akış diyagramı (2/2).....	59
Şekil 4.7 Yolculukların hedef noktalarına ait akış şeması	60
Şekil 4.8 Hesap modeli analiz sonuçları özeti	61
Şekil 4.9 Kartlara ait biniş sayıları	63
Şekil 4.10 Hesap modeli analiz sonuçları özeti (Sabah zirve saati dilimi için)	63
Şekil 4.11 Yolcu taleplerinin kent içindeki genel dağılımı.....	65
Şekil 4.12 Yolcu taleplerinin kent merkezindeki dağılımı.....	66
Şekil 4.13 İzmir Merkez Kent – Ulaşım Analiz Bölgeleri.....	68

Şekil 4.14 Durak/İstasyon/İskele noktalarının analiz bölgelerindeki yerleri	69
Şekil 4.15 B-V matrisleri arasındaki fark değerlerinin dağılımı.....	85
Şekil 4.16 Analiz bölgelerinde çıkan yolculukların dağılım yüzdelilerinin Akıllı kart ve hane halkı anketi sonuçları arasındaki en yüksek fark değerleri ile hane halkı anketinde ilgili analiz bölgesinden çıkan yolculuk değeri arasındaki ilişki	85
Şekil 4.17 İki başlangıç-varış Matrisi arasındaki farklılıklar.....	86
Şekil 4.18 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli kurgusu.....	87
Şekil 4.19 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli birinci aşamaya ait akış şeması	88
Şekil 4.20 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli ikinci aşamaya ait akış şeması.....	89
Şekil 4.21 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli üçüncü aşamaya ait akış şeması	91
Şekil 4.22 Duraklara göre sefer aralığı güvenilirlik (RH) değerleri (a) 6 no.lu hat, (b) 8 no.lu hat, (c)969 no.lu hat.....	98
Şekil 4.23 Rotaların sefer aralığı değerleri (a) Uludağ Durağı, (b) İş Bankası Evleri Durağı, (c) İzsu Durağı.....	107
Şekil 5.1 Analiz bölgesinin konumu	111
Şekil 5.2 Analiz bölgesi ve otobüs hatlarına ait güzergahlar	113
Şekil 5.3 Yolculuk sayılarının dağılımı	116
Şekil 5.4 Oluşturulan durak gruplarının şematik gösterimi [Google Earth Görüntüsü] [1/2]	118
Şekil 5.5 Oluşturulan durak gruplarının şematik gösterimi [Google Earth Görüntüsü] [2/2]	118
Şekil 5.6 Yazılımda kullanılan örnek toplu ulaşım ağı	121
Şekil 5.7 Algoritmaya ait akış şeması (1/2)	122
Şekil 5.8 Algoritmaya ait akış şeması (2/2)	123
Şekil 5.9 Optimum strateji kümesindeki linkler	124
Şekil 5.10 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması	127
Şekil 5.11 Atama modelleri ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı.....	130
Şekil 5.12 B-V çiftlerindeki bekleme süreleri ile aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması	134
Şekil 5.13 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması	141
Şekil 5.14 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı.....	141

Şekil 5.15 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması	145
Şekil 5.16 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı	145
Şekil 5.17 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması	150
Şekil 5.18 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı	151
Şekil 5.19 Model sonuçlarının karşılaştırılması	153
Şekil 5.20 Birleştirilmiş model sonuçlarının karşılaştırılması	155
Şekil 5.21 Birleştirilmiş model sonuçlarının karşılaştırılması	156



TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 İniş tahmini başarımlar yüzdesi	17
Tablo 2.2 Haziran 2010 tarihi için elde edilen OD matrisi	18
Tablo 2.3 Sefer aralıklarındaki değişime göre hizmet seviyeleri.....	22
Tablo 2.4 Literatürdeki sefer aralığı bazlı güvenilirlik ölçütleri (1/2).....	23
Tablo 2.5 Literatürdeki sefer aralığı bazlı güvenilirlik ölçütleri (2/2).....	24
Tablo 3.1 En Kısa Yol Yöntemi” ile Spiess ve Florian(1989) geliştirmiş olduğu “Optimum Strateji Yöntemi” arasındaki farklar.....	42
Tablo 3.2 Örnek toplu ulaşım ağındaki rasyonel hat kümesi	44
Tablo 4.1 Akıllı Kart Sistemi veri grubunda yer alan bilgiler	52
Tablo 4.2 Durak yoğunluk raporunda yer alan bilgiler.....	53
Tablo 4.3 Kişilere ait yolculuk rota bilgileri ve varış noktaları	62
Tablo 4.4 En yoğun yolcu talebinin olduğu durak/istasyon/iskele noktaları (İlk 30 adet).....	64
Tablo 4.5 Çeşitli B-V çiftleri yolculuk rota seçimleri.....	67
Tablo 4.6 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (1/3).....	70
Tablo 4.7 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (2/3).....	71
Tablo 4.8 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (3/3).....	72
Tablo 4.9 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (1/3)	73
Tablo 4.10 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (2/3)	74
Tablo 4.11 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (3/3)	75
Tablo 4.12 Hane halkı anketi verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen başlangıç varış matrisi (1/3)	76

Tablo 4.13 Hane halkı anketi verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen başlangıç varış matrisi (2/3)	77
Tablo 4.14 Hane halkı anketi verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen başlangıç varış matrisi (3/3)	78
Tablo 4.15 Hane halkı anketi verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (1/3).....	79
Tablo 4.16 Hane halkı anketi verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (2/3).....	80
Tablo 4.17 Hane halkı anketi verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (3/3).....	81
Tablo 4.18 Talebin analiz bölgelerine dağılımının karşılaştırılması.....	82
Tablo 4.19 11 Numaralı analiz bölgesinden çıkan talebin analiz bölgelerine dağılımının karşılaştırılması	84
Tablo 4.20 Sefer Bilgi Tablosunda yer alan veriler	90
Tablo 4.21 Güvenilirlik Ölçütü Hesap Tablosu' nda yer alan veriler (1/2).....	92
Tablo 4.22 Güvenilirlik Ölçütü Hesap Tablosu' nda yer alan veriler (2/2).....	93
Tablo 4.23 Seferlere ait zaman matrisi	95
Tablo 4.24 6. No.lu Arıkent-Fahrettin Altay hattı sabah zirve saati sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler	96
Tablo 4.25 6. No.lu Arıkent-Fahrettin Altay hattı sabah zirve saati sefer aralığı değerlerine ait güvenilirlik ölçütleri	97
Tablo 4.26 13.11.2012 tarihi sabah zirve saati hat bazlı sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler (1/2).....	99
Tablo 4.27 13.11.2012 tarihi sabah zirve saati hat bazlı sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler (2/2)	100
Tablo 4.28 RH bağlı değişkenine ait doğrusal regresyon modeli sonuçları	103
Tablo 4.29 RH bağlı değişkeninin yer aldığı modelde bağımsız değişkenlere ait katsayılar	103
Tablo 4.30 Örnek B-V çiftlerine ait güvenilirlik hesap sonuçları [1/2].....	105
Tablo 4.31 Örnek B-V çiftlerine ait güvenilirlik hesap sonuçları [2/2].....	106
Tablo 5.1 Analiz bölgesi içinde başlayan hat listesi	112
Tablo 5.2 25 günlük veri setine ait özet bilgiler	115

Tablo 5.3 Düzenli yolculuk yapan kişilere ait yolculuk talepleri(İlk 50 adet).....	116
Tablo 5.4 Durak grupları rota seçimleri	120
Tablo 5.5 Düşümlerin beklenen seyahat sürelerini gösteren UMatrisi.....	125
Tablo 5.6 Düşümlerin sıklık değerlerini gösteren FMatrisi	125
Tablo 5.7 Örnek toplu ulaşım ağındaki atama değerlerini gösteren VMatrisi.....	125
Tablo 5.8 Örnek toplu ulaşım ağındaki atama değerlerine göre link hacimleri ve doluluk oranları tablosu.....	126
Tablo 5.9 Akıllı Kart verilerinden elde edilen aktarmasız rota seçim değerleri ile kontrol atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçim değerleri	128
Tablo 5.10 B-V çiftleri arasında seçim yapılan rotalara ait bilgiler.....	129
Tablo 5.11 Aktarmalı ve aktarmasız rotalara ait özellikler.....	132
Tablo 5.12 Aktarmalı ve aktarmasız örnek rotalara ait özellikler.....	133
Tablo 5.13 İlk bekleme süreleri ile aktarmasız rota seçim oranının karşılaştırılması....	135
Tablo 5.14 Üstel Model içerisinde kullanılan fayda değerleri.....	137
Tablo 5.15 Modellere ait aktarmasız rota seçim oranları.....	139
Tablo 5.16 Üstel Modeller ile akıllı kartla ücret toplama sistemi verileri farkları ..	140
Tablo 5.17 Doğrusal regresyon modeli sonuçları	143
Tablo 5.18 Doğrusal regresyon modeline ait katsayılar.....	144
Tablo 5.19 Programın ilk adım sonucu	149
Tablo 5.20 Programın ilk adım sonucu	149
Tablo 5.21 Sonuç modelinde yer alan değişkenler	152
Tablo 5.21 Model sonuçları	154

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Akıllı toplu ulaşım sistemleri (ATUS), gelişmiş elektronik ve iletişim sistemlerinin kullanılmasıyla ulaşımda performansın ve güvenliğin artırılmasını ve ulaşım yönetiminin kolaylaşmasını sağlayan sistemlere verilen genel addır. Bu sistemler kullanılarak daha az maliyetle daha efektif çözümler üretilebilmektedir. Fakat bu sistemlerin başarılı olabilmesi için kurumların bu sistemleri sürekli kullanması ve teknolojik gelişimlerini takip etmesi gerekmektedir (Hallenbeck ve Briglia, bt).

ATUS, elektronik sensörleri, görüntüleme sistemlerini, yüksek performanslı bilgisayar/yazılım sistemlerini ve görüntü/veri işleme sistemlerini içermektedir. Çeşitli yazılımlar yardımıyla ya da görevli personelin komutlarıyla toplanan veriler değerlendirilip sistem üzerinde değişiklikler yapılmakta, böylece ulaşım sistemlerinin performansı artırılmaktadır (Hallenbeck, ve Briglia, bt).

Oral (2012), Akıllı Ulaşım Sistemlerini (AUS) karayolu yol ağlarındaki tanımlanmış tüm yol kesimlerinin belirlenmiş kapasitelerinin en etkin (kabul edilebilir) ve verimli (süreklilik içinde) olarak kullanılabilmesini sağlamak amacıyla, gelişmekte olan bilişim teknolojilerinin (bilgi/veri edinme ve bilgisayar kullanma) kullanılmasıyla, ulaşım/trafik ortam ve sistemlerinin hızlı – anında – kimi zaman da kendiliğinden planlanması/yönetilmesiyle (uygulama ve denetim) ilgili çalışmalar olarak tanımlamaktadır.

Bilindiği gibi akıllı ulaşım sistemlerinin içinde yer alan AKÜTSİS, hem işletmeci hem de kullanıcılar tarafından büyük avantajlar sağladığından her geçen gün kullanımı yaygınlaşmaktadır (Trepanier, Tranchant ve Chapleau, 2007). AKÜTSİS, yolcuların otobüslere binişlerini hızlandırdığından duraklardaki gecikmeler de azalmaktadır. İşletmecilerin bu sistemleri kullanmaktaki ana amacı işletme gelirlerini kayıt altına almak olsa da AKÜTSİS bilgileri yolcu binişleriyle ilgili çok sayıda ve ayrıntılı veri sağlamaktadır.

1.1 Tezin Amaç ve Hipotezleri

Toplu ulaşım B-V matrisi ancak klasik dört aşamalı talep modelinin ilk üç aşaması tamamlandıktan sonra elde edilebilmekte, bunun için de öncelikle hane halkı ulaşım anketleri yapılmaktadır.

Hane halkı ulaşım anketlerinde kişilere günlük düzenli olarak yaptıkları yolculuklara ilişkin yolculuk amacı (eğitim, iş amaçlı v.b) yolculukta kullanılan türler (özel araç, toplu ulaşım), aktarma yapılıp yapılmadığı, yolculuk süresi vb. sorular yöneltilmekte olup bunların yanı sıra hanede yaşayan kişilere ait gelir durumu, özel araç sahipliği, başka bir evlerinin olup olmadığı gibi sorular da yer almaktadır. Bu nedenle hane halkı ulaşım anketleri çok büyük maliyet/emek gerektirmekte, örneklem oranı %4'ü geçememekte ve kısa zaman periyotlarında güncellenmesi de mümkün olamamaktadır. Oysa AKÜTSİS verileri her gün sistem tarafından otomatik olarak toplanmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Bu veriler istenildiği zaman periyodik olarak kısa sürede ve her hangi bir ek maliyet gerekmeden analiz edilebilmektedir.

Tez çalışması kapsamında İzmir Kenti AKÜTSİS veri grubunun analizi ile elde edilen durak bazlı B-V matrisi ile 2009 yılı İzmir Ulaşım Ana Planı kapsamında yapılan gerçekleştirilen hane halkı anketine göre kentteki toplu ulaşımı kullanan kişilere ait elde edilen B-V matrisi karşılaştırılarak ortaya çıkan benzerlik ve farklılıkların değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Her iki toplu ulaşım kullanıcılarına ait B-V matrisi arasında anlamlı bir benzerlik bulunması halinde toplu ulaşım işletmecileri bölgeler arasındaki toplu ulaşım taleplerinin dağılımının belirlenmesinde ve buna bağlı olarak yapılacak kısa ve orta vadeli güzergah düzenlemelerinin atama modellerine yansıtılarak sonuçların karşılaştırılmasında AKÜTSİS verisinden elde edilen B-V matrisi, kullanılabilecektir.

Ayrıca her iki toplu ulaşım kullanıcılarına ait B-V matrisi arasında önemli farklılıklar oluşan bölgelerin özelliklerinin değerlendirilerek hane halkı anketleri kapsamında analiz bölgelerindeki örneklem sayılarına ilişkin önerilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Trafik atama modellerinde özel araç sürücüleri, olası rota seçenekleri içinden tek bir rota seçmektedirler. Ancak toplu ulaşım atama modellerinde aynı kesimde ya da aynı B-V çiftleri arasında hizmet veren birden çok toplu ulaşım hattının bulunmasından dolayı toplu ulaşım yolcuları ise bir “rota kümesi” seçebilirler ve bu rota kümesi içinde yer alan hatların tamamını kullanabilirler. Bu bağlamda toplu ulaşım atamalarında, “rota kümesi” içerisinde yer alan tüm hatlara ait sıklık değerleri birleştirilip tek bir teorik sıklık değeri olarak (“birleştirilmiş sıklık”) modele yansıtılmaktadır.

Ancak her kentte toplu ulaşım sisteminin yapısından bağımsız olarak toplu ulaşım sistemini kullanan yolcuların genel davranış özellikleri bulunmaktadır. Özellikle raylı sistemlerin yaygınlaşması ile entegre toplu ulaşım sistemleri geliştirilmekte lastik tekerlekli toplu ulaşım hatları besleme hatlar olarak yeniden düzenlenmektedir. Ancak yolcuların özellikle bir hattan diğer hatta geçişte karşılaştıkları “aktarma” hareketine karşı direnç gösterebilmekte ne kadar düşük sıklığa sahip olsalar da kendilerine doğrudan ulaşım sağlayacak seçenekleri tercih edebilmektedir.

Her kente özgü bu davranışlar özellikle deterministik fayda fonksiyonlarının kullanıldığı toplu ulaşım atama modellerinde net olarak açıklanamamaktadır. AKÜTSİS verileri kullanılarak aynı başlangıç-bitiş çifti arasında düzenli yolculuk yapan toplu ulaşım kullanıcılarının hareketliliğini uzun bir dönemde gözlemlenerek elde edilecek yolcu rota seçim davranışları, toplu ulaşım atama modeline yansıtılarak, atama modellerinden elde edilen sonuçların etkinliği artırılabilceği öngörülmektedir.

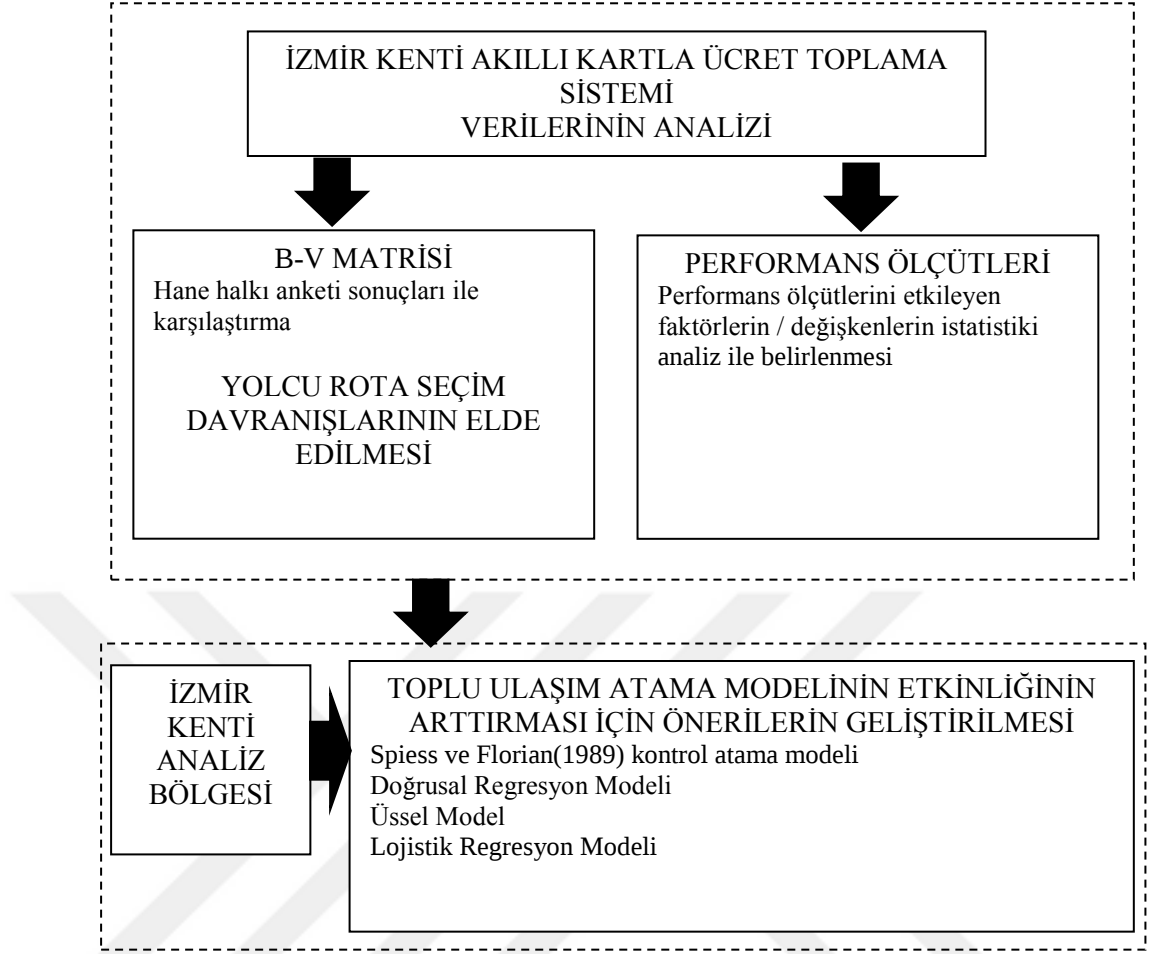
Tez çalışmasında ayrıca AKÜTSİS verileriyle literatürdeki mevcut toplu ulaşım performans ölçütlerinin analizini yapılarak performans ölçütlerini etkileyen parametreleri belirlenecektir. Özellikle diğer trafikle birlikte işletilen lastik tekerlekli sistemlerde performans karakteristiklerinin yolcu rota seçim davranışları üzerinde etkili olup olmadığı halen soru işaretidir. Tez çalışması kapsamında yolcuların rota seçim davranışları ile otobüs hatlarının güvenilirlik değerler arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılacaktır.

1.2 Tezin Aşamaları

Çalışma Şekil 1.1’ de görüldüğü üzere tez çalışması esas olarak aşağıda verilen ana başlıklardan oluşmaktadır:

- Literatür taramasının yapılması,
- İzmir AKÜTSİS verilerinin analiz edilmesi,
- Analiz bölgesi için Spiess ve Florian(1989)’ un geliştirdiği strateji tabanlı toplu ulaşım atama modeli kurgusunun oluşturulması ve kontrol atama modeli sonuçlarının elde edilmesi,
- İzmir Kenti AKÜTSİS’ den elde edilen parametreler ile atama modeli başarımının artırılmasına yönelik önerilerin geliştirilmesi.

Literatür taraması aşaması; toplu ulaşım planlamasına yönelik AKÜTSİS verileri ile yapılan çalışmaların özetlenmesi, tezin amacı, kapsamı ve temin edilebilir veri koşullarına uygun olacağı düşünülen yaklaşımlar elde edilmeye çalışılması ve toplu ulaşım atama modellerinin değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmaların incelenmesi olmak üzere iki ana gruptan oluşmaktadır. AKÜTSİS verilerinin analiz edilmesi aşamasında, İzmir Büyük Şehir Belediyesi Eshot Genel Müdürlüğü’nden temin edilen AKÜTSİS verileri kullanıma hazır formata dönüştürüldükten sonra, MatLAB programlama dilinde algoritmalar yazılarak “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Variş Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” geliştirilmiştir.



Şekil 1.1 Tez çalışmasının yöntemine ait şema

Tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 112M117 numaralı "Akıllı Kart Verilerine Dayalı Güvenilirlik Ölçütlerinin Toplu Ulaşım Atama Modellerine Entegrasyonu" başlıklı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirildiğinden proje kapsamında temin edilen İzmir Kenti AKÜTSİS veri grupları kullanılmıştır.

Model yardımıyla kişilerin yolculuk güzergâhları çıkartılmış ID numarasını da içeren bu verilerden yararlanılarak, kişilerin yolculuklarını hangi zaman aralığında, hangi durak/istasyonlar arasında ve hangi ulaşım türlerini kullanarak gerçekleştirdiği belirlenmiş ve yolcu rota seçim davranışları elde edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında İzmir Kenti AKÜTSİS veri grubunun analizi ile elde edilen durak bazlı B-V matrisi ile 2009 yılı İzmir Ulaşım Ana Planı kapsamında yapılan gerçekleştirilen hane halkı anketine göre kentteki toplu ulaşımı kullanan kişilere ait elde edilen B-V matrisi ile karşılaştırılmıştır.

Kent içi otobüs sistemi içerisinde yer alan hatlara ait güvenilirlik ölçütlerinin hesaplanması amacıyla MatLAB programlama diliyle üç aşamalı bir algoritma oluşturulmuş elde edilen verilerin yapısına uygun, performans ölçütlerinden güvenilirlik ölçütleri İzmir Kenti otobüs güzergahları için hesaplanarak performans ölçütlerini etkileyebilecek faktörlerin istatistiki analizleri SPSS programı kullanılarak yapılmıştır.

İzmir Kenti AKÜTSİS Verilerinin Toplu Ulaşım Atama Modellerinin Başarımının Arttırılmasında Kullanılması aşamasında ise öncelikli olarak İzmir kent merkezine ait pilot bölge ve toplu ulaşım güzergâhlarının belirlenmesinden ve seçilen pilot alan ve güzergâhlara ait toplu ulaşım işletim düzeni verilerinin ve altlıkların elde edilmesinden sonra uzun bir periyod boyunca analiz bölgesinde aynı B-V çifti arasında yolculuk yapan kişilere ait rota seçim davranışlarının analiz edilmiştir.

Spieß ve Florian (1989)' un atama modelinin MatLAB programa diline dönüştürülmesi amacıyla algoritmalar geliştirilmiş, analiz bölgesine ait işletim verileri yazılımlara girişi yapılarak kontrol atama modeli sonuçları elde edilmiş ve sonuçlar AKÜTSİS değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Ayrıca tez çalışmasının amacına uygun olarak atama modelinin başarımının arttırılmasına yönelik yolcu seçim davranışlarını açıklamak üzere doğrusal regresyon, üstel model ve lojistik regresyon önerileri geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar AKÜTSİS değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu aşamanın sonunda ise toplu ulaşım atama modellerinden elde edilen sonuçların akıllı kart verileri ile etkinliklerinin arttırılmasına yönelik geliştirilen yöntem önerisi sunulmuştur.

BÖLÜM İKİ

AKÜTSİS VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM PLANLAMASINDA KULLANIMI

Tez çalışmasında kullanılan temel veri kaynağı olması sebebiyle bu bölümde öncelikli olarak AKÜTSİS' in ortaya çıkışı, kullanım alanları, veri toplama yapısı ve AKÜTSİS' ten elde edilebilen veri grupları kısaca açıklanmıştır. Sonraki aşamada ise literatürde yer alan toplu ulaşım planlamasına yönelik AKÜTSİS verileri ile yapılan çalışmalar özetlenmiş, tezin amacı, kapsamı ve temin edilebilir veri koşullarına uygun olacağı değerlendirilen yaklaşımlar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kısımda ilk olarak AKÜTSİS verileri ile toplu ulaşım sistemine ait bir B-V Matrisinin elde edilmesine yönelik literatürdeki çalışmalar detaylı olarak analiz edilerek, yolculuklara ait hedef noktaların belirlenmesi için geliştirilen algoritmalar karşılaştırılmıştır.

Bölümün sonunda ise yolcu seyahat davranışını etkileyen toplu ulaşım performans parametrelerinden olan güvenilirlik ölçütlerinin AKÜTSİS verileriyle nasıl hesaplanacağına dair literatürdeki çalışmalar incelenmiş ve regresyon analizi ile güvenilirlik ölçütlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalara ait bulgular verilmiştir.

2.1 AKÜTSİS' in Tanımı ve Yapısı

Akıllı kart teknolojisi ilk kez 1968 yılında Almanya' da geliştirilmiştir. 1970lerin sonunda ise Japonya ve Fransa' da akıllı kart kullanımı bankalarda güvenlik amaçlı kullanımı ile başlamıştır. 1977 yılında ise Motorola ve Bull firmaları ilk kez ticari olarak üretime başlamışlardır (Trepanier ve diğer., 2007). 1990 yılından itibaren ise iletişim teknolojisinin de gelişmesiyle kullanımı hızla artış gösteren akıllı kartlar ulaşım dışında sağlık, güvenlik, kamu kurumları, bankacılık gibi sektörlerde de kullanılmaktadır (Pelletier, Trépanier ve Morency 2011).

Akıllı ulaşım sistemlerinin içinde yer alan AKÜTSİS hem işletmeci hem de kullanıcılar tarafından büyük avantajlar sağladığından her geçen gün kullanımı yaygınlaşmaktadır (Trepanier ve diğer., 2007). Bir validatör yardımıyla alınan biniş bilgileri araç konum sistemleriyle elde edilen bilgilerle birleştirilmekte ve ana merkeze iletilerek çeşitli yazılımlarla değerlendirilmektedir.

AKÜTSİS genel olarak kişinin validatöre kartını göstermesi halinde sistem otomatik konum belirleme sistemleri (GPS) ile eş zamanlı çalışarak kart ID, otobüs ID, sürücü ID, durak ID, hattın yönü, hattın numarası, ücret tipi (tam, öğrenci, vb.), aktarma durumu, biniş saati ve tarihi gibi bilgiler sistem tarafından kayıt altına alınmaktadır.

AKÜTSİS verileriyle günlük hâsılat, toplam biniş sayısı, binişlerin hatlara dağılımı, aktarma durumu, yolcu davranışı gibi bilgiler elde edilmektedir. Ayrıca araç konum bilgilerinin de kullanılmasıyla kişisel bazda yolculuk bilgilerine de erişilebilir. Böylece duraklardaki yolcu yoğunlukları ve gün içindeki saatlere göre değişimleri elde edilebilmektedir. Akıllı kartların taşınmasının ve kullanımın kolay olmasından dolayı yolcular tarafından çoğunlukla tercih edilmektedir

Ayrıca yolcuların otobüslere binişleri AKÜTSİS ile hızlandığından duraklardaki gecikmeler de azalmaktadır. Birçok avantajından dolayı akıllı AKÜTSİS günümüzde birçok büyük kentte toplu ulaşım işletmecileri tarafından kullanılmaktadır. İşletmecilerin bu sistemleri kullanmaktaki ana amacı işletme gelirlerini kayıt altına almak olsa da AKÜTSİS bilgileri yolcu binişleriyle ilgili çok sayıda ve ayrıntılı veri sağlamaktadır.

2.2 AKÜTSİS Verilerinin Toplu Ulaşım Planlamasında Kullanımına Yönelik Çalışmalar

AKÜTSİS karmaşık yapıyı çözümleyebilecek donanım ve yazılımların üretilmesi, veri işleme ve değerlendirme tekniklerinin gelişmesiyle beraber son yıllarda AKÜTSİS verileri kullanılarak hem işletmecileri yönlendirecek hem de ulaşım planlamasında kullanılabilecek çıktıların elde edilmesi konusundaki çalışmalar literatürde sıkça görülmeye başlamıştır. Yapılan çalışmalar elde edilen verilerin değerlendirilmesi kısa ve uzun vadeli stratejiler geliştirmek için kullanışlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, ilerleyen bölümlerde literatürde yer alan toplu ulaşım planlamasına yönelik AKÜTSİS verileri ile yapılan çalışmalar özetlenmiş, tezin amacı, kapsamı ve temin edilebilir veri koşullarına uygun olacağı düşünülen çalışmalar detaylı bir biçimde incelenerek iki ana başlık altında gruplandırılmıştır. Bu ana başlıklar;

- Yolculukların hedef noktalarının Bulunmasına yönelik çalışmalar,
- Kentiçi otobüs sistemlerinde servis başarımının analizine yönelik çalışmalardır.

2.2.1 AKÜTSİS Verileriyle Yolculukların Hedef Noktalarının Bulunmasına Yönelik Çalışmalar

Kent içi ulaşım planlama çalışmalarında ulaşılmak istenen temel çıktılarından biri de B-V matrisi olarak adlandırılan başlangıç-varış matrisidir. Elde edilen matris daha önceden belirlenmiş başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki yolculukları göstermektedir. AKÜTSİS verilerinin doğrudan toplu ulaşım B-V matrisi tahmininde kullanımına yönelik çalışmalar incelendiğinde bu tür çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu ve çalışmalarda birbirinden tamamen farklı yaklaşımların kullanıldığı görülmüştür. Bunun nedeni ise birçok toplu ulaşım sisteminde inen yolcuların sayımını yapan teknolojik altyapı bulunmadığından, inen yolcuların tespiti için çeşitli algoritmalar ve hesap yöntemleri türetilmesi gerekmesidir.

Barry, Newhouser, Rahbee ve Sayeda (2002), yolcuların hedef noktalarının tahmini için bir algoritma geliştirmiş ve New York metro sisteminde geliştirdikleri algoritmayı test etmişlerdir. Model kullanılarak bir günlük 545.000 otobüs yolculuğunun ortalama % 50' sinin (246.000) hedef noktası elde edilebilmiştir. Algoritma, iniş noktalarının tahmini için iki temel hipoteze dayanmaktadır. Bunlar;

- Bir yolculuk için kullanıcılar önceki yolculuklarının hedef noktasına dönüş yapmaktadır.
- Yolcular günün sonunda, gün içerisinde ilk biniş yaptıkları istasyona dönüş yapmaktadır.

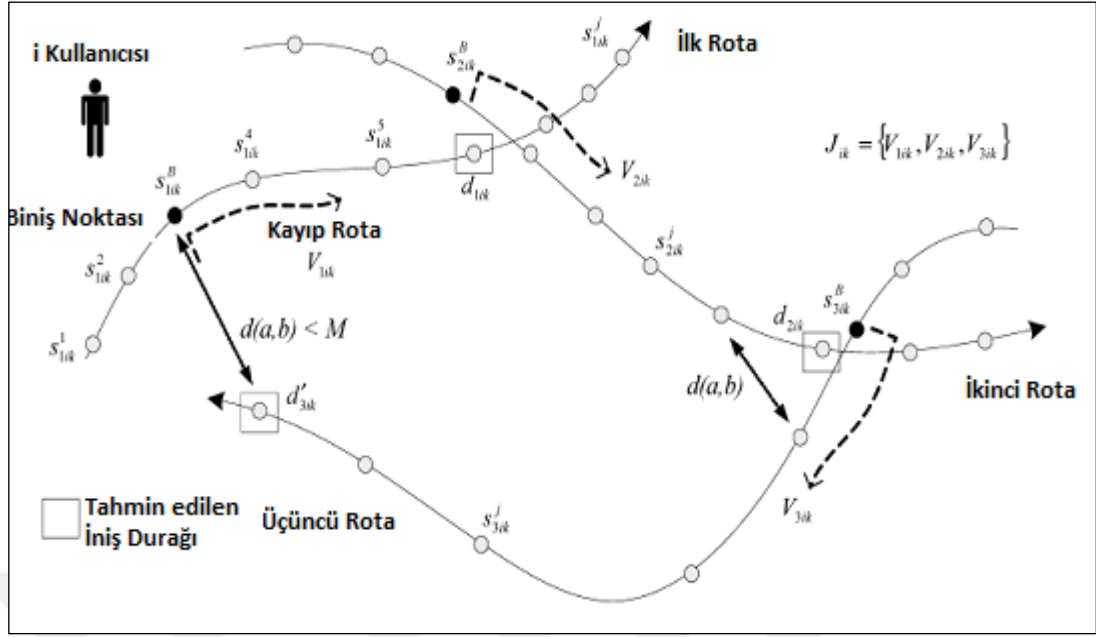
Trepanier ve diğer. (2007), yapmış oldukları çalışmada AKÜTSİS elde edilen biniş bilgilerini kullanarak yolcuların iniş yaptıkları noktaları tahmin eden bir algoritma geliştirmişlerdir (Şekil 2.1). Geliştirdikleri algoritmayı Ottawa' da 589 km² alana yayılmış, 240.000 nüfusa sahip Gatineau kentinde test etmişlerdir. Gatineau kentinde toplu ulaşım hizmet veren 200 otobüste de GPS sistemi bulunmaktadır. Ayrıca toplu ulaşım hizmetinde kullanılan AKÜTSİS tüm binişlere ait konum, zaman ve aktarma bilgisini kaydetmektedir. Geliştirdikleri model kurgusunda bir R toplu ulaşım hattı (tek yönlü olarak), belirli durağı içeren (s adet) bir küme olarak tanımlanırsa;

$$R=\{s^j\} \quad (2.1)$$

olarak tanımlanmaktadır. V_{rik} ise; i kullanıcısının k gününde r hattının j=B'inci durağından biniş yaptıktan sonra iniş yapabileceği duraklar kümesi ya da kayıp rota olarak Denklem 2.2' de verildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$V_{rik} = \{ s_{rik}^j \}, j > B \quad (2.2)$$

Denklem 2.2' de verilen i, kart numarasını; j, hatta ait durakları; r, kullanıcının gün içerisinde kullandığı hat sayısını; k, gün sayısını ve s_{rik}^j ise i kullanıcısının k gününde r hattında kullandığı j. durağı ifade etmektedir.



Şekil 2.1 Trepanier, Tranchant ve Chapleau (2007) yapmış oldukları çalışmada akıllı kart sisteminden elde edilen biniş bilgilerini kullanarak yolcuların iniş yaptıkları noktaları tahmin eden model

N_k , bir gün içinde kişinin kullandığı kayıp rota sayısı; J_{ik} , toplu ulaşım kullanıcısının bir gün içerisinde binebileceği kayıp rotalar kümesi ise Denklem 2.3' te tanımlanmıştır.

$$J_{ik} = \{ V_{rik} \}, \quad r=1: \dots N_k \quad (2.3)$$

Toplu ulaşım kullanıcısının bir gün içerisinde yaptığı yolculukların sayısı kayıp rota sayısına eşit ya da kayıp rota sayısından küçük olmak zorundadır. Çünkü bazı yolculuklar aktarma içeren birden fazla hat kullanımını içermektedir. Aktarmalı yolculuklarda ikinci binişe çok yakın bir noktada iniş yapıldığı için iniş noktalarının bulunması daha kolay olmaktadır. İniş noktalarının tahmin edilmesindeki kritik faktörlerden biri de yürüme mesafesidir. İniş ve biniş noktalarının arasındaki mesafe yürüyüş mesafesini aşmamalıdır.

$D(a, b)$, a ve b noktaları arasındaki mesafe olarak tanımlanırsa, modelin iniş yapılacağı en uygun noktayı tahmin etmesi gerekmektedir.

Hedef, kayıp rotanın içinde yer alan iniş durağı d_{rik} ' yı yolcunun sonraki yolculuğunda biniş yaptığı durak olan $s^B_{(r+1)ik}$ ile mesafesinin en küçük olacak şekilde belirlenmesidir.

$$d_{rik} = zz \rightarrow \min d(s^B_{(r+1)ik}, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad (2.4)$$

$$r < N_k \quad d(s^B_{(r+1)ik}, z) < M \quad (2.5)$$

Denklem 2.5' de verilen M mesafesi yapılan çalışmada 2 kilometre olarak belirlenmiştir. Denklem 2.4 “normal yolculuk” olarak adlandırılan genel durumlar için kullanılmaktadır. Yolcunun gün içinde kullandığı son hattın ($r=N_k$) iniş yapacağı durağı tahmin etmek için iki varsayım türetilmiştir.

İlk varsayım yolcunun gün içinde kullandığı son hattın ($r=N_k$) iniş yapacağı durağı yolcunun o gün biniş yaptığı ilk durağa bağlı olarak tahmin etmektir (Denklem 2.6 ve Denklem 2.7).

$$d'_{rik} = zz \rightarrow \min d(s^B_{1ik}, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad (2.6)$$

$$r = N_k \quad d(s^B_{1ik}, z) < M \quad (2.7)$$

İkinci varsayım, eğer $(s^B_{1ik}, z) > M$ ise yolcunun gün içinde kullandığı son hattın ($r=N_k$) iniş yapacağı durağı yolcunun sonraki gün biniş yaptığı ilk durağa bağlı olarak tahmin etmektir (Denklem 2.8 ve Denklem 2.9). Denklem 2.8 ve 2.9' da bahsedilen yolculuklar gün içerisinde yapılan son yolculuklardır.

$$d''_{rik} = zz \rightarrow \min d(s^B_{1i(k+1)}, z) \quad z \in \{V_{rik}\} \quad (2.8)$$

$$r = N_k \quad d(s^B_{1i(k+1)}, z) < M \quad (2.9)$$

Yukarıda verilen denklemler yardımıyla varış noktaları bulunamayan yolculuklar “diğer yolculuklar” olarak adlandırılmıştır. Bu yolculukları gerçekleştiren kişilerin bir ay içindeki diğer yolculukları karşılaştırılarak benzer varış noktaları bulunmaya çalışılmıştır. D_i , Deklem 2.4 ve Denklem 2.8 kullanılarak elde edilen i kullanıcısına ait hedef noktaların kümesi ve S_i ise bu hedef noktaları ile ilişkili olan son durakların kümesi olarak tanımlanırsa Denklem 2.4 ve Denklem 2.8 kullanılarak iniş noktası elde edilemeyen tek hedef noktaları d''_{rik} Denklem 2.11 kullanılarak elde edilmektedir.

$$d_{rik}, d'_{rik}, d''_{rik} \in D_i \rightarrow s_{rik}^B \in S_i \quad s_{rik}^B = Start(d_{rik}) \quad (2.10)$$

$$d''_{rik} = z \quad z \in D_i \quad min_h(t(y), t(s_{rik}^B)) \quad (2.11)$$

$$R(y) = R(s_{rik}^B) \quad y = start(z) \quad (2.12)$$

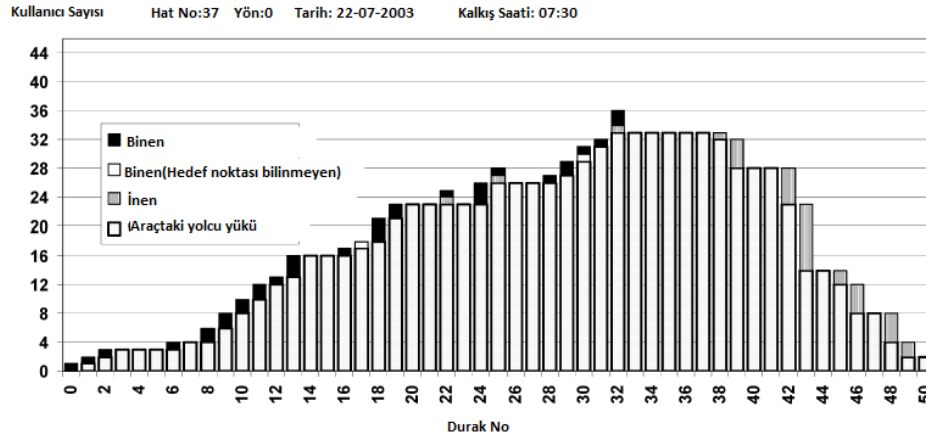
Gün içerisinde tek bir yolculuk yapan kişilerin ise diğer günlerdeki yolculuklarına bakılarak benzer rotaları kullanıp kullanmadığı incelenmiştir. Eğer benzer rotalar birden çok ise başlangıç saatleri karşılaştırılarak en yakın başlangıç saatine sahip olan rota seçilmiştir. Model yardımıyla varış noktaları belirlenemeyen kişiler üç kategoriye ayrılmıştır;

- AKÜTSİS’ ten kaynaklanan hatalardan dolayı varış noktaları belirlenemeyen kişiler,
- Gün içerisinde kullandığı rotalar arasında büyük mesafeler bulunmasından dolayı varış noktaları belirlenemeyen kişiler,
- Gün içerisinde tek bir yolculuk yapıp diğer günlerdeki yolculukları ile eşleştirilemeyen kişilerdir.

Oluşturulan model 2003 haziran ayına ait 378.260 biniş verisi ve 2003 ekim ayına ait 771.239 biniş verisi kullanılarak ayrı ayrı test edilmiştir.

Model Microsoft Access veri tabanında kayıtlı verileri kullanan Visual Basic programı kullanılarak çalıştırılmıştır. Algoritma günlük bazda % 66 zirve saatte ise % 80 oranındaki yolcuların iniş noktalarını tahmin edebilmektedir.

Çalışmada ayrıca biniş ve iniş noktaları otobüs hatları ile ilişkilendirilerek günlük bazda hatların duraklar arası kesimlerindeki yolcu yükleri de bulunmuştur. Hatlara ait kesimlerdeki yolcu yüklerinin elde edilmesi servis planlamasının daha doğru bir biçimde yapılması için büyük önem taşımaktadır. Bazı binişlere ait iniş noktaları bulunamadığından hattın sonunda artık yük bulunmaktadır. Şekil 2.2' de 12 No' lu hat için elde edilen yük profili örneği verilmiştir.



Şekil 2.2 12 No' lu hat için elde edilen yük profili (Trepanier, Tranchant ve Chapleau, 2007)

Wilson (2009), yapmış olduğu çalışmada Londra kentinde kullanılan AKÜTSİS verilerini kullanarak toplu ulaşım sistemine ait bir B-V matrisi oluşturulmasına yönelik bir model geliştirilmiştir. Kentte kullanılan AKÜTSİS kullanıcılara ait kart ID, biniş zamanı, hat numarası, kullanıcı, mevcut konum bilgilerini kayıt altına almaktadır.

Ayrıca kentte hizmet veren tüm otobüslerde yolcu sayım sistemi bulunmaktadır. Modelde kullanılan temel yaklaşım kullanıcılara ait yolculuk zincirinin kurulmasıdır. Literatürdeki diğer çalışmalara benzer şekilde bir yolculuğun hedef noktası sonraki yolculuğun başlangıç noktasına bağlı olarak bulunmaktadır.

Ayrıca her yolcunun günün sonunda ilk başlangıç noktasına geri döndüğü varsayılmıştır. İniş yapılan duraklarla sonraki binış yapılan duraklar arasındaki mesafeler de kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan model yardımıyla günlük 545.000 otobüs binış verisinden 244.000 (%56)' ine ait hedef noktası bilgisi elde edilmiştir. Ancak çalışmada aktarmalı binışlerin nasıl ele alındığı hakkında bir detay bulunmamaktadır.

Li, Lin, Zhao, Song ve Zou (2011) yapmış oldukları çalışmada AKÜTSİS binış verilerinin analizini yaparak yolcuların gün üçünde kullandıkları rotaları hesaplayan ve buna bağılı olarak en olası iniş noktalarını hesaplayarak başlangıç-bitiş matrisi oluşturan bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları algoritmayı Çin' in Jinan Kentindeki otobüslerde kullanılan AKÜTSİS verileri (1.5 milyon binış verisi) ile test etmişlerdir. Modelde esas alınan temel varsayımlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

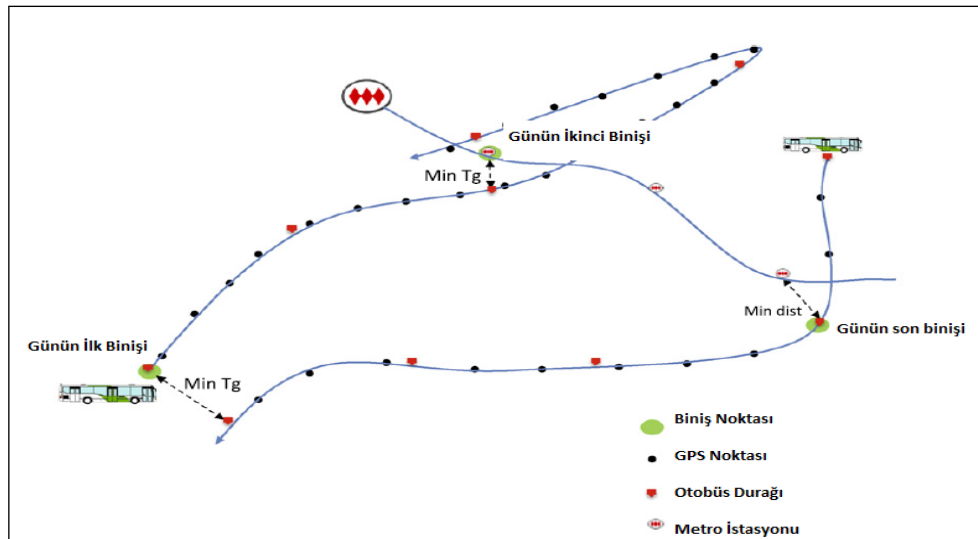
- Yolcuların önceki binışlerinin hedef noktası, sonraki binışlerinin başlangıç noktasına yakın bir mesafede bulunmaktadır.
- Tüm otobüslerde bulunan validatörlerin saatleri eş zamanlıdır.
- Yolcular günün sonunda, gün içerisinde ilk binış yaptıkları durağa dönüş yaparlar.

Çalışmada kentte daha önce oluşturulan trafik zonları kullanılarak duraklar gruplandırılmış ve yolculukların % 75' ine ait bir başlangıç-bitiş matrisi elde edilmiştir.

Nassir, Khani, Lee, Noh ve Hickman (2011), yaptıkları çalışmada ücret toplama sistemlerinin çoğunluğunun sadece binış verilerini kayıt altına almasından dolayı yolcuların iniş yaptıkları noktaların tahmini için bir algoritma geliştirmişlerdir. Çalışmada 10.11.2008-Pazartesi tarihine ait 90.154 binış verisinin analizi yapılmıştır. Veriler Microsoft SQL Server 2008 programına yüklenerek değerlendirilmiştir.

Literatürdeki diğer çalışmalara benzer şekilde bir yolculuğun hedef noktası sonraki yolculuğun başlangıç noktasına bağlı olarak bulunmaktadır (Trepanier ve diğer., 2007). Ayrıca her yolculuğun günün sonunda ilk başlangıç noktasına geri döndüğü varsayılmıştır. İniş yapılan duraklarla sonraki biniş yapılan duraklar arasındaki mesafeler de kontrol edilmiştir. Bir noktanın hedef noktası ya da aktarma noktası olup olmadığı algoritmaya eklenen zaman kısıtı ile belirlenmiştir. Aktarma süresi için maksimum 90 dakika alınmıştır. Analizi yapılan veriler içerisinde hatalı olanlar ayıklanmış ve 90.154 veriden 84.414' ü kullanılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan model yardımıyla 90.154 AKÜTSİS verisinden 51.273' ü ne ait biniş-iniş bilgisi elde edilmiştir. Ancak algoritmaya aktarma durumunun da eklenmesiyle bu sayı 33.514 olarak elde edilmiştir. Otomatik yolcu sayım sistemi bulunan 10.886 biniş bilgisi modelden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış % 98 doğruluk oranı olduğu tespit edilmiştir.

Munizaga ve Palma (2012), yapmış oldukları çalışmada Trepanier ve diğer. (2007)' nin kurmuş olduğu algoritmayı geliştirmiş ve yolcuların hedef noktalarının tahmin edilmesinin yanında AKÜTSİS sistemiyle elde edilen bilgilerin, çeşitli algoritmalarla B-V matrisi de oluşturulabileceğini göstermişlerdir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Munizaga ve Palma(2012) yapmış oldukları çalışmada Santiago kenti akıllı kart sisteminden elde edilen biniş bilgilerini kullanarak yolcuların iniş yaptıkları noktaları tahmin eden model

Şili' nin başkenti olan Santiago kentinde test etmişlerdir. Santiago kenti yaklaşık 6 milyon nüfusa sahip olup toplu ulaşım hizmeti otobüs hatları ve metro sistemi ile sağlanmaktadır. Şehirde biri metro beşi otobüs hatları için olmak üzere altı farklı işletme bulunmaktadır. Kullanılan AKÜTSİS tüm işletmelerde geçerli olup tek bir binişten sonraki iki saat içinde yapılan üç aktarma ücretsizdir. Yapılan çalışmada 2009 mart ve 2010 haziran ayına ait birer haftalık AKÜTSİS veri gruplarının analizleri yapılmıştır. AKÜTSİS verilerini ve GPS konum bilgilerini kullanarak iniş noktasını tahmin etmektedir. Kişilere ait AKÜTSİS biniş bilgileri takip edilmiş Trepanier ve diğer. (2007), de yapmış oldukları çalışmaya benzer şekilde iniş noktaları tahmin edilmiştir. Fakat bir günde tek binişe sahip kartlar değerlendirme dışında tutulmuştur.

Çalışmada yürüme mesafesi 1000 m olarak alınmıştır. Kişilerin iniş noktalarının bulunmasından sonra B-V matrisinin oluşturulması için kişilerin gün içerisinde çeşitli aktivite amaçlı gittikleri hedef noktaları bulunmuştur. Eğer bir kişi(kart) iniş yaptığı noktada 30 dakikadan fazla süre kalırsa bu nokta hedef noktası olarak değerlendirilmiştir.

Oluşturulan model C++ yazılımında kurulmuş ayrıca sonuçların Google Earth' de de görüntülenmesi sağlanmıştır. Oluşturulan model kullanılarak binişlerin % 80' inin iniş noktalarına ulaşılmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 İniş tahmini başarımlar yüzdesi (Munizaga ve Palma, 2012)

	Mar.09	Haz.10
Başarım yüzdesi	80,77	83,01
Tahmin edilemeyen %		
Rotalar arası mesafe çok uzak	7,3	7,6
Tek biniş	5,2	5,4
Hatalı veri	4,3	1,6
Yanlış Tahmin(Aynı nokta)	2,43	2,39

Oluşturulan bölgeler için elde edilen günlük bazda B-V matrisi örneği ise Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2 7 Haziran 2010 tarihi için elde edilen B-V matrisi (Munizaga ve Palma, 2012)

	Kuzey	Batı	Doğu	Merkez	Güney	Güney-Doğu	Dj
Kuzey	157,950	36,389	51,489	78,906	22,988	18,087	365,810
Batı	34,164	294,670	116,217	162,561	37,041	30,525	675,177
Doğu	49,382	112,436	317,606	173,157	70,812	150,056	873,450
Merkez	74,593	167,516	160,132	171,932	103,127	96,399	773,700
Güney	22,222	34,877	73,977	104,116	189,216	54,216	478,624
Güney-Batı	18,379	30,450	158,839	97,234	55,614	250,057	610,572
Oj	356,690	676,338	878,261	787,906	478,798	599,339	3777,333

2.2.2 AKÜTSİS Verileriyle Kentiçi Otobüs Sistemlerine Ait Güvenilirlik Ölçütlerinin Hesaplanması

İnsanların toplu ulaşımı tercih etmesi için toplu ulaşım sistemleri daha konforlu, erişilebilir, güvenli, hızlı, ekonomik ve çevreci hale getirilerek özel araç kullanımıyla rekabet edebilecek duruma getirilmelidir. Toplu ulaşımın iyileştirilmesi için öncelikle mevcut performansının ve sistemin zayıf noktalarının belirlenmesi gerekmektedir. Böylelikle kısıtlı olan toplu taşıma yatırımlarının daha verimli kullanılması sağlanacaktır. Performans ölçümü için de doğru performans göstergelerinin belirlenmesi gerekmektedir (Kocaman, Kumbar, Tezer ve Yılmaz, 2011).

Amerika Birleşik Devletleri'nde Transportation Research Board'un 2003 yılında yayınladığı "Transit Capacity and Quality of Service", performans ölçümünü, toplu ulaşım sisteminin detay görünümünü değerlendirmek için kullanılan nitel ve nicel faktörler olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, toplu ulaşım sistemlerinde hizmet seviyesinin belirlenmesi ve sınıflandırılması için çeşitli performans ölçüm parametrelerinden de yararlanılmaktadır (Transportation Research Board[TCRP], 2003a).

Toplu ulaşım sistemi kendi içinde birçok unsurdan oluşmaktadır (Duraklar, hatlar, v.b.). Her bir unsurun performansı benzer yada farklı ölçütler kullanılarak belirlenmektedir. Toplu ulaşım sistemini oluşturan bu unsurlar temel olarak üç grupta incelenebilir (Şekil 2.4) (Transportation Research Board[TCRP], 2003b).



Şekil 2.4 Performans ölçümleri (Transportation Research Board[TCRP], 2003b)

Duraklarda yapılan ölçümler, toplu ulaşım sisteminin yaygınlığı, erişilebilirlik ve konfor hakkında fikir vermektedir. Tek bir noktaya bağlı olarak yapılan performans ölçümleri durakta bekleyen yolcu sayısı, sefer çizelgeleme, durağı kullanan hatlar, durak veya istasyon tasarımı gibi bilgileri içermektedir.

Hat kesimleri/koridorlarda yapılan ölçümler ya da belirli başlangıç ve bitiş noktaları arasında hizmet veren hatlara ait kesimlerde yapılan ölçümler hattın konforu ve güzergahının uygunluğu hakkında fikir vermektedir.

Sistemin bütün için ölçümler ise durak ve hat bazında yapılan ölçümlere göre daha geniş bir alanla ilgili bilgiler vermektedir (Örneğin merkezi iş alanı veya kent merkezi).

Performans ölçümleri, işletmeci yönünden sürücü/araç yönünden veya yolcular yönünden yapılabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde Transportation Research Board'un 2003 yılında yayınladığı "A Guide Book for Developing a Transit Performance Measurement System" toplu ulaşım sistemlerinde performans ölçütlerini 8 ana başlık altında 130 gösterge ile belirtmiştir (Transportation Research Board[TCRP], 2003b). (Şekil 2.5).

		PERFORMANS ÖLÇÜM ÖRNEKLERİ	
		SEYAHAT SÜRESİ	●TopluUlaşım-Otomobil Seyahat Süresi ●Aktarma Süreleri ●Gecikme ●Sistem Hızı
KULLANICI AÇISINDAN HİZMET SEVİYESİ	ERİŞİBİLİRLİK	●Hizmet Kapsama Alanı ●Hizmet Süresi	●Hizmet Sıklığı ●Engelli Erişimine Uygunluk
	HİZMET DAĞITIMI	●Güvenilirlik ●Yolculuk Koşulları	●Konfor ●Yolcu Memnuniyeti
	GÜVENLİK-EMNİYET	●Araçların Kaza Oranı ●Yolcuların Kaza Oranı	●Suç Oranı ●Araçlardaki Güvenlik Tedbirlerinin Oranı
	BAKIM-YAPIM	●Araç Temizliği ●Tasarruf Oranı	●Üretim Etkisi
	EKONOMİ	●Araç Bakım Performansı	●Maliyet Verimliliği ●Maliyet Verimsizliği
ŞİRKET	TOPLU ULAŞIM ETKİSİ	●Toplum üzerindeki ekonomik etki ●Çevresel Etki	●Hareketlilik ●İşgücü Etkisi
	KAPASİTE	●Araç Kapasitesi ●Hacim Kapasite Oranı	●Yol Kapasitesi

Şekil 2.5 TCRP Rapor 100'e göre performans ölçüm yöntemleri

Tez çalışması kapsamında AKÜTSİS verileri kullanılarak ölçülebilecek ve yolcuların seyahat davranışlarını etkileyebilecek performans parametrelerinden olan güvenilirlik parametreleri ve ölçüm yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca belirlenen ölçütlerle ilgili literatürde yapılmış çalışmalar ve elde edilmiş sonuçlar özetlenmiştir.

2.2.2.1 Güvenilirliğin Tanımı

Güvenilirlik, temel olarak toplu ulaşım sisteminin işletme karakteristikleriyle ilişkili olan servis kalitesi ölçme yöntemidir (Liu ve Sinha, 2007).

Güvenilirlik, toplu ulaşım sisteminin, bir çizelgelemeye ya da daha önceden belirlenmiş sefer aralıklarına ve sabit bir seyahat süresine bağlı kalma kabiliyeti olarak da tanımlanabilir. Başka bir deyişle sistemin dakiklık ve düzenlilik performansı olarak açıklanabilir (Chen, Yu Zhang, ve Guo, 2009). Güvenilirlik ayrıca birbirini takip eden araçlar arasındaki süre düzenliliğini ve araçların durağa/istasyona zamanında gelme oranlarını da içermektedir (TCRP, 2003a).

Toplu ulaşım sistemlerinde güvenilirlik, yolcular ve işletmeciler açısından çok önemli bir yere sahiptir. Güvenirliliğin göz ardı edilmesi yolcular için bekleme sürelerinin artışına, düzensiz araç sıklıkları nedeniyle konforsuzluğa neden olmaktadır. İşletmeciler açısından ise ölü mesafe ve işletme maliyet artışına ve filodan yararlanma oranının azalmasına yol açmaktadır (Turnquist ve Bowman, 1980).

2.2.2.2 Güvenilirlik Ölçüm Yöntemleri

Toplu ulaşım servislerinin güvenirliliği durağa bağlı olarak ve hatta bağlı olarak iki ayrı grupta incelenebilir. Alt tabanlı ölçümler (örneğin durak bazında incelemeler) üst tabanlı ölçümlere (hat ve yol şebekesi bazında incelemeler) dönüştürülebilmektedir (Transportation Research Board [TCRP], 2003a).

Hat bazlı güvenilirlik, bir otobüs işletmesinin güvenilirlik performansını hat seviyesinde dikkate almaktadır ve belirlenen özel bir hat için ya da tüm sistem için ölçümler de yapılabilmektedir. Durak bazlı güvenilirlikte ise bir otobüs işletmesinin güvenilirlik performansını seçilen duraklar için değerlendirmektedir.

Tez çalışması kapsamında literatürde yer alan güvenilirlik ölçüm yöntemleri detaylı olarak incelenerek sefer aralığı değerine bağlı ölçütlerin hesabında kullanılan parametreler ve hesap denklemleri Tablo 2. 4 ve Tablo 2.5’ de sunulmuştur.

Hesaplanan c_{vh} değerlerine göre hizmet seviyelerinin belirlenmesi Tablo 2.3’ de verilmiştir. Tablo 2.3’deki P değeri mevcut sefer aralık değerlerinin(h_i), planlanan sefer aralığı değerlerinin (h)yarısından fazla oranda aşma olasılığını göstermektedir.

Ayrıca TCRP(2003a) tarafından verilen tablonun 10 dakika ve daha az aralıklarla çalışan hatlar için kullanılması tavsiye edilmektedir.

Tablo 2.3 Sefer aralıklarındaki değişime göre hizmet seviyeleri TCRP(2003a)

Hizmet Derecesi	C_{vh}	$P(h_i > 0,5h)$	Açıklamalar
A	0,00-0,21	$\leq\%1$	Servisler planlamaya uymaktadır.
B	0,22-0,30	$\leq\%10$	Servislerin büyük bir çoğunluğu planlamaya uymaktadır.
C	0,31-0,39	$\leq\%20$	Araçlar sıkça sefer aralıklarına uymamaktadır.
D	0,40-0,52	$\leq\%33$	Düzensiz sefer aralıkları nedeniyle bazen katar oluşmu gözlemlenmektedir.
E	0,53-0,74	$\leq\%50$	Katar oluşumu sıkça gözlemlenmektedir.
F	$\geq 0,75$	$\geq\%50$	Çoğu araç katar şeklinde hareket etmektedir.

Tablo 2.4 Literatürdeki sefer aralığı bazlı güvenilirlik ölçütleri (1/2)

Yazar/lar	Gösterim	Tanım	Formülasyon	Açıklama
Curtie, Douglas ve Kearns (2012)	CV _A	Sefer Aralığı Değişim Katsayısı	$\sqrt{\frac{1}{N} (A\text{Hwayi} - SC\text{wayi})^2}$	AHwayi : gerçekleşen sefer aralığı SCwayi : planlanan sefer aralığı
Liu ve Shinda (2007) ve Chen, Yu, Zhang, Guo (2009)	RH	Sefer Aralığı Güvenilirliği	$RH_i = \frac{\delta_{hi}}{\mu_{hi}}$	μ_{hi} : i. hatta incelenen otobüslerin sefer aralıklarının ortalaması δ_{hi} : i. hatta incelenen otobüslerin sefer aralıklarının standart sapması
Kho, Y.S., Park, S.J., Kim, H.Y. ve Kim, H.E. (2005)	P1	Düzensizlik İndeksi	$P_1 = \frac{S_1^2}{\bar{h}}$	S ₁ ² : Gerçekleşen varış zamanlarının Teorik varış zamanına Bağlı Standart Sapması h: Sefer Aralığı Değerlerini Ortalaması
Kho, Y.S., Park, S.J., Kim, H.Y. ve Kim, H.E. (2005)	P2	Düzensizlik İndeksi	$P_2 = \frac{S_2^2}{h_i}$	h _i : Planlan Sefer Aralığı S ₂ ² : Gerçekleşen Seferlerin Teorik Sefer Aralığına Bağlı Standart Sapması
Kho, Y.S., Park, S.J., Kim, H.Y. ve Kim, H.E. (2005)	P3	Düzensizlik İndeksi	$P_3 = \frac{S_3^2}{\bar{h}}$	h: Sefer Aralığı Değerlerini Ortalaması S ₃ ² : Gerçekleşen Seferlerin Standart Sapması
Kho, Y.S., Park, S.J., Kim, H.Y. ve Kim, H.E. (2005)	E(W)	P2'ye göre ortalama bekleme süresi	$E\{W\} = \frac{1}{2} \bar{h} (1 + P)$	$\bar{h}$: Sefer Aralığı Değerlerini Ortalaması P: Düzensizlik İndeksi
Liu ve Shinda (2007) NZ Transport Agency research report 527(2013)	EWT	Fazla bekleme süresi	$EWT_{is} = AWT_{is} - SWT_{is}$	AWT: Gerçekleşen ortalama bekleme süresi SWT: Planlanan ortalama bekleme süresi

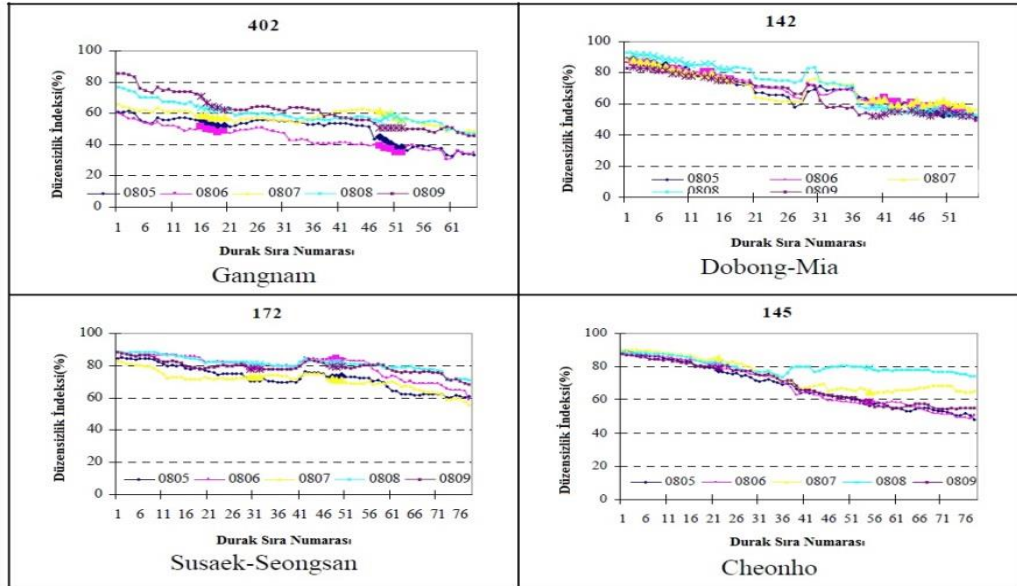
Tablo 2.5 Literatürdeki sefer aralığı bazı güvenilirlik ölçütleri (2/2)

Yazar/lar	Gösterim	Tanım	Formülasyon	Açıklama
NZ Transport Agency research report 527(2013)	R	Katalanma İndeksi	$R = 1 - 2 \sum_{r=1}^n \frac{r(h_r - H)}{n^2 H}$	h_r : sefer aralığı değerleri(küçükten büyüğe sıralı) H: Planlanan ortalama sefer aralığı değeri n : sefer aralığı sıra numarası(küçükten büyüğe sıralı)
Oort and Nes, 2004	PRDM	Ortalama düzenlilik sapma yüzdesi	$PRDM_{i,j} = \frac{\sum \left \frac{TIT_{i,j} - TIA_{i,j}}{TIT_{i,j}} \right }{n_j}$	TIT: Planlanan sefer aralığı değeri TIA: Gerçekleşen sefer aralığı değeri N: durağı kullanan otobüs sayısı
Oort and Nes, 2004	TWM	Ortalama Bekleme Süresi	$TWM = \frac{1}{2} TITM(1 + PRDM_j^2)$	TITM: Planlanan sefer aralığı değerinin ortalaması PRDM: Ortalama düzenlilik sapma yüzdesi
Oort and Nes, 2004	F _p	Beklenen Sıklık	$F_p = \frac{F}{(1 + PRDM^2)}$	F: Planlanan Sıklık Değeri PRDM: Ortalama düzenlilik sapma yüzdesi
Strathman ve diğ. (1999)	HR	Sefer Aralığı Oranı	$HR_i = \left(\frac{\text{Gözlenen Sefer Aralığı}}{\text{Planlanan Sefer Aralığı}} \right) 100$	
Chen, Yu, Zhang, Guo (2009)	DIS	Duraklara Bağlı Sapma İndeksi	$DIS = P \left\{ \frac{ H_S - H_0 }{H_0} \leq k \right\}$	H _S : aynı hatta ait birbirini takip ederek S durağına gelen otobüsler arasındaki süre H ₀ : hattın otobüsleri arasındaki planlanan süre farkı k: pozitif bir sayı

2.2.2.3 Güvenilirlik Ölçütlerini Etkileyen Faktörlerin Analizi

Kentiçi otobüs sistemleri, metro ve hafif raylı sistemlerle karşılaştırıldığında trafik tıkanıklarından, hava durumundan, yolcu yükü değişimlerinden ve işletme personelinin davranışlarından daha fazla etkilenmektedir. Ayrıca otobüsle yapılan yolculukların seyahat süresinin özel araçla yapılan yolculukların seyahat süresine eşit veya özel araçla yapılan yolculukların seyahat süresinden daha fazla olduğu çoğunlukla gözlemlenmektedir. Bu bağlamda güvenilirliği etkileyen faktörleri net bir biçimde açıklayan hesap modellerinin geliştirilmesi; daha güvenilir, hızlı ve konforlu bir taşımacılık hizmetinin sağlanması için ne tür önlemlerin alınması gerektiğinin ve alınan önlemlerin güvenilirlik üzerinde ne derece etkili olacağının belirlenmesinde işletmecilere yol gösterecektir.

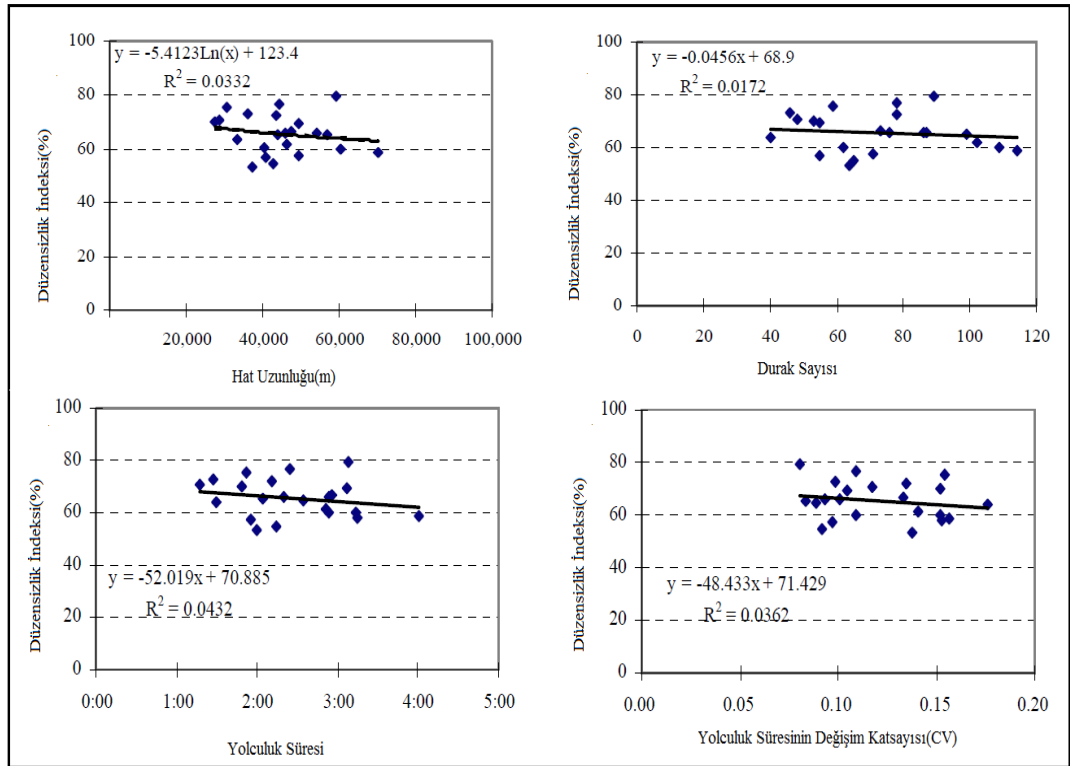
Kho, Park, Kim, ve Kim (2005) yapmış oldukları çalışmada 5000 otobüs 221 otobüs hattı ile toplu ulaşım hizmet verilmekte olan Seul kentindeki otobüs hatlarına ait güvenilirlik ölçülerini hesaplamışlar ve güvenilirliği etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlardır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Seul Kentindeki hatlara ait düzensizlik indeksleri (Kho, Park, Kim, ve Kim, 2005)

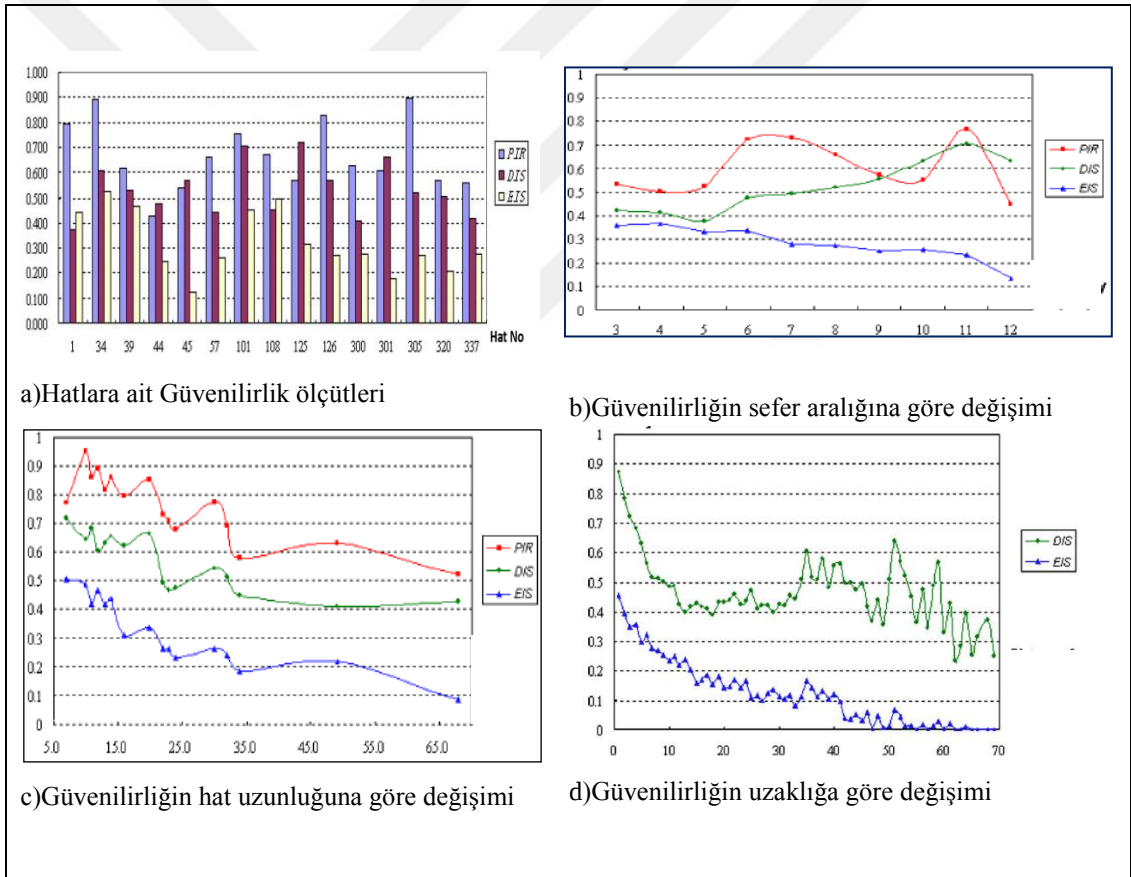
Şekil 2.6’ da verilen çeşitli hatların farklı tarihleri için hesaplanan düzensizlik ölçütlerinin değişimi incelendiğinde, ilk duraktan uzaklaştıkça düzensizlik indeksinde belirgin azalmaların yaşandığı görülebilmektedir. Ancak çalışmada duraklar arası mesafe ile düzensizlik indeksi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Düzensizlik indeksleri ile otobüs hatlarının günlük taşıdığı yolcu sayıları karşılaştırıldığında yolcu sayısı artışına bağlı olarak düzensizlik indeksinin azaldığı görülmekle beraber hesap modellerinin regresyon katsayısı (R^2) değerleri oldukça düşüktür. Düzensizlik indeksleri ile otobüs hatlarının uzunlukları, durak sayıları ve yolculuk süreleri karşılaştırıldığında ise hat uzunluğu, seyahat süresi veya durak sayısının artması durumunda güvenilirliğin azaldığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışmada, seyahat süresi değişim katsayısı (CV) yüksek olan hatların daha düşük düzensizlik indeksine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum trafik koşullarındaki değişkenliğin güvenilirliği olumsuz yönde etkilediği sonucunu doğurmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Hatlara ait düzensizlik indekslerinin değişimi(Kho, Park, Kim, ve Kim, 2005)

Chen, Yu, Zhang ve Guo (2009)'a ait çalışmada, yukarıda değinilen güvenilirlik ölçütlerinden hatlar için dakiklik (PIR), durak bazlı sapma (DIS) ve durak bazında düzenlilik (EIS) ölçütleri, Pekin kentinden bir örnek alan üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada; tüm kentteki 600 otobüs hattından örnek olarak alınan 30 farklı hat için güvenilirlik analizi çalışmaları yapılmıştır. Genel olarak performans parametreleri incelendiğinde, parametrelerin otobüs hatlarında $PIR > DIS > EIS$ şeklinde elde edildikleri görülmektedir. Yapılan çalışmalarda hat uzunluğunun güvenilirlik üzerinde çok önemli bir etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma sonucu incelenen hatların işletim özellikleri ile çeşitli güvenilirlik ölçütleri arasındaki ilişki Şekil 2.8' de verilmiştir.



Şekil 2.8 Chen, Yu, Zhang ve Guo (2009)' un elde ettiği bulgular

Durak bazında yapılan güvenilirlik ölçütü analizlerinde, Şekil 2.8 'de görüldüğü gibi, 10–15 km aralığında ölçütlerin büyük bir ivmeyle düştüğü, 15 km'den büyük değerlerde ise değişken bir eğilim sergilediği görülmektedir.

Hat uzunluğunun güvenilirlik açısından kritik değeri ise, yaklaşık 30 km olarak belirlenmiş, daha uzun hatlarda güvenilirliğin hızla azaldığı ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışma üç gün için seçilen hatlarda seyahat eden gözlemcilerin topladıkları verilerle ortaya konmuştur. AKÜTSİS olmadığı için çalışma sınırlı sayıda hat için yapılabilmektedir. Ayrıca yine aynı çalışmada incelenen durak ile kalkış terminali arasındaki mesafenin artmasının güvenilirliği azalttığı, otobüslere ayrı şerit ayrılmasının ve sefer sıklığı artışının ise güvenilirlik üzerinde olumlu etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Genel olarak özellikle diğer araç trafiği ile birlikte işletilen lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinde güvenilirliği etkileyen faktörler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

a) *Trafik Karakteristikleri:* Trafikteki araçların kompozisyonu, şerit sayısı, trafik talebinin gün içindeki değişimi ve mevcut trafiğin doygunluk oranı, diğer araç trafiği ile karışık işletme sistemi, sinyalizasyondan kaynaklı gecikmeler, kazalar, diğer araçların park manevraları güvenilirliği etkilemektedir (Liu, ve Shinda, 2007), (TCRP, 2003a) (Kho ve diğerleri, 2005).

b) *Hat (Rota) Karakteristikleri:* Hattın uzunluğu, sefer aralıkları, sefer süreleri, otobüs duraklarının konumu (otobüsler için ayrılmış ceplerin bulunup bulunmaması), hattın bazı bölümlerinde ya da tamamında otobüse şerit tahsisi uygulamaları ya da kavşaklarda otobüs öncelikli sistemlerin bulunması, kaldırım kenarı parklanmaları, yol koşulları güvenilirliği etkilemektedir (Liu ve Shinda, 2007) (Kho, ve diğerleri, 2005) (Strathman ve diğerleri., 1999).

c) *Yolcu karakteristikleri:* Duraklardaki yolcu yoğunlukları, yolcu hacimlerindeki değişim, yolcuların rota seçimleri ve yolcu gelişlerinin dağılımları da güvenilirliği etkilemektedir. Turnquist ve Bowman (1980), yolcu talebiyle kesim seyahat süresinin değişiminin içsel bağımlı olduğunu ve servis sıklığının kuyruklanmaya sebep olabileceğini söylemiştir.

BÖLÜM ÜÇ

TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİ

Tez çalışmasının amaçlarından biri de AKÜTSİS verilerinden elde edilen çeşitli parametre ya da değerlerin atama modellerinde yararlanılmasıdır. Böylece atama sonuçlarının gerçeğe yakınlığının artırılarak kent içinde yapılacak olan ulaşım yatırımlarının ve yeni düzenlemelerin doğru bir şekilde yönlendirilmesin ve kent içi toplu ulaşım sistemlerinde sıklıkla kullanılan AKÜTSİS'in ulaşım planlanması açısından daha fonksiyonel hale gelmesini sağlanacaktır. Bu bağlamda toplu ulaşım atama modellerinin tanımlanması, trafik atama modellerinden farklarının tanımlanmasında yarar olduğu değerlendirilmektedir.

3.1 Toplu Ulaşım Atama Modelleri

Toplu ulaşım atama modelleri; standart hafta içi bir günde yapılan yolculukların başlangıç ve bitiş noktaları arasında hangi güzergahları kullanacaklarının tespit edilmesi ve bu güzergahların başarımlarının değişiminin tahmin edilmesidir. Yol ya da hat seçimi ise kişilerin yolculuk maliyetlerini en azda tutacakları güzergahları tercih edecekleri kabulüne dayanmaktadır (İUAP,2009).

Atama modelleri bir ulaşım ağı üzerindeki arz ve talep arasındaki etkileşimi benzetim yöntemi ile modellemek için kullanılmaktadır. Bu modeller önceden belirlenmiş bir B-V matrisine bağlı olarak her arz elemanı (linkler) üzerindeki akımın, kullanıcılara ait rota seçim davranışının ve çeşitli performans ölçümlerinin hesaplanmasın olanak vermektedir. Atama modelleri kullanılan arz ve talep modellerinin yapısına bağlı olarak şekillendiğinden literatürde arz-talep modelleri olarak da isimlendirilmektedir. Toplu ulaşım atamaları bilgisayar kullanımından, yapılan varsayımların basitleştirilmesi için yöntemlerin geliştirilmesine kadar birçok konuda daha karmaşık bir yapıdadır. Bu karmaşık yapıdan dolayı trafik atama modelleri ile ilgili çalışmalar toplu ulaşım atama modelleriyle ilgili çalışmalara göre literatürde daha büyük bir yer tutmaktadır (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Ayrıca toplu ulaşım ağları özel araç atamalarında kullanılan yol ağlarına göre daha farklı ve karmaşıktır. Toplu ulaşım ağları otobüs ve raylı sistemlere ait istasyon/duraklar arasında bulunan kesimleri içermektedir. Link olarak da adlandırılan bu kesimlerin kapasiteleri her bir linkte hizmet veren araçların kapasitesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Yolcuların toplam seyahat süreleri ise araç içi süre dışında duraklardaki bekleme süreleri ve duraklara/duraklardan yürüme sürelerini içermektedir. Ayrıca yolcuların aynı ya da farklı türler arasında gerçekleştirdikleri aktarma hareketleri de bulunmaktadır (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Nielsen (2000) toplu ulaşım atama modellerinin trafik atama modellerinden farklarını beş ana karakteristik özellik altında açıklamıştır. Bu özellikler;

- Toplu ulaşım ağlarında farklı sıklıktaki birden fazla hattın işletildiği kesimlere sıkça rastlanmaktadır. Bu güzergahlardaki araç içi sürelerin ve bekleme sürelerinin ağırlıklarının belirlenmesi oldukça karmaşıktır.
- Yolcuların bakış açısına göre ana amaç aktarma sayısının ya da seyahat süresinin minimize edilmesi olabilmektedir.
- Deterministik seyahat süresi her zaman bir fayda fonksiyonu ile kullanılmak zorundadır. Fonksiyondaki farklı değişkenlerin ağırlıkları toplu ulaşım türlerine göre çeşitlilik göstermektedir.
- Yolcular kompleks toplu ulaşım ağı içerisinde seçim yapabilecekleri tüm olası rotaları algılayamamaktadır (Liu, Bunker, Ferreira, 2010).

3.2 Yolcu Rota Seçim Prensiplerine Göre Literatürdeki Toplu Ulaşım Atama Modelleri Çalışmaları

Toplu ulaşım planlamasının en önemli bileşenlerinden biri, yolcuların başlangıç noktasından bitiş noktasına gitmek için seçtikleri güzergâhı tahmin etmektir. Bu tahmin, literatürde son 40 yıl içinde belli başlı bir araştırma konusu haline gelen toplu ulaşım atama modellerinin kullanımına dayanmaktadır.

Liu ve diğerkleri (2010), literatürdeki toplu ulaşım atama modellerinin yolcuların seçim davranışlarını açıklayan yaklaşımlara göre üç ana grupta değerkendirilebileceğini vurgulamıştır.

Birinci grupta statik atama modelleri başlığı altında toplanan en kısa yol tabanlı hep ya da hiç atama modelleri, rasgele faydanın maksimize edilmesine dayanan (RUM) atama modelleri ve kullanıcı dengesi atama modelleri yer almaktadır. Bu gruptaki atama modellerinin ortak özelliğı yolcuların rota seçimleri üzerinde zaman faktörünün herhangi bir etkisi bulunmamasıdır.

İkinci grupta yer alan dinamik toplu ulaşım atama modellerinde gün içerisindeki zaman periyotlarına ya da günlere göre değışen B-V matrisleri kullanılmakta olup rota seçimleri toplu ulaşım sisteminde kullanılan türlere ait sefer çizelgeleri ve yolcuların duraklara erişim zamanları bir arada değerkendirilerek modelleme yapılmaktadır.

Üçüncü grubu oluşturan yeni geliştirilen yaklaşımlarda ise geleneksel modellerden daha karmaşık olan yolcu davranışları ve karar verme mekanizmaları ile yolcu bilgilendirme sistemlerinin entegrasyonu konuları ele alınmaktadır.

Görüldüğü üzere yolcu rota seçim stratejisi için literatürde birçok yaklaşım bulunmasına rağmen önerilen yaklaşımların hangilerinin toplu ulaşım atama modellerinde kullanılmasının gerçeğe yakın sonuçlar vereceğinin belirlenmesi toplu ulaşım atama çalışmalarındaki temel problemi oluşturmaktadır.

Literatürde ilk olarak trafik atama modellerinde de kullanılan B-V çifti arasında seyahat eden yolcuların en kısa yolu tercih edeceği varsayımının yapıldığı hep ya da hiç atama yaklaşımının kullanıldığı çalışmalar yer almaktadır. Hep ya da hiç (all-or-nothing) atama modellerinde B-V çifti arasındaki yolcuların tamamının en kısa yolu tercih edecekleri varsayımına dayanmaktadır. “En kısa yol” ise en kısa maliyetli ya da en kısa maliyetli yol olarak da açıklanabilmektedir (Liu ve diğerkleri, 2010).

Ancak toplu ulaşım atama modellerindeki bir diğer zorluk da aynı kesimde hizmet veren birden çok servisin (toplu ulaşım hattının) bulunmasıdır. Yolcuların bu servislerden kendileri için en uygun olanını tercih etmekte olup bu tercihi atama modeline yansıtmak seçim parametrelerine göre zorlaşmaktadır (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Özel araç sürücüler, olası rota seçenekleri içinden tek rota seçmektedirler. Toplu ulaşım yolcuları ise bir rota kümesi seçebilirler ve bu rota kümesi içinde yer alan hatlardan bekleme yapılan durağa ilk ulaşan hatta biniş yapabilirler. Bu durumda seçim, daha karmaşık bir hale gelmektedir. (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

Nguyen ve Pallottino (1988) önceki bölümde de bahsedildiği üzere toplu atama modellerindeki en büyük karmaşıklığın, yolcuların aynı durağı kullanan birçok hattı kullanabilmesi yani ortak hat problemi olduğunu vurgulamıştır. Yolcular gerektiğinde durakta daha fazla süreler bekleyerek toplam seyahat süresini en aza indireyecek ekspres hatları tercih edebilmektedir. Bu nedenle en toplu ulaşım rotası bir rota/hat seti şeklinde tanımlanması gerekmektedir (Liu ve diğerleri, 2010).

Ayrıca bu en kısa rota seti araçların geliş davranışlarına, servis sıklığına, yolcu geliş davranışına bağlı olarak oluşturulmaktadır. En kısa rota setinin ilk tanımlarında daima araç seyahat süreleri deterministik olduğu ve bekleme sürelerinin B-V çifti arasında hizmet veren rotaların sıklıklarına bağlı olarak değiştiği varsayımı yapılmıştır (Liu ve diğerleri, 2010).

Ortuzar ve Willumsen (2011), toplu ulaşım ağında verilen bir B-V çifti arasındaki rotalara ait genelleştirilmiş maliyetin ve seyahat süresinin hesaplanmasından sonra yolcuların seçenekler arasında minimum süreye ya da genelleştirilmiş maliyete sahip rotayı ya da rota kümesini seçeceklerini ifade etmiş olup toplu ulaşım atamasında yolcuların rota seçim karar mekanizmasını açıklamak için kullanılan genelleştirilmiş maliyet denklemini aşağıdaki biçimde ifade etmiştir.

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{ij}^n + a_1 \sigma^n + a_5 F_{ij} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1' de verilen;

t_{ij}^v : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait araç içi süre

t_{ij}^w : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait duraklara/duraklardan yürüme süresi

t_{ij}^t : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait duraklardaki bekleme süresi

t_{ij}^n : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait aktarma süresi

σ^n : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait aktarma direnç süresi (genellikle 2-5 dk alınmaktadır.)

F_{ij} : i ve j noktaları arasındaki yolculuğa ait ödenen bilet ücreti

$a_1 - a_5$:Maliyet denklemindeki elemanlara ait katsayılar

a_2, a_3, a_4 , katsayılarının, a_1 katsayısının 2-3 katı alınması halinde yolcuların araç içinde süre geçirmeyi yürümeye, beklemeye ve aktarma yapmaya daha çok tercih etmektedirler. Araç içi süre durakların konumuna ve güzergahın uzunluğuna göre değişirken bekleme süresi ise servis sıklığına ve servisin güvenilirliğine göre değişim göstermektedir. Bekleme süresini genel formülü aşağıda verilmiştir (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

$$t^w = \frac{(h^2 + \sigma^2)}{2h} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2' deki, t^w ;bekleme süresini, σ ,standart sapmayı ve h ise beklenen servis aralığı değerini ifade etmektedir. Bu varsayım yolcuların duraklara gelişlerinin rastgele olduğunu yolcuların ilk gelen toplu ulaşım aracına binış yaptıklarını, araçlardaki yüksek doluluk oranları nedeniyle binememe durumunun oluşmadığını kabul etmektedir

Spiess ve Florian (1989), yaptıkları çalışmada en kısa rota seçim kümesini deterministik yaklaşımla belirleyen bir toplu ulaşım atama modeli geliştirmişlerdir. Yolcular beklenen seyahat süresini minimize eden stratejiyi seçmektedirler.

Problem lineer programlama problemi olarak tanımlanmıştır. Geliştirdikleri model literatürdeki strateji tabanlı ilk atama modeli olarak yer almaktadır. B-V çifti arasında belirlenen rasyonel hatlar kümesi içerisinde yer alan rotalara sıklık değerlerine bağlı olarak atama yapılmaktadır. Çalışmanın son hali, yolcuların taleplerini kullanıcıların perspektiflerine göre atamak için 2 aşamalı algoritmaya dönüştürülmüştür.

Deterministik seçim modelleri, bir rotanın algılanan faydasının deterministik olduğunu varsaymaktadır ve kullanıcılar, seçenekler arasından maksimum ortalama faydayı sağlayan (minimum ortalama maliyet) seçeneği tercih ederler. Stokastik modeller ise bir rotanın algılanan faydasının rastgele bir değişken olduğunu varsaymaktadır ve kullanıcıların uygun alternatifler arasından seçim yapma olasılıklarını açıklamaktadır (Cascetta, 2009).

Rastlantısal faydanın maksimize edildiği rota seçim modelleri ise 1970'lerden itibaren literatürde yer almaya başlamış olup günümüzde toplu ulaşım atama modelleri içerisinde yolcu rota seçim davranışını açıklayabilen bir yöntem haline gelmiştir. İlk olarak bireylerin tercihlerinin modellenmesinde kullanılırken toplu ulaşım atamalarında yolcu gruplarının rota seçiminde de kullanılabilmektedir (Liu ve diğerleri, 2010).

Maksimum fayda kavramı, yolculuk yapan bireylerin mevcut seçeneklerin sağladığı faydaya göre atanmasını esas almaktadır. Kişiler yolcuklarında maksimum faydayı sağlayacakları seçeneği tercih edeceklerdir. Maksimum fayda kavramı mikro ekonomi ile ilgili olsa da ulaştırmada da kullanılmaya başlamıştır. Yolculuk talebinin doğası gereği kişilerin yolculuk süresi ve maliyetlerini en aza indirmek ve güvenilirlik ve konforlarını da maksimum yapmak istemeleri gayet mantıklı bir yaklaşımdır (Meyer ve Miller, 2001).

Geleneksel mikro ekonomi teorisi; yolculuk yapan kişilerin yolculuk bilgilerinin tamamını kullanma becerilerinin olduğunu ve bu bilgiye dayalı olarak yolcukları ile ilgili tamamen mantıklı ve tutarlı kararlar verdiklerini varsaymaktadır.

Bu varsayımlardaki en önemli değişim ise “rastlantısal fayda” tanımının literatüre katılması ile gerçekleşmiştir. İlk olarak psikoloji alanında ortaya çıkan bu tür modeller insanların ekonomik açıdan maksimum faydayı daha esnek ya da gerçekçi bir dünya görüşü ile sağladıklarını açıklayarak konu ile analitik çözüm sağlamaktadırlar. Bu modeller, pratikte kişilerin mevcut seçenekler arasında her zaman en iyi seçeneği semediklerini açıklamaktadır. Yani rasgele fayda teorisine göre kişi seçenekler arasında kendisi için en fazla faydayı sağlayacağı **görünen** seçeneği tercih etmektedir.

Bu faydanın iki temel bileşeni vardır. Bunlar:

- (a) Geleneksel mikroekonomik fayda fonksiyonları ile ideal olarak açıklanabilen Sistematik Bileşen,
- (b) Kişilerin algılarındaki çeşitlilik, analizi yapan kişilerin fayda fonksiyonu tanımlamalarındaki eksiklikler ya da ölçüm hataları nedeniyle oluşan rasgele terimdir. Böylece t kişinin i olayı için fayda aşağıdaki gibi formüle edilebilmektedir.

$$U_{it} = V_{it} + \epsilon_{it} \quad (3.3)$$

Denklemdaki;

U_{it} ; t bireyi için i seçeneğine ait faydayı

V_{it} ; faydanın sistematik (gözlenebilen) bölümünü

ϵ_{it} ; faydanın rastlantısal bölümünü tanımlamaktadır (Meyer ve Miller, 2001).

Bu bağlamda faydanın sistematik (gözlenebilen) bölümü (V_{it}) X_i seçeneğinin özelliklerinin ve bağımsız St' nin karakteristiklerinin yer aldığı bir fonksiyon olarak da varsayılmaktadır. Böylece V_{it} şu şekilde verilmektedir.

$$V_{it} = b_1 Z_{it1} + b_2 Z_{it2} + \dots + b_n Z_{itn} \quad (3.4)$$

Denklemdaki;

b ; parametrelerin sütun vektörünü,

$Z_{it}, f(X_i, S_t)$ olarak tanımlanmaktadır.

Eğer verilen herhangi bir kişiye ait rastlantısal bileşenin değeri gözlemlenebilseydi, bu değerler, fayda fonksiyonunun gözlemlenebilen sistematik bölümüyle ilişkilendirilebilirdi. Ancak bu rasgele bölümün fayda fonksiyonunda yer almasına rağmen hangi seçeneğin maksimum faydayı sağlayacağı ve hangi seçeneğin tercih edileceği tam bir kesinlikle söylenememektedir.

Bu durum bir seçim kümesi içerisindeki fayda esasına bağlı olarak belirli bir **olasılıkla** seçim yapılacağına işaret etmektedir (Meyer ve Miller, 2001).

Denklem 3.4 ve C_t alternatifler kümesi ile birlikte t bireyinin alternatifler kümesi içinden i alternatifini seçme olasılığı, P_{it} denklem 3.5 ile verilmiştir (Meyer ve Miller, 2001).

$$P_{it} = P(U_{it} \geq U_{jt}), \quad j \in C_t \quad (3.5)$$

Veya Denklem 3.3 Denklem 3.5 den çıkarılırsa Denklem 3.6 ifadesi elde edilmiş olacaktır.

$$\begin{aligned} P_{it} &= P(V_{it} + \epsilon_{it} \geq V_{jt} + \epsilon_{jt}), \quad j \in C_t \\ &= P(\epsilon_{jt} - \epsilon_{it} \leq V_{it} - V_{jt}), \quad j \in C_t \end{aligned} \quad (3.6)$$

Denklem 3.6 $\epsilon_{jt} - \epsilon_{it}$ rastlantısal değişkeninin $V_{it} - V_{jt}$ noktalarındaki değerlerinin kümülatif dağılım fonksiyonunun bir ifadesidir. Böylece eğer ϵ 'lerin dağılımı bilinir veya bir dağılım türü kabul edilirse bu denklem bireyin yapacağı seçimin olasılığının hesaplanması için kullanılabilir.

Örneğin ϵ 'lerin dağılımının multinominal normal olarak kabul edilirse prohibit model elde edilecektir. Ancak prohibit modelin hesaplanması ve değerlendirilmesi oldukça zor bir yöntemdir.

Başka bir varsayım ise ϵ 'lerin dağılımının Gumbel Tip 1 dağılımına uyduğudur. Gumbel Tip 1 dağılımına ait kümülatif dağılım fonksiyonu aşağıda yer almaktadır (Meyer ve Miller, 2001).

$$F(w) = e^{-e^{-w}} \quad (3.7)$$

Böylece Denklem 3.6 Denklem 3.7 ile entegre edildiğinde aşağıda açıklaması verilen **Multinomial Lojit Model** elde edilmiş olacaktır. **Multinomial Lojit Model** literatürdeki en sık kullanılan ve en pratik bireysel seçim modelidir. Rastlantısal bileşenin **Gumbel Dağılımına** uyduğu varsayımıyla türetilmiştir (Ortuzar ve Willumsen, 2011).

$$P_{it} = \frac{e^{v_{it}}}{\sum_j e^{v_{jt}}}, j \in C_t \quad (3.8)$$

Florian ve Constantin (2011), Spiess ve Florian (1989)' un geliştirmiş olduğu strateji tabanlı toplu ulaşım atama modelindeki rasyonel hat kümesi içerisindeki hatların sefer aralıklarına bağlı olarak yapılan rota seçim kuralını Lojit Modele dönüştürmüşlerdir. Geliştirmiş oldukları modeli, yaya ulaşımının ve toplu ulaşım hatlarının bulunduğu örnek bir ulaşım ağında uygulamışlardır.

Si, Zhong, Liu, Gao ve Wu (2012) yolcu davranışlarını etkileyen temel faktörlerden olan toplam seyahat süresi ve aktarma maliyeti değerlerini içeren bir lojit tabanlı toplu ulaşım atama modeli geliştirilmiş ve 8 hat 104 istasyondan oluşan ve toplam 200 km uzunluğundaki Beijing Raylı Sistem ağı üzerinde test etmiştir. Çalışmalarında ayrıca yolcuların aktarma davranışlarının daha gerçekçi açıklanabilmesi amacıyla aktarma yürüme süresi, araç bekleme süresi, aktarma ek kayıp süre değerlerini içeren aktarma maliyet fonksiyonu üretilmiştir.

Sistem üzerindeki B-V çiftleri arasındaki tüm alternatif rotalar belirlendikten sonra yolcuların kullandıkları “efektif rotalar” seçilmiştir. Bir efektif rota seti B-V çifti arasındaki rotaların ortalama % 20’ sini oluşturmaktadır.

Çalışmada kullanılan veri gruplarından biri de raylı sistem yolcu rota seçim anketidir. Anket sonuçları toplam seyahat süresi, araç-içi yoğunluk ve aktarmaların yolcuların rota seçiminde en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Yolcuların efektif rotalar kümesi içerisinde yer alan rotaları tercihi lojit model ile yapılmaktadır. Çalışmada çarpıklık katsayısı raylı sistem ağının kullanma durumunu gösteren bir parametre olarak ele alınmış olup anket verilerine bağlı olarak SPSS programı ile hesaplanmıştır.

Son yıllarda toplu ulaşım atamalarında kullanılmaya başlanan benzetim ve hesap programları içerisinde de literatürde geçen bazı algoritmalar yer almaktadır. Örneğin VISUM programı içerisinde; ulaşım sistemi tabanlı, sefer sıklığı tabanlı ve sefer çizelgeleme tabanlı toplu ulaşım ataması yapılabilmektedir (PTV Vision, 2011).

Ulaşım sistemi tabanlı atama; trafik atama problemlerinde kullanılan hep veya hiç metodu ile aynı özelliklere sahip olup toplu ulaşım talebinin yapısına genel bir bakış sağlamaktadır. Atama modeli kurgusu toplu ulaşım sisteminde yer alan hat olgusunu içermemektedir. Yolcular herhangi bir hat veya sefer çizelgeleme kısıtı olmaksızın başlangıç ve bitiş noktaları arasında en hızlı rotayı seçmektedirler. B-V noktası arasındaki tüm talep hesaplanan en az dirençli yola atanmaktadır. Elde edilen sonuçlar ideal hat tasarımı için fikir vermektedir.

Modele, farklı toplu ulaşım türleri arasında aktarma süreleri eklenebilmektedir. Ancak sık yapılan aktarmalardan dolayı gerçekçi olmayan rota seçimleri görülebilir. Aktarma sayısı, aktarmalarda kaybedilen süre, servis sıklığı değerleri hesaplanmamaktadır (PTV Vision, 2011).

Sefer Aralığı tabanlı atama modeli ise; uzun dönemli planlama ve kısa sefer aralıkları ile hizmet verilen toplu ulaşım sistemleri için ayrıca analiz periyodunda sefer çizelgelemenin bilinmediği durumlarda kullanışlı olmaktadır. Her hat, hattın rotası, duraklar arasındaki süreler ve sefer aralığı değerine bağlı olarak tanımlanmaktadır.

Modelde aktarma süreleri global olarak dikkate alınmaktadır (her hat için bağımsız olarak). Sefer çizelgeme koordinasyonu dikkate alınmaz. Sefer aralığı tabanlı atama modellerinde en kısa yol genelleştirilmiş maliyet denklemi kullanılarak belirlenmektedir (PTV Vision, 2011).

Sefer çizelgeleme tabanlı atama modellerinde yüksek sefer aralıklarının görüldüğü ve türler arasında aktarmalar için koordinasyonun önemli olduğu toplu ulaşım sistemlerinde kullanılmaktadır. Atamada her bir türe ait sefer çizelgeleme dikkate alınmaktadır (Tüm türlere ait hatların gerçek kalkış ve varış zamanları). Model gerçek sefer çizelgeleri doğrudan kullanmakta olup bu bağlamda tren ağlarında ya da kırsal alanlarda kullanıma uygundur (PTV Vision, 2011).

Görüldüğü üzere klasik dört aşamalı ulaşım talep modelinin son aşamasını oluşturan atama modelleri ise, tüm talep model geliştirme çalışmalarının hedeflediği temel çıktıyı oluşturmaktadır. Çünkü toplu ulaştırma sistemlerine ilişkin düzenlemeler ve ilave yatırımlar için verilen kararlar, büyük ölçüde toplu ulaşım ataması sonuçlarına bağlıdır. Literatür taramasında da görüldüğü üzere toplu ulaşım atamalarında, trafik atamalarından farklı olarak, stokastik yaklaşımların gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği düşünülmektedir.

Bunun temel sebebi, yolcuların özellikle büyük şehirlerde, belirli bir başlangıç-bitiş çifti arasında birden fazla toplu ulaşım seçeneğine sahip olması ve bu seçenekler arasındaki seçimin araştırmacılar tarafından deterministik olarak açıklanabilen bileşeninin zayıf kalmasıdır.

Literatürdeki toplu ulaşım atama modellerinin gelişimi genel olarak incelendiğinde, servis türlerinin atama modellerine yansıtılması bakımından sefer çizelgelemeye dayanan ve servis sıklığına dayanan iki temel yaklaşım olduğu görülmüştür.

Yakın geçmişteki çalışmalarda yolcu davranışlarının gerçekçi bileşenlerinin modellere ilave edilmesi ve yöneylem araştırması yaklaşımlarının da kullanılmasıyla güzergâh tahmininde kayda değer gelişmeler elde edilmiştir. Bu eklenen özellikler içerisinde durakta bekleme süresi, aktarma süresi, yolcuların bakış açısından bir başlangıç-bitiş çifti için tercih edilen güzergâhlar kümesi, yolcu tarafından tercih edilen diğer yolculuk karakteristikleri, yolculuk ve bekleme süresi, araç içindeki sıkışıklık seviyesi ve araca binememe olasılıkları yer almaktadır (Ceder, 2007).

Tez kapsamında seçilecek atama modeli programlama dilinde yazılarak kontrol ataması yapılacak olup sonraki aşamada ise model sonuçları yorumlanarak modelin gerçeğe daha yakın sonuç vermesini sağlayacak ilave algoritmaların ve/veya güvenilirlik ölçütlerinin modele yansıtılmasının yolları araştırılacaktır. Bu bağlamda tüm toplu ulaşım hatlarına ait sefer çizelgeleme tablolarının kullanılması yerine hatlara ait sıklık değerlerinin kullanılması planlanmaktadır. Ayrıca kullanılacak modelde yer alan yaklaşımların başka programlama dillerine de uyarlanabilmesi ve yeni türevlerinin geliştirilebilmesinin yanında basit ve etkin sonuçlar verebilen yöneylem araştırmasında optimizasyon yaklaşımlarından biri olan doğrusal programlama yaklaşımını içeren modellerin kullanılmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür.

Yukarıda bahsedilen tüm analiz ve yorumlamalarda sonra literatür taramasında verilen Spiess ve Florian (1989)' un geliştirdiği belirli bir stratejiye bağlı olarak seçilen hat kümesi (rasyonel hatlar) içerisinden belirli olasılık dahilinde (hatların sefer sıklığına dayalı bir biçimde) seçimine dayanan ayrıca rota seçiminde lineer programlama yaklaşımı kullanan Strateji Tabanlı atama modelinin uygulanması kararlaştırılmıştır.

3.3 Spiess ve Florian (1989)' ın Geliştirdiği Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli

Spiess ve Florian (1989), yaptıkları çalışmada sabit güzergahlı toplu ulaşım hatları kümesinde toplu ulaşım ataması yapan bir model geliştirmişlerdir. Yolcular beklenen seyahat süresini minimize eden stratejiyi seçmektedirler. Problem lineer programlama problemi olarak tanımlanmıştır.

Geliştirdikleri model literatürdeki Strateji tabanlı ilk atama modeli olarak yer almaktadır. Çalışmanın son hali, yolcuların taleplerini kullanıcıların perspektiflerine göre atamak için 2 aşamalı algoritmaya dönüştürülmüştür.

Spiess ve Florian yolcuların davranışlarını, erişimin beklenen değeri şeklinde; başka bir deyişle bekleme ve araç içindeki sürenin ya da bu zaman bileşenlerinin toplam değerini minimize ederek yansıtmıştır. Algoritmalarının ilk kısmında, başlangıç ve bitiş noktası arasında transferi de içeren toplam beklenen sürenin bileşenleri hesaplanmaktadır. İkinci kısımda ise rasyonel güzergâh kümesinden seçim stratejisine göre talepler atanmaktadır. Spiess ve Florian' ın algoritması EMME-2 toplu ulaşım modelleme programı içerisinde de kullanılmaktadır. Spiess ve Florian(1989) yaklaşımlarında kalabalıktan kaynaklanan rahatsızlık etkisini, kullanıcı dengesi atama modellerinin içindeki konforsuzluk fonksiyonu aracılığıyla dikkate almıştır.

Patterson (2010) yapmış olduğu çalışmada klasik toplu ulaşım atama modellerinde kullanılan “**En Kısa Yol Yöntemi**” ile Spiess ve Florian(1989) geliştirmiş olduğu “**Optimum Strateji Yöntemi**” arasındaki farkları aşağıdaki biçimde özetlemiştir. İki yaklaşım arasındaki fark aşağıdaki örnek ağ üzerinde daha net bir biçimde görülecektir.

Tablo 3.1 En Kısa Yol Yöntemi” ile Spiess ve Florian (1989) geliştirmiş olduğu “Optimum Strateji Yöntemi” arasındaki farklar (Patterson, 2010)

En Kısa Yol Yöntemi	Optimum Strateji Yöntemi
• Başlangıç ve bitiş arasında en iyi rota seçilir. • Rota, genel bir maliyet fonksiyonunu minimize eder. • Maliyet fonksiyonu yürüme, bekleme, araç içi süre gibi bileşenlerden oluşmaktadır.	• Yolcu geçen ilk hatta binış yapar. • Sıklıkları ve araç içi süreleri dikkate alınarak birçok rota seçimi yapılır. • Beklenen seyahat süresinizi minimize eden strateji seçilir.

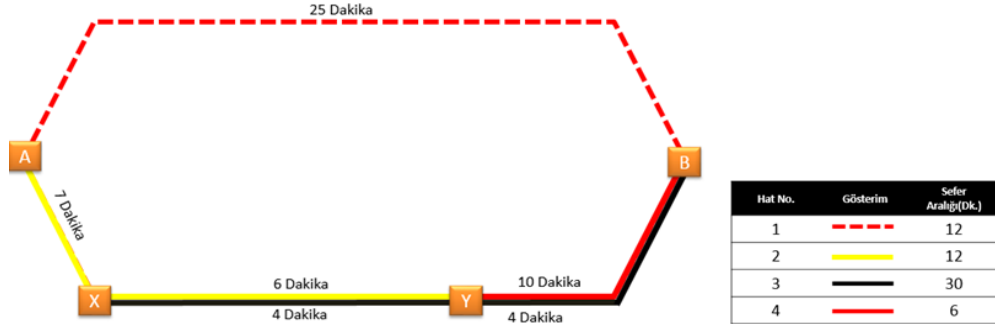
“T” önceden belirlenmiş düğümlerden, yolcuların iniş-biniş hareketlerinin belirli bir sıraya göre oluşturulmuş bu düğümlerde yaptığı toplu ulaşım hatlarından ve iki düğümü birleştiren kesimlerden (linklerinden) oluşan toplu ulaşım ağı olarak kabul edilirse modelde yolcuların kendilerini en kısa sürede hedef noktalarına ulaştıracak rotayı seçecekleri kabulü yapılmıştır.

Yolculuk yapan bir kişi beklediği düğümünden sonraki düğümlerde hizmet veren hatları tam olarak bildiği varsayımından hareketle yolcular çeşitli alternatifler içesinden kendileri için en uygun olan rotayı seçmekte oldukları söylenebilir. Bu bağlamda yolcuyu hedef noktasına ulaştıran kurallar kümesinin her biri “Strateji” olarak adlandırılmıştır.

Örneğin Şekil 3.1’ de verilen ağdaki A noktasından B noktasına ulaşmak isteyen bir yolcunun A noktasında 2 no.lu hatta binip Y noktasında 3 no.lu aktarma yaparak B noktasına ulaşması bir stratejidir. Strateji yolcuların seçimlerinde kullandıkları rasyonel hat kümesi içerisinde yer alan hatların oluşturduğu seçeneklerden her biri olarak da tanımlanabilmektedir. Verilen bir stratejiye göre bir yolculuğun mekanizması aşağıdaki gibi oluşturulabilir (Spiess ve Florian, 1989).

0. Düğümün başlangıç düğümü olarak ayarlanması
1. Rasyonel hatlar kümesi içerisinde yer alan hatlardan düğüme ilk varana biniş yapılması
2. Önceden belirlenmiş bir düğümden iniş yapılması

3. Eğer iniş yapılan düğüm varış düğümü ise yolculuğun bitirilmesi değilse iniş yapılan düğümün geçerli düğüm olarak ayarlanıp birinci adıma dönülmesi.



Şekil 3.1 Örnek toplu ulaşım ağı (Spiess ve Florian, 1989)

Bir stratejinin uygulanabilir olması için yolcuyu başlangıç düğümünden bitiş düğümüne ulaştıran rasyonel hat kümesi içerisinde yer almalı ve döngülerden oluşmamalıdır. Bu bağlamda dört düğüm ve dört toplu ulaşım hattından oluşan Şekil 1' de verilen örnek toplu ulaşım ağında A, X ve Y başlangıç noktasından B hedef noktasına ulaşan 75 farklı farklı strateji bulunmaktadır.

Tablo 3.3' de verilen örnekte bekleme süreleri toplu ulaşım hatlarına ait sefer aralıklarının yarısı olarak hesaplanmış ve aynı düğümdeki sıklık değerlerinin lineer olarak birleştiği kabulü yapılmıştır. Tablodaki “ hat biniş olasılığı” durağı kullanan hatta binme olasılığını göstermektedir. Hat biniş olasılığı değerleri Denklem 3.9 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Spiess ve Florian, 1989).

$$P = f_i / \sum f \quad (3.9)$$

Denklem 3.9' da verilen;

f_i : i. Hattı ait sıklık değeri

$\sum f$: Stratejide yer alan tüm hatların sıklık değerlerinin toplamını göstermektedir.

Tablo 3.2 Örnek toplu ulaşım ağındaki rasyonel hat kümesi (Spiess ve Florian, 1989)

Düğüm Adı	Cazibeli Hatlar(Hat →Çıkış Düğümü Adı)	Bekleme Süresi(Dakika)	Hat Olasılıkları			
			1	2	3	4
A	1 → B	6	1,00	---	---	---
A	2 → X	6	---	1,00	---	---
A	2 → Y	6	---	1,00	---	---
A	1 → B, 2 → X	3	0,50	0,50	---	---
A	1 → B, 2 → Y	3	0,50	0,50	---	---
X	2 → Y	6	---	1,00	---	---
X	3 → Y	15	---	---	1,00	---
X	3 → B	15	---	---	1,00	---
X	2 → Y, 3 → Y	4,3	---	0,71	0,29	---
X	2 → Y, 3 → B	4,3	---	0,71	0,29	---
Y	3 → B	15	---	---	1,00	---
Y	4 → B	3	---	---	---	1,00
Y	3 → B, 4 → B	2,5	---	---	0,17	0,83

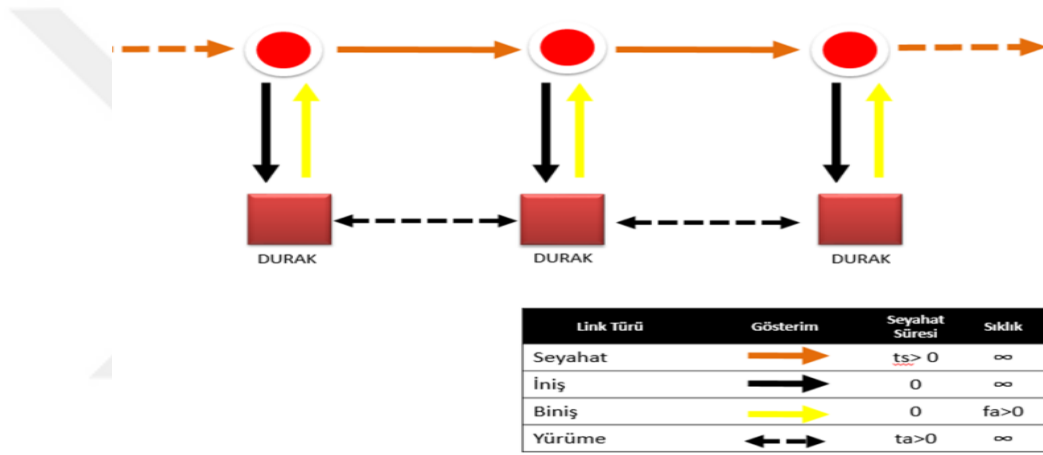
Görüldüğü üzere dört düğüm ve dört toplu ulaşım hattından oluşan örnek ağda bile 75 farklı strateji bulunmakta olup daha büyük ağlarda tüm olasılıkların enumerasyon ile hesaplanıp sıralanması mümkün olamamaktadır. Bu nedenden dolayı beklenen seyahat süresini minimize eden optimum stratejinin (A^*) hesaplanması amacıyla Spiess ve Florian (1989) yolculuktaki hareketlerin tamamını içeren Strateji-Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli oluşturmuşlar ve model sonuçlarını iki aşamalı bir algoritma yardımıyla elde etmişlerdir.

Spiess ve Florian (1989)' a göre bit toplu ulaşım yolculuğu genel olarak şu yolculuk hareketlerinin bazılarından ya da tamamından oluşmaktadır;

- Başlangıç noktasından toplu ulaşım durağına erişim
- Bir aracı bekleme
- Araç içi seyahat
- Araçtan iniş
- Duraklar arası yürüme
- Toplu ulaşım durağından hedef noktasına varış

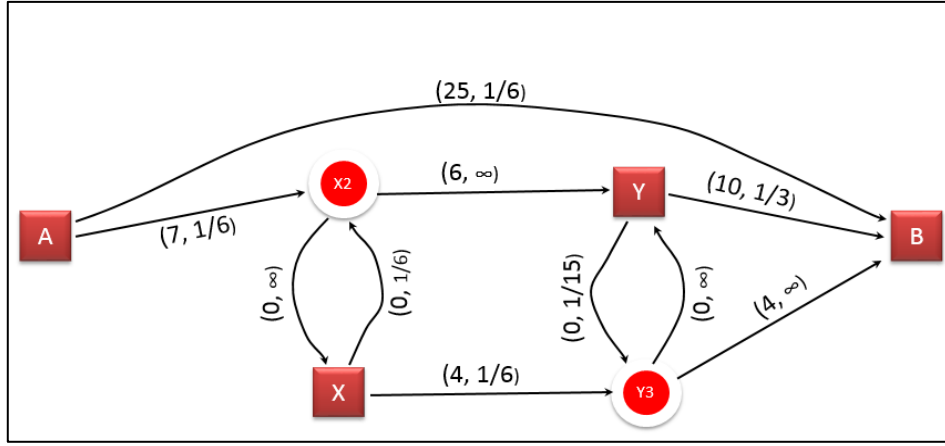
Yukarıda verilen yolculuk hareketlerinden “Bir aracı bekleme” hareketi dışındakiler negatif olmayan zaman (ya da maliyet) ile ölçülürken “Bir aracı bekleme” hareketi ise durağa ulaşım toplu ulaşım araçlarının arasındaki sürenin istatistiksel dağılımı kullanılarak ölçülmektedir (Şekil 3.2).

Çalışmada, her yolculuk sabit sürenin yanı sıra bekleme sürelerinin dağılımını da içermektedir. Çalışmada tüm yolculuk hareketleri düğümlere bağlı linklerle (kesimler) tanımlanmıştır. Örnek bir toplu ulaşım ağı $G=(I,A)$ ile ifade edilirse; I: Toplu ulaşım ağındaki düğümler kümesini, A: toplu ulaşım ağındaki linkler kümesini göstermektedir.



Şekil 3.2 Toplu ulaşım ağındaki kesimler (Spiess ve Florian, 1989)

Spiess ve Florian (1989) toplu ulaşım ağındaki her bir linki ($a \in A$) (c_a, G_a) çifti ile tanımlamışlardır. İfadedeki c_a ; negatif olmayan link seyahat süresini, G_a ; ise bekleme süresi için oluşturulan dağılım fonksiyonunu göstermektedir. Şekil 3.3’ te örnek toplu ulaşım ağının gösterimi verilmektedir. Örnek üç tip yolculuk hareketi içermektedir: bekleme (seyahat süresi yok), araç içi seyahat (bekleme yok) ve iniş (seyahat ve bekleme süresi yok). Toplu ulaşım ağının sadeleşmesi için eğer bir düğüme sadece (c_{a1}, G_{a1}) ile ifade edilen a_1 gelen linki bağlanırken sadece $(c_{a2}, G_{a2}=\Delta)$ ile ifade edilen a_2 linki bu düğümden çıkıyorsa; bu iki link $(c_a = c_{a1} + c_{a2}, G_a = G_{a1})$ ile tanımlanan tek bir a linki ile gösterilebilir.



Şekil 3.3 Örnek toplu ulaşım ağındaki kesimler (Sadeleştirilmiş) (Spiess ve Florian, 1989)

Spiess ve Florian (1989) optimum stratejiyi elde etmek amacıyla geliştirmiş olduğu Strateji-Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli yapısını oluşturan amaç fonksiyonu ve kısıtlar aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$\text{Min} \sum_{a \in A} c_a v_a + \sum_{i \in I} w_i \quad (3.10)$$

$$w_i = \frac{V_i}{\sum_{a \in A_i^+} f_a x_a}, i \in I \quad (3.11)$$

$$\sum_{a \in A_i^+} v_a - \sum_{a \in A_i^-} v_a = g_i, i \in I \quad (3.12)$$

$$v_a \leq f_a w_i, \quad a \in A_i^+, \quad i \in I \quad (3.13)$$

$$v_a \geq 0, \quad a \in A \quad (3.14)$$

Denklemlerde verilen;

$A=\{a\}$	:link kümesi
$I=\{i\}$	:düğüm kümesi
A_i^+	: i düğümünden ayrılan link kümesi
A_i^-	: i düğümüne ulaşan link kümesi
$.r$	: hedef düğümü
$.g_i$	: i düğümünden r düğümüne olan yolculuk talebi, $r \in I-\{i\}$
V_i	: i düğümündeki hacim
$.w_i$	: i düğümündeki toplam bekleme süresi
$.v_a$	: a linki üzerindeki hacim
$.c_a$	: a linkindeki yolculuk maliyeti
$.f_a$	: a linkinin sıklığı
$.x_a$	: link optimum stajiyeye dahilse 1, değilse 0 olan değişkeni ifade etmektedir (Spiess ve Florian, 1989) (Yoon, Sohn, Lee, 2003).

Modelde aynı hatta ait araçların duraklara varış süreleri arasındaki zaman farklarının eksponansiyel dağılım olduğu varsayılmıştır. Amaç fonksiyonunun ve kısıtların lineer formda olması çözümü kolaylaştırmaktadır. Modelin son hali, yolcuların taleplerini kullanıcıların perspektiflerine göre atamak için düğümlere atanan değerlerin adım adım değiştirilmesine dayanan 2 aşamalı algoritmaya dönüştürülmüştür (Spiess ve Florian, 1989).

Algoritmanın işlem adımları şu şekildedir;

1. KISIM: Optimum Stratejinin Bulunması

1.1 (Başlatma) $u_i := \infty, i \in I-\{r\}; u_r := 0;$

$.f_i := 0, i \in I;$

$S := A; \bar{A} := \emptyset;$

1.2 (Diğer Linke Geç) EĞER $S = \emptyset$; İSE DUR,

DEĞİLSE $u_j + c_a \leq u'_j + c'_a, a' = (i', j') \in S$; koşulunu sağlayan;

$.a = (i, j) \in S$ linkini BUL

$$S:=S-\{a\};$$

1.3 (Düğüm Değerinin Güncellenmesi) EĞER $u_i \geq u_j + c_a$ İSE

$$u_i := \frac{f_i u_i + f_a (u_j + c_a)}{f_i + f_a}$$

$$.f_i := f_i + f_a, \bar{A} := \bar{A} + \{a\};$$

ADIM 1.2' YE GERİ DÖN.

2. KISIM: Optimum Stratejiye göre Talebin Atanması

2.1 (Başlatma) $V_i := g_i, i \in I;$

2.2 (Yükleme) Tüm linkleri ($a \in A$) $u_j + c_a$ değerlerine göre azalacak şekilde sırala.

$$\text{EĞER } a \in \bar{A} \text{ İSE } v_a := \frac{f_a}{f_i} V_i,$$

$$V_j := V_j + v_a,$$

$$\text{DEĞİLSE } v_a = 0.$$

Algoritma ilk kısmında bütün başlangıç noktalarından bitiş noktasına kadar optimum stratejiler ($\bar{A}$) ve başlangıç noktaları ($i \in I$) ile bitiş noktası (r) arasındaki beklenen seyahat süresi değerleri (u_i^*) hesaplanmaktadır. İkinci kısımda ise rasyonel güzergâh kümesinden seçim stratejisine göre talepler atanmaktadır. Adım 1.1' de hedef düğümü dışındaki tüm düğümlerin beklenen seyahat süresi değerleri (u_i) sonsuz olarak ayarlanırken hedef düğümü için bu değer 0 olarak ayarlanmaktadır. Ayrıca linklere ait birleştirilmiş sıklık değerleri (f_i) de tüm değer 0 olarak ayarlanmaktadır. S kümesi algoritma tarafından incelenmemiş linkleri tanımlamak için kullanılırken, $\bar{A}$ kümesi ise optimum stratejiyi tanımlamak için kullanılmaktadır (Spiess ve Florian, 1989).

Adım 1.2' de öncelikle henüz analiz edilmemiş linkler arasından varış düğümüne en yakın olan seçilir. $u_j + c_a$; linkin i düğümü ile hedef arasındaki süreyi göstermekte olup bu değere i düğümündeki bekleme süresi dahil değildir. Eğer bu değer i düğümündeki u_i , mevcut süreden küçükse a linki optimum strateji kümesine dahil edilerek u_i ve f_i değerleri Adım 1.3' te formülasyona göre güncellenir.

Herhangi bir i düğümündeki u_i değeri ilk kez güncellendiğinde $f_i \times u_i = 0 \times \infty$ olacağından algoritmanın sonuç verebilmesi için bu durum oluştuğunda $0 \times \infty = 1$ olarak alınmıştır. Bütün linklerin analizi yapıldığında algoritmanın birinci adımı tamamlanmaktadır.

Algoritmanın ikinci adımında ise g_i yolculuk talepleri $\bar{A}$ stratejisine göre toplu ulaşım ağına atanmaktadır. Atama sonuçları her a linkine sıklığa bağlı hesaplanan düğüm hacmi V_i oranında atama yapılarak elde edilmektedir. Eğer toplu ulaşım ağına birden fazla varış noktası bulunuyorsa aşağıda verilen adımlar uygulanır.

- (i) (Başlama) link hacimleri $v_a = 0$ olarak ayarlanması;
- (ii) Talebin adım 2.2' nin aşağıdaki biçimde değiştirilerek toplu ulaşım ağına atanması

Tüm linkleri ($a \in A$) $u_j + c_a$ değerlerine göre azalacak şekilde sırala;

$$\text{EĞER } a \in \bar{A} \text{ İSE } v_a := v_a + \frac{f_a}{f_i} V_i,$$

$$V_j := V_j + \frac{f_a}{f_i} V_i,$$

BÖLÜM DÖRT

AKÜTSİS VERİLERİYLE TOPLU ULAŞIM BAŞLANGIÇ-VARIŞ MATRİSİNİN, YOLCULARIN ROTA SEÇİM DAVRANIŞLARININ VE GÜVENİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN ELDE EDİLMESİ: İZMİR KENTİNDE UYGULAMA

Toplu ulaşım sistemlerinde kullanılmakta olan akıllı kartlar, yolculukların hangi zaman aralığında, hangi başlangıç-bitiş çifti arasında, hangi ulaşım türleri kullanılarak gerçekleştirildiğini, kullanıcıları bireysel düzeyde takip ederek tahmin etme imkânı sunmaktadır. Elde edilen çok sayıda bilgi içeren verileri gruplarından çeşitli yazılım programlarında geliştirilen hesap modelleri yardımıyla toplu ulaşım planlamasında kullanılabilecek düzeyde birçok çıktı elde edilebilmektedir.

Bu bağlamda tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle tez çalışmasında kullanılan 2012 Kasım ve Aralık ayları itibariyle İzmir AKÜTSİS’ in genel yapısı ve AKÜTSİS’ den elde edilebilen veri grupları detaylı olarak anlatılmıştır. Sonraki aşamada “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Variş Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” nin temel yapısı açıklanmıştır. İzmir Kenti AKÜTSİS biniş verisi seti kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sonraki aşamada elde edilen B-V matrisi İzmir Ulaşım Ana Planı (İUAP, 2009) kapsamında oluşturulan analiz bölgeleri bazında revize edilerek edilen sonuçlar yine İUAP (2009) çalışması kapsamında kentte yapılmış hane halkı anketinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak AKÜTSİS verilerinin hane halkı ulaşım anketi yerine kullanılabilirliği vurgulanmıştır.

Dördüncü bölümün sonunda ise AKÜTSİS verileri kullanılarak ölçülebilecek ve yolcuların seyahat davranışlarını etkileyebilecek performans parametrelerinden olan güvenilirlik parametreleri geliştirilen hesap modeli kullanılarak otobüs hatları içerisinden seçilenler için hesaplanmış, elde edilen sonuçların istatistiki analizleri yapılmıştır.

4.1 İzmir Kentinde AKÜTSİS

1999 yılında toplu ulaşımda; kâğıt biletlerin yerine kullanılmak üzere AKÜTSİS uygulamasına geçilmiştir. 2000 yılında ise; ulaşımda, deniz, metro ve otobüs sistemleri entegre edilmiş ve ücret toplama sisteminde tüm toplu ulaşım türlerinde (vapur- metro- otobüs) aynı akıllı kart ile yolculuk yapma imkanı sağlanmıştır. Ağustos 2008’ den itibaren Aktarmalı Ulaşım Sistemi’nin üçüncü aşamasında kentiçi toplu ulaşımda “tek tarife” uygulamasına gidilerek vatandaşlara 90 dakika içinde ikinci ve daha sonraki binişler için “limitsiz biniş” hakkı getirilmiştir (ESHOT, 2009). İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen toplu ulaşım türlerine biniş yapan yolculuklara ait bilgiler AKÜTSİS’ de depolanmakta ve sistemdeki hazır raporlama menüleri ile sonuçlar istenildiği şekilde değerlendirilmektedir.

2012 yılı bilgilerine göre sistemden elde edilebilen birinci ve ana veri grubu kart(ID) bazında biniş bilgisidir. Kart(ID) bazında biniş bilgisi içerisinde, kartın biniş yaptığı durak, kullandığı hat numarası ve hattın yönü, saat, aktarma durumu ve kart tipi(tam, öğrenci) gibi veriler içermektedir (Şekil 4.1). Veri Kart (ID) bazında biniş verisi kapsamında elde edilen bilgiler aşağıda özetlenmiştir (Tablo 4.1).

TARİH	HAT_NO	YON	ALIAS_NO	KART_NO	BİNİŞ_ZAMANI	UCRET_TİPİ	AKTARM	DURAK_ID	OTOBUS_ID
01.11.2012	720	Gidiş	0111531726	0061200001430232	01.11.2012 06:26:33	Tam	Normal	11552	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111533727	0061200001372226	01.11.2012 17:58:26	Tam	Normal	10798	26318
01.11.2012	00720	Gidiş	0111538986	0061200001383026	01.11.2012 18:47:53	Tam	Aktarmalı	11480	29414
01.11.2012	00720	Gidiş	0111539131	0061200001395276	01.11.2012 18:40:42	Tam	Normal	11566	29414
01.11.2012	00720	Gidiş	0111550402	0061200001912259	01.11.2012 08:05:40	Tam	Aktarmalı	99999	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111552720	0061200001972648	01.11.2012 08:08:33	Tam	Normal	11556	26318
01.11.2012	00720	Gidiş	0111552803	0061200001971850	01.11.2012 16:52:58	Tam	Normal	11566	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111555065	0061200002142581	01.11.2012 18:13:11	Tam	Normal	11470	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111557186	0061200001947482	01.11.2012 18:49:32	Tam	Normal	10814	26367
01.11.2012	00720	Gidiş	0111557243	0061200001946942	01.11.2012 16:40:09	Tam	Normal	10820	29414
01.11.2012	00720	Gidiş	0111560131	0061200001967305	01.11.2012 08:15:47	Tam	Normal	11482	26318
01.11.2012	00720	Gidiş	0111560678	0061200001969947	01.11.2012 14:43:11	Tam	Normal	11552	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111560790	0061200001971063	01.11.2012 08:46:03	Tam	Normal	11488	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111565241	0061200001860857	01.11.2012 06:26:49	Tam	Normal	11552	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111568287	0061200001831237	01.11.2012 20:27:00	Tam	Normal	11484	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111568474	0061200001829188	01.11.2012 12:12:17	Tam	Normal	99999	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111568474	0061200001829188	01.11.2012 12:12:21	Tam	Normal	99999	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111569616	0061200001855255	01.11.2012 06:10:15	Tam	Normal	11482	26373
01.11.2012	00720	Gidiş	0111572775	0061200001812472	01.11.2012 07:40:10	Tam	Normal	11484	26433
01.11.2012	00720	Gidiş	0111574527	0061200001861139	01.11.2012 08:47:33	Tam	Normal	11484	26321
01.11.2012	00720	Gidiş	0111579205	0061200001708195	01.11.2012 11:39:31	Tam	Normal	11556	29414
01.11.2012	00720	Gidiş	0111586065	0061200001616519	01.11.2012 09:19:31	Tam	Normal	11554	29414

Şekil 4.1 Akıllı Kart Sistemi veri grubu

Tablo 4.1 Akıllı kart sistemi veri grubunda yer alan bilgiler

Veri Adı	Tanım
Tarih	Verinin sisteme yüklendiği tarih bilgisi
Hat No	Otobüs hattının akıllı kart sistemi veri tabanındaki altı basamaklı kod numarası ya da diğer türlere ait istasyon/iskele adı
Yön	Otobüs hattına ait yön bilgisi (gidiş, dönüş ya da 1-2) (Biniş otobüse yapılıyorsa)
Alias No	Toplu ulaşım sisteminde kullanılan her karta (Akıllı Kart) verilen bir numara türü
Kart No	Toplu ulaşım sisteminde kullanılan her karta (Akıllı Kart) verilen kart numarası
Biniş Zamanı	Akıllı kartın metro/banliyö istasyonlarındaki ve vapur iskelelerindeki turnikelerde ve otobüslerde bulunan validatörlerce okunma zamanı
Ücret Tipi	Basılan karta ait ödenen ücret tipi bilgisi (Tam, Öğrenci, Öğretmen v.b)
Aktarma	Validatöre okutulan karta ait 90 dakika içindeki aktarmalı yolculuk bilgisi (aktarmalı, aktarmasız ya da 0,1,2 v.b)
Durak ID	Otobüsün bulunduğu durak kodu (Biniş otobüse yapılıyorsa)
Otobüs ID	Otobüsün Sistemdeki numarası (Biniş otobüse yapılıyorsa)

AKÜTSİS veri grubu içerisine yer alan “99999” numaralı Durak ID bilgileri otobüslerin duraklardaki kuyruklanma hareketi sebebiyle kartın biniş yaptığı durağın tanımlanamadığını ifade etmektedir.

Ayrıca otobüs hatları için AKÜTSİS (ID) verileri, otobüs hatlarına ait hat durak listeleri ile otobüslere ait plaka (ya da Otobüs ID) bilgileri ile birlikte gruplandırılarak ikinci veri grubu olan “Durak Yoğunluk Raporu” oluşturulmaktadır. Durak yoğunluk raporunda otobüs hatlarında hizmet veren her bir otobüsün duraklara varış-ayrılış zamanları, duraklarda geçirdiği zaman, duraklarda biniş sayısı bilgileri bulunmaktadır (Şekil 4.2). Durak Yoğunluk Raporu verisi kapsamında elde edilen bilgiler aşağıda özetlenmiştir (Tablo 4.2).

HAT_KODU	BUS_ID	PLAKA	STOP_ID	DURAK_ADI	YON	SIRA_NO	VARIS_ZAM	AYRILIS_ZAM	ZAMAN	YOLCU_SAYI
23001	29445	PY859	20052	Bayındırlık İskele	Gidis	9	1.2012 12:34:20	1.2012 12:34:48	0,47	1
23001	29445	PY859	20050	Körfez	Gidis	10	1.2012 12:35:05	1.2012 12:35:17	0,2	
23001	29445	PY859	20048	Makine Mühür	Gidis	11	1.2012 12:35:33	1.2012 12:35:59	0,43	
23001	29445	PY859	20046	Salhane İş Mer	Gidis	12	1.2012 12:36:04	1.2012 12:36:14	0,17	
23001	29445	PY859	20044	Zafer Payzın K	Gidis	13	1.2012 12:37:12	1.2012 12:37:22	0,17	
23001	29445	PY859	20042	Egem	Gidis	14	1.2012 12:37:27	1.2012 12:37:36	0,15	
23001	29445	PY859	20040	Çınarlı Hastane	Gidis	15	1.2012 12:37:48	1.2012 12:38:03	0,25	
23001	29445	PY859	11890	Altınyaz	Gidis	16	1.2012 12:38:14	1.2012 12:38:42	0,47	
23001	29445	PY859	11888	Halkapınar 2	Gidis	17	1.2012 12:39:05	1.2012 12:39:22	0,28	
23001	29445	PY859	10350	Mürselpaşa	Gidis	18	1.2012 12:45:19	1.2012 12:46:05	0,77	
23001	29445	PY859	10128	Çardak	Gidis	19	1.2012 12:47:30	1.2012 12:48:35	1,08	3
23001	29445	PY859	10126	Borsa	Gidis	20	1.2012 12:50:20	1.2012 12:50:34	0,23	
23001	29445	PY859	10102	İskele	Gidis	21	1.2012 12:52:43	1.2012 12:53:17	0,57	5
23001	29445	PY859	10143	Atatürk Kültür	Gidis	22	1.2012 12:54:44	1.2012 12:54:44	0	
22491	28309	P5786	31187	Aydıncıkent	Gidis	24	1.2012 12:53:50	1.2012 12:54:24	0,57	1
22491	28309	P5786	31189	Dalgın	Gidis	25	1.2012 12:54:48	1.2012 12:55:15	0,45	
21051	27436	U7496	40404	Abil Efendi Car	Gidis	2	1.2012 12:40:22	1.2012 12:40:59	0,62	
21051	27436	U7496	40812	Yasemin	Gidis	3	1.2012 12:41:11	1.2012 12:41:30	0,32	

Şekil 4.2 Durak yoğunluk raporu örneği

Tablo 4.2 Durak yoğunluk raporunda yer alan bilgiler

Veri Adı	Tanım
Hat Kodu	Otobüs hattının akıllı kart sistemi veri tabanındaki altı basamaklı kod numarası
Otobüs ID	Otobüsün sistemdeki numarası
Plaka	Otobüse ait plaka bilgisi
Durak ID	Otobüsün bulunduğu durak kodu
Durak Adı	Otobüsün bulunduğu durak adı
Yön	Otobüs hattına ait yön bilgisi (1: Gidiş, 2: Dönüş)
Sıra No	Otobüsün bulunduğu durağın sıra numarası
Varış Zamanı	Otobüsün durağa vardığı andaki tarih ve saat bilgisi
Ayrılış Zamanı	Otobüsün duraktan ayrıldığı andaki tarih ve saat bilgisi
Süre	Otobüsün duraktaki bekleme süresi
Yolcu Sayısı	Otobüse ilgili duraktan biniş yapan yolcu sayısı

4.2 AKÜTSİS Verileriyle B-V Matrisi ve Yolculuk Rota Seçimi Hesap Modelinin Geliştirilmesi

4.2.1 Hesap Modelinin Geliştirilmesi

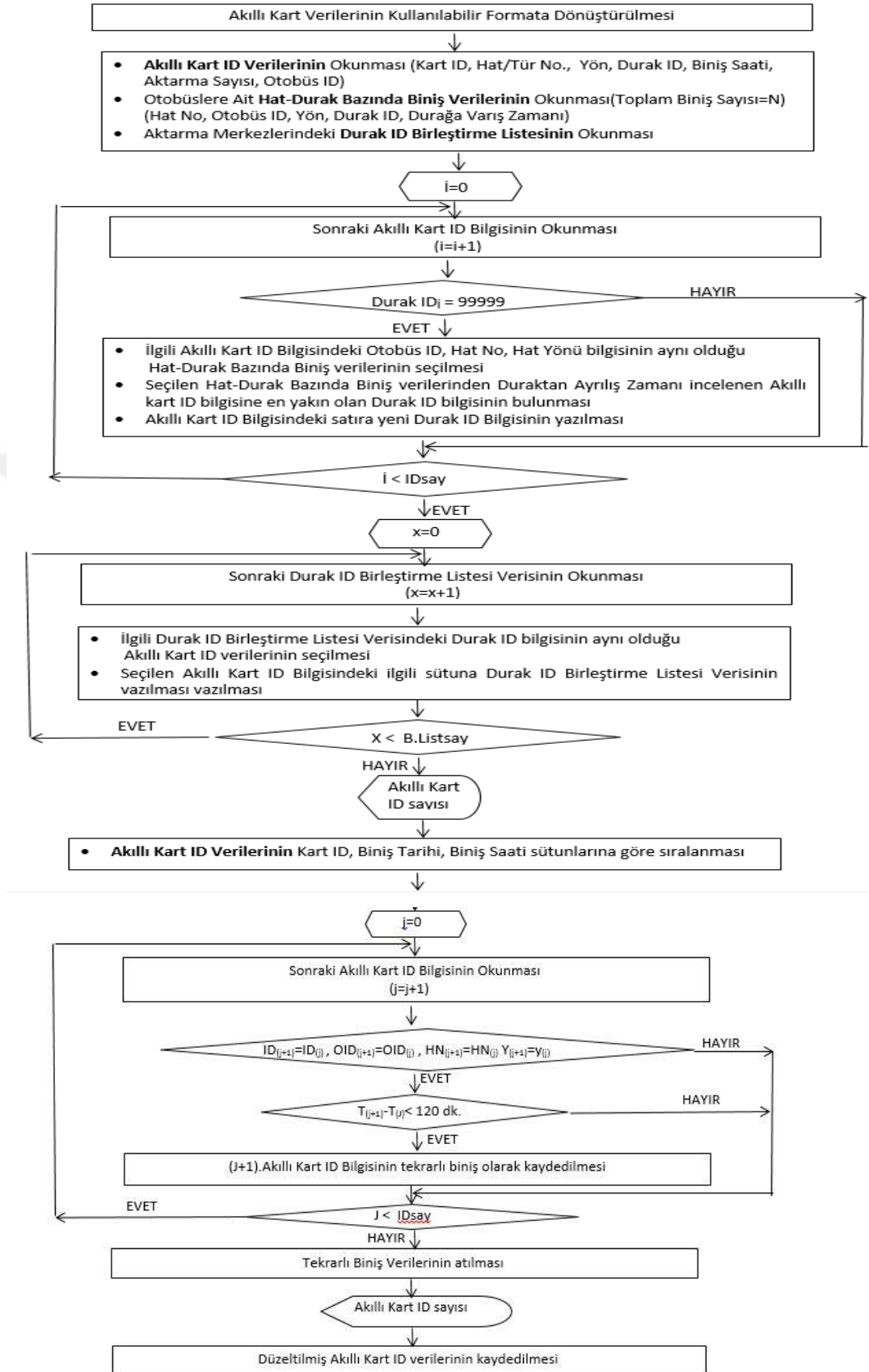
Tez çalışması kapsamında İzmir AKÜTSİS bilgilerinin analizi yapılarak dört aşamalı “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Varış Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” geliştirilmiştir. Hesap modelinde, kentteki toplu ulaşım sistemini kullanan yolculara ait yolculuk zinciri kurularak toplu ulaşım yolculuklarına ait bir başlangıç-varış matrisinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Hesap modeli aşağıda detaylandırılmıştır.

AŞAMA 1: Hataların Düzeltilmesi

Modelin ilk aşamasında öncelikle AKÜTSİS Bilgileri kullanılabilir formata dönüştürülmüş ve otobüslerin duraklarda kuyruklanma hareketleri ve duraklar arasında akıllı kartların validatörlere okutulması sebebiyle durak bilgisine erişilemeyen biniş bilgilerine modelde yer alan algoritma yardımıyla Durak ID Bilgisi eklenmiştir (Şekil 4.3).

Sonrasında ise Aktarma Merkezlerindeki farklı durak ID bilgileri aynı durak ID olacak şekilde düzenlenmiş aynı otobüs/istasyon/iskele' de aynı kartla çoklu biniş bilgileri ya da aynı seyahat içinde başkası içinde okutulan biniş verileri tespit edilerek modelin hatalı sonuç vermesine neden olabilecek biniş verileri elenmiştir.

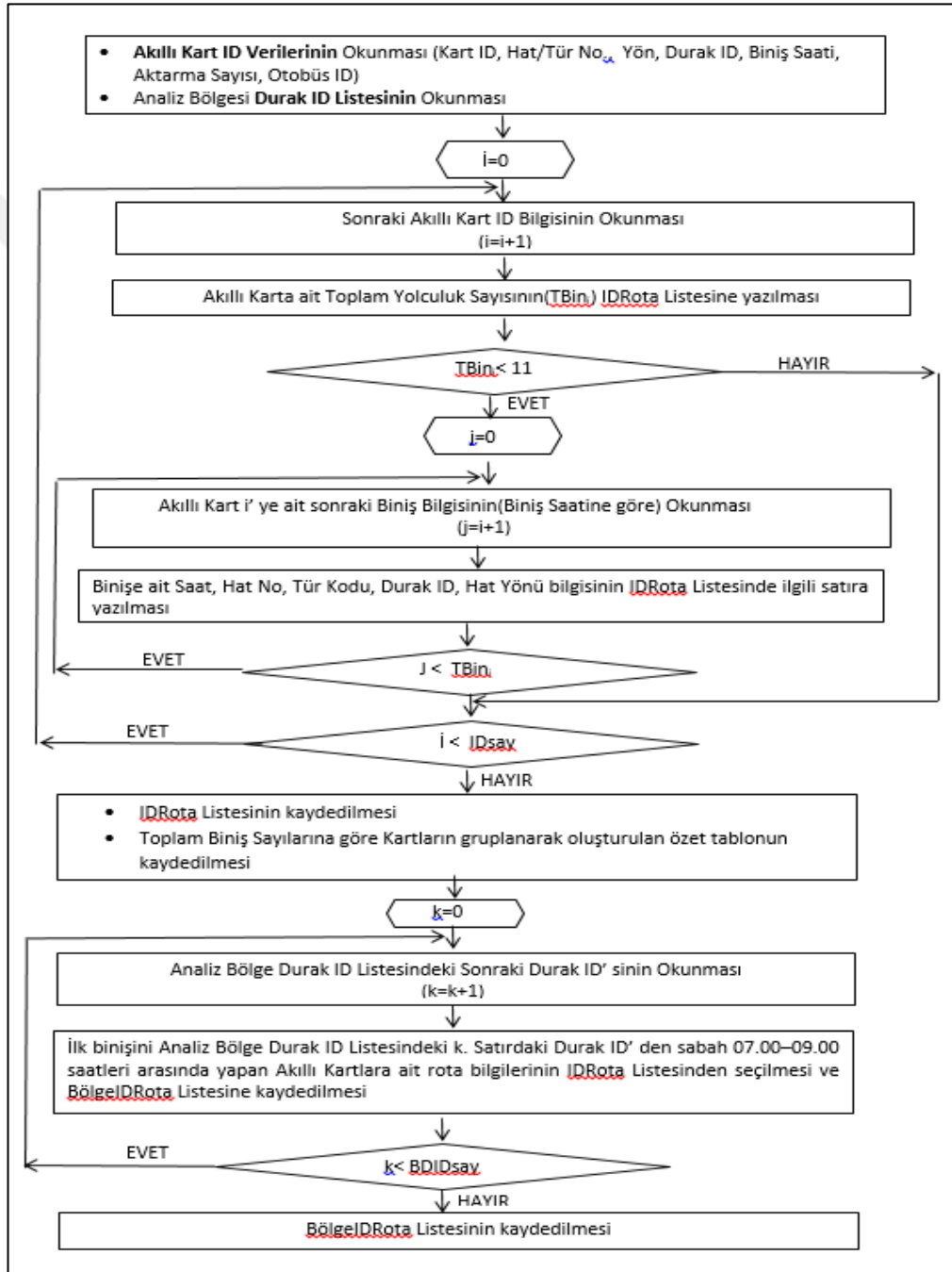
Şekil 4.3' de verilen IDsay: analizi yapılan akıllı kart verisi sayısını, BListsay: Aktarma Merkezlerindeki farklı durak ID bilgilerini tek bir Durak ID olacak şekilde birleştirmek için kullanılan Durak ID Birleştirme Listesinin satır sayısını, ID: Akıllı kart kod numarasını, OID: otobüs ID numarasını, HN: hat numarasını, Y: hattın yön bilgisini, T ise biniş zamanını, ifade etmektedir.



Şekil 4.3 Birinci aşamaya ait akış diyagramı

AŞAMA 2: Rotaların Çıkarılması

Modelin ikinci aşamasında akıllı kart biniş bilgileri kişi(kart) bilgilerine dönüştürülmüş, her Akıllı Kartın(Kişinin) Binişlerine ait, Saat, Durak-İstasyon-İskele Kodu, Hat Numarası, Hat Yönü, Aktarma Sayısı Bilgisinin biniş saatine göre sıralanarak kişilerin gün içerisindeki izledikleri rotalar çıkarılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 İkinci aşamaya ait akış diyagramı

AŞAMA 3: Varış Noktalarının Tahmin Edilmesi ve Rota Seçimlerinin Belirlenmesi

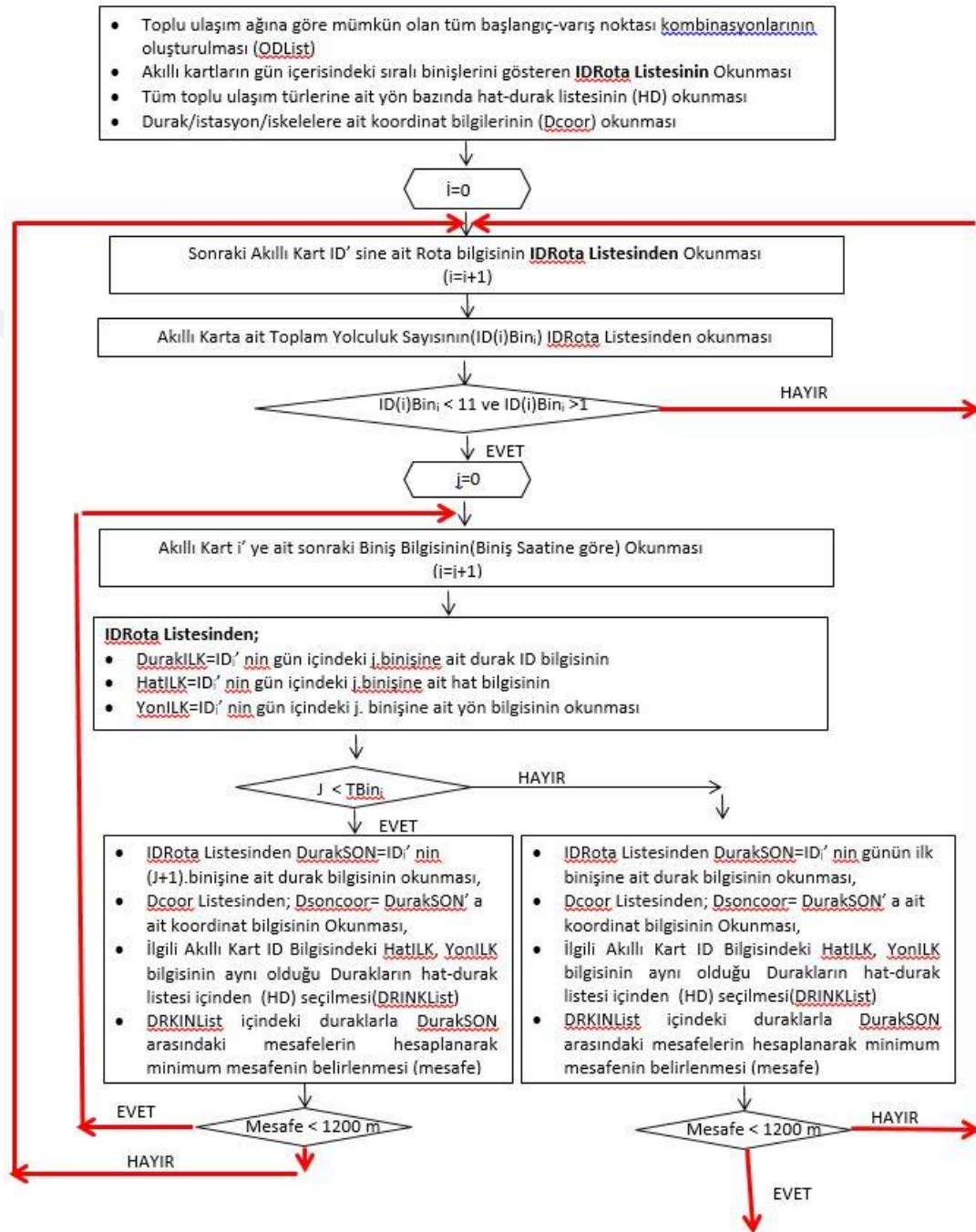
Modelin üçüncü aşamasında kartların iniş yaptıkları durak-istasyon ve iskeleler tahmin edilmiştir. Çalışmada rota bilgisine erişilemeyen tek biniş yapan kartlar ve bir hedef noktası olmadığı düşünülen çok yüksek sayıda biniş yapan kartlar (10 ve üzeri) değerlendirme dışında bırakılmıştır (Şekil 4.5 ve 4.6)

Kartın gün içerisindeki son yolculuğundan önceki yolculuklar için ilgili yolcuğunda kullanmış olduğu otobüs/metro/vapur hattının biniş yönündeki duraklarına ait koordinatlar ile sonraki yolculuğunda yolculukta biniş yaptığı durak/istasyon' un koordinat bilgisi, kullanılarak uzaklıklar belirlenmiş ve ek yakın uzaklıkta yer alan durakta kartın iniş yaptığı varsayımı yapılmıştır (Şekil 4.7' de verilen d1 ve d2 mesafeleri). En kısa uzaklığın 1200 metreden küçük olması şartı aranmıştır. Bu mesafe Munizaga ve Palma (2012) 1500 metre ve Trepanier ve diğer. (2007) ise 2000 metre olarak kabul edilmiş olup tez çalışmasında 1200 metre olarak öngörülmüştür.

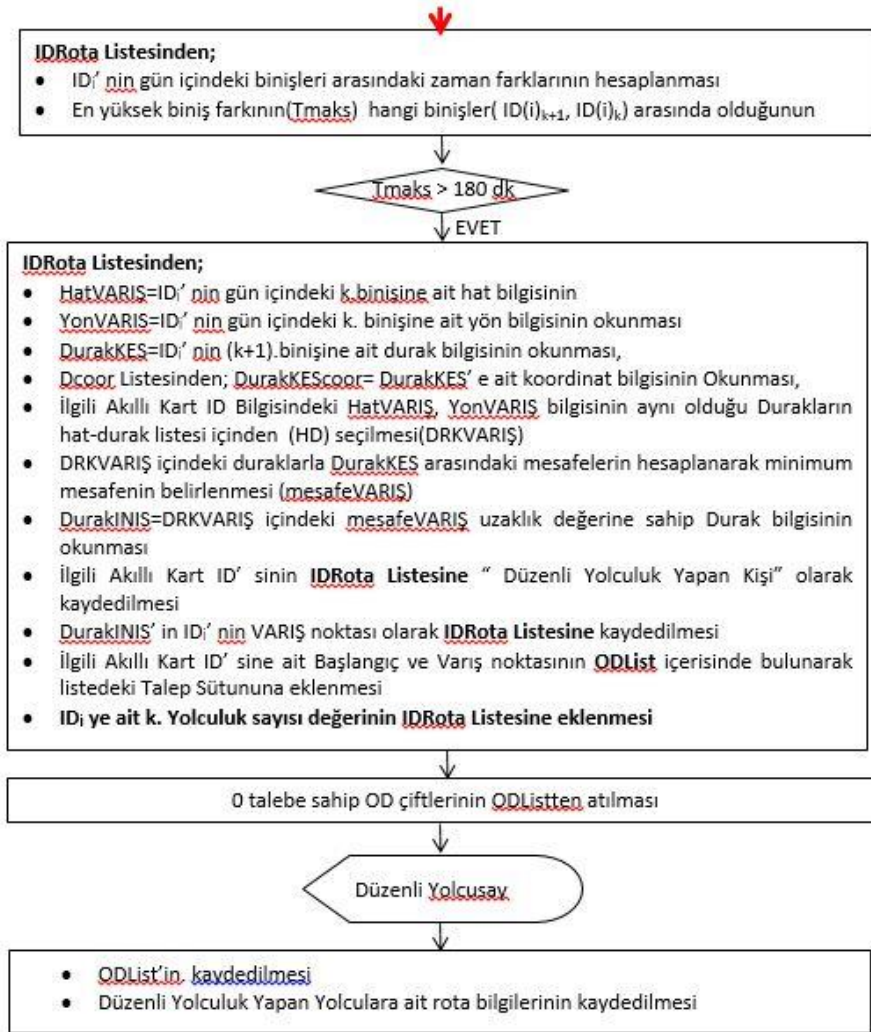
Akıllı kartın gün içindeki son binişinde ise son binişini gerçekleştirdiği otobüs/metro/vapur hattının biniş yapılan yöndeki duraklarına ait koordinatlar ile kartla sabah ilk biniş yapılan durak/istasyon' un koordinat bilgisiyle aralarındaki uzaklıklar belirlenmiş ve en kısa uzaklığın (Şekil 4.7' de verilen d3 mesafesi) 1200 metre olarak belirlenen yürüme mesafesinden küçük olması şartı aranmıştır.

Şekil 4.7' deki B1 K kartının gün içerisindeki ilk binişini, B2 K kartının gün içerisindeki ikinci binişini, B3 K kartının gün içerisindeki üçüncü binişini ifade etmektedir. Koşulların tamamını sağlayan kartlar “***Yolculuk Zinciri Tamamlanmış Kart***” olarak tanımlanmış olup bu kartlara ait hedef noktaları gün içerisindeki binişler arasındaki zaman farkları dikkate alınarak (Şekil 4.7' de verilen T1, T2 değerleri) belirlenmiştir. En uzun zaman farkının elde edildiği iki yolculuktan ilk yolculukta iniş yapılan durak/istasyon/iskele, varış noktası olarak kabul edilmiştir. Varış noktasının bulunmasında maksimum zaman farkının 180 dakikadan küçük olmaması gerektiği varsayılmıştır.

Kartın gün içerisindeki kaçınıcı yolculuğunda varış noktasına ulaştığı belirlenerek kartın seyahatini varış noktasına aktarmalı ya da aktarmasız olarak yaptığı belirlenmiştir.



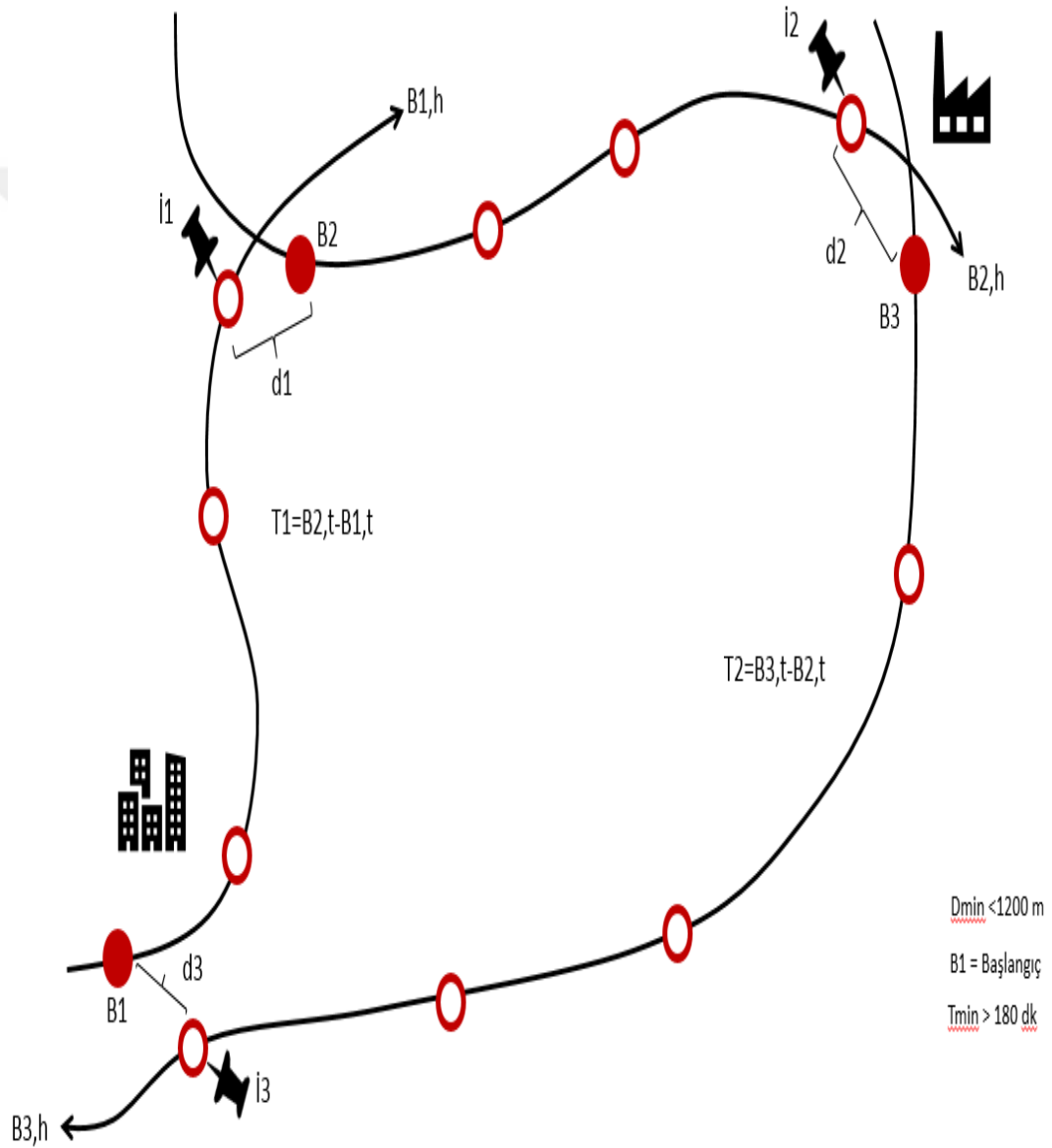
Şekil 4.5 Üçüncü Aşamaya ait akış diyagramı (1/2)



Şekil 4.6 Üçüncü aşamaya ait akış diyagramı (2/2)

Bu bilgi özet tablo haline getirilerek aynı B-V çifti arasında aktarmalı ve aktarmasız seyahat yüzdeleri çıkarılmış böylece *Yolcuların Rota Seçimleri* elde edilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen algoritmanın literatürde benzer çalışmalarda kullanılan algoritmalarından Barry ve diğerleri (2002), Li ve diğerleri (2011), (Wilson 2009), Nassir ve diğerleri (2011), en önemli farklı "her yolculuğun günün sonunda başlangıç noktasına dönüş yaptığı" varsayımının kullanılmayıp kişilerin günü sonunda yolculuklarına başladıkları noktaya dönüş yapıp yapmadıklarını algoritmaya eklenen kısıtlarla test edilmesidir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen algoritma genel olarak Munizaga ve Palma (2012) ve Trepanier ve diğer. (2007)' in geliştirmiş oldukları varsayımları birleştirmekle beraber modele eklenen çeşitli algoritmalarla İzmir kenti için özelleştirilmiş olup hatalı veriler düzeltilmeye çalışılmış böylece modelin başarımlı oranı arttırılmıştır.



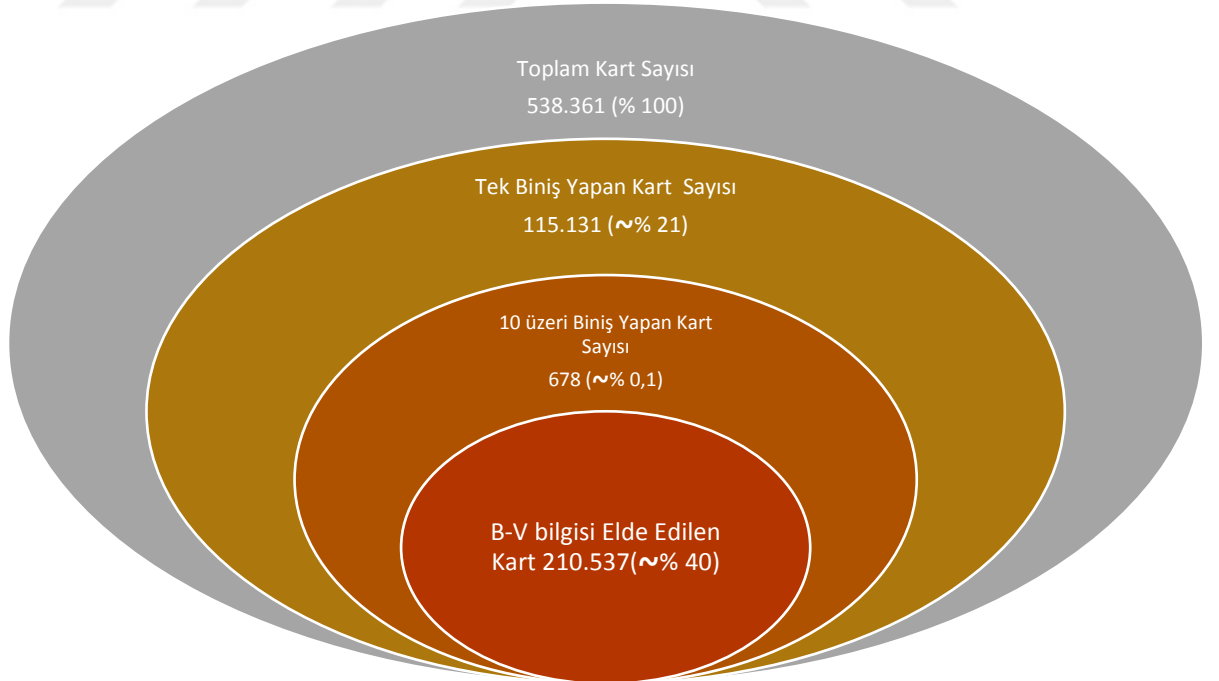
Şekil 4.7 Yolculukların hedef noktalarına ait akış şeması

4.2.2 Hesap Modeli Sonuçlarının Analizi

Çalışma kapsamında 22.11.2012 Perşembe gününe ait AKÜTSİS sistemi veri setinin analizi yapılmıştır. Analiz tarihinde 538.361 kart(kişi) tarafından 1.494.491 biniş yapılmıştır. Geliştirilen algoritma yardımıyla AKÜTSİS' e biniş durağı kaydedilemeyen 87.967 binişin 85.174'üne (yaklaşık % 97 si) biniş durağı ataması yapılmış olup 37.909 tekrarlı biniş elenmiştir.

Şekil 4.8' de görüldüğü üzere durak/istasyon/iskele noktalarında yolculuklarına başlayan **538.361** kişinin yaklaşık % 40'na ait (**210.537 kişi**) hedef (varış) noktası hesap modeli tarafından hesaplanmıştır. Tek biniş yapan kişiler analiz harici tutulduğunda bu oran yaklaşık % 50' ye ulaşmaktadır.

Örnek yolculuklara ait rota seçimleri ve başlangıç-varış noktası bilgileri Tablo 4.3' de yer almaktadır.

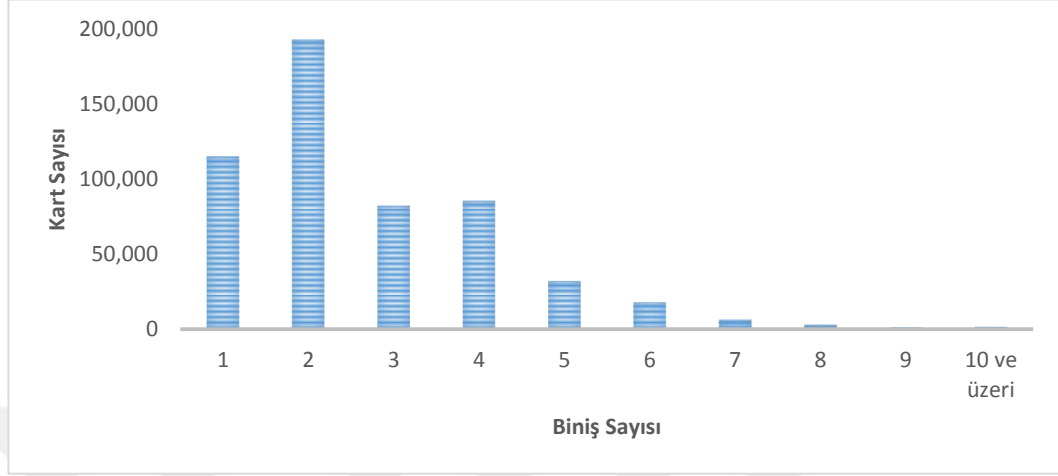


Şekil 4.8 Hesap modeli analiz sonuçları özeti

Tablo 4.3 Kişilere ait yolculuk rota bilgileri ve varış noktaları

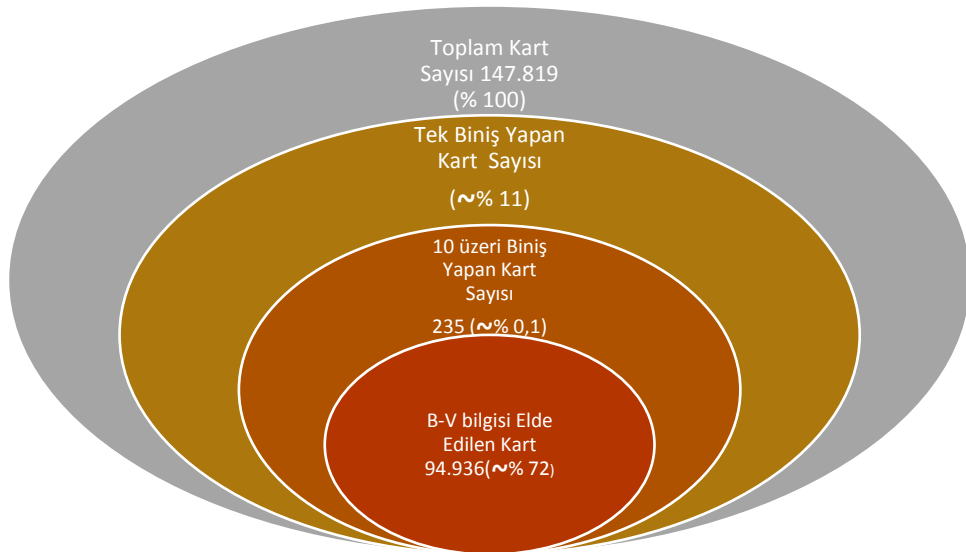
Tarih	Kart ID	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	1. Biniş				2. Biniş				3. Biniş				4. Biniş				Varış Durakına Ulaşan Yolcu No.					
				Biniş Saati	Biniş Durak ID	Biniş No	Biniş Yön	Biniş Sayısı	Biniş Saati	Biniş Durak ID	Biniş No	Biniş Yön	Biniş Sayısı	Biniş Saati	Biniş Durak ID	Biniş No	Biniş Yön	Biniş Sayısı							
13/11/2012	6,09E+13	2	10177	50007	71713	10177	169	2	0	140951	10292	986	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27/11/2012	6,09E+13	2	10177	50007	72354	10177	169	2	0	143704	10292	986	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11/12/2012	6,09E+13	3	10177	50007	72852	10177	169	2	0	132328	10292	986	1	0	171020	10002	980	2	0	0	0	0	0	0	1
8/11/2012	6,09E+13	3	10177	50007	70539	10177	169	2	0	143927	10292	986	1	0	172759	10322	986	2	0	0	0	0	0	0	1
22/11/2012	6,09E+13	3	10177	50007	73329	10177	169	2	0	134202	10292	986	1	0	175553	10322	986	2	0	0	0	0	0	0	1
12/12/2012	6,09E+13	3	10177	50007	71943	10177	169	2	0	130036	10292	986	1	0	161811	10002	980	2	1	0	0	0	0	0	1
14/12/2012	6,11E+13	2	10177	50023	85022	10177	8	2	0	164410	50022	460	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27/11/2012	6,11E+13	2	10177	50023	84539	10177	209	2	0	171530	50022	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29/12/2012	6,11E+13	2	10177	50023	83653	10177	305	2	0	163904	50022	305	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19/12/2012	6,11E+13	2	10177	50023	85233	10177	8	2	0	173120	50022	460	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25/12/2012	6,11E+13	2	10177	50023	84223	10177	209	2	0	165638	50022	320	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7/11/2012	6,1E+13	2	10177	50031	82221	10177	8	2	0	144209	50032	554	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28/12/2012	6,1E+13	2	10177	50031	83437	10177	8	2	0	144707	50032	554	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5/12/2012	6,1E+13	2	10177	50031	82842	10177	554	2	0	144322	50032	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21/11/2012	6,1E+13	3	10177	50031	83250	10177	7	2	0	145824	50032	8	1	0	175242	10322	8	2	0	0	0	0	0	0	1
6/12/2012	6,1E+13	3	10177	50031	83652	10177	7	2	0	144354	50032	8	1	0	170837	10322	8	2	0	0	0	0	0	0	1
12/12/2012	6,1E+13	3	10177	50031	80623	10177	8	2	0	144233	50032	209	1	0	201330	50012	311	1	0	0	0	0	0	0	1
13/12/2012	6,1E+13	3	10177	50031	82611	10177	554	2	0	144402	50032	554	1	0	180013	10322	8	2	0	0	0	0	0	0	1
13/11/2012	6,1E+13	4	10177	50031	82531	10177	209	2	0	144039	50032	554	1	0	162422	50885	169	1	0	175651	10106	169	2	0	1
27/12/2012	6,1E+13	4	10177	50031	82819	10177	8	2	0	144740	50032	554	1	0	153911	50018	554	1	1	182044	10322	8	2	0	1

Kartların gün içerisindeki biniş sayılarının dağılımı ise Şekil 4.9’ da yer almaktadır.



Şekil 4.9 Kartlara ait biniş sayıları

Kent genelinde sabah zirve saatlerde (07:00-09:00 saatleri arası) ilk yolculuklarına başlayan 147.819 adet akıllı kart analiz edildiğinde ise kartların yaklaşık %64’ üne ait (**94.936 kişi**) hedef (varış) noktasının hesap modeli tarafından hesaplanabildiği görülmektedir. Tek biniş yapan kişiler analiz harici tutulduğunda bu oran yaklaşık % 72’ ye ulaşmaktadır (Şekil 4.10).

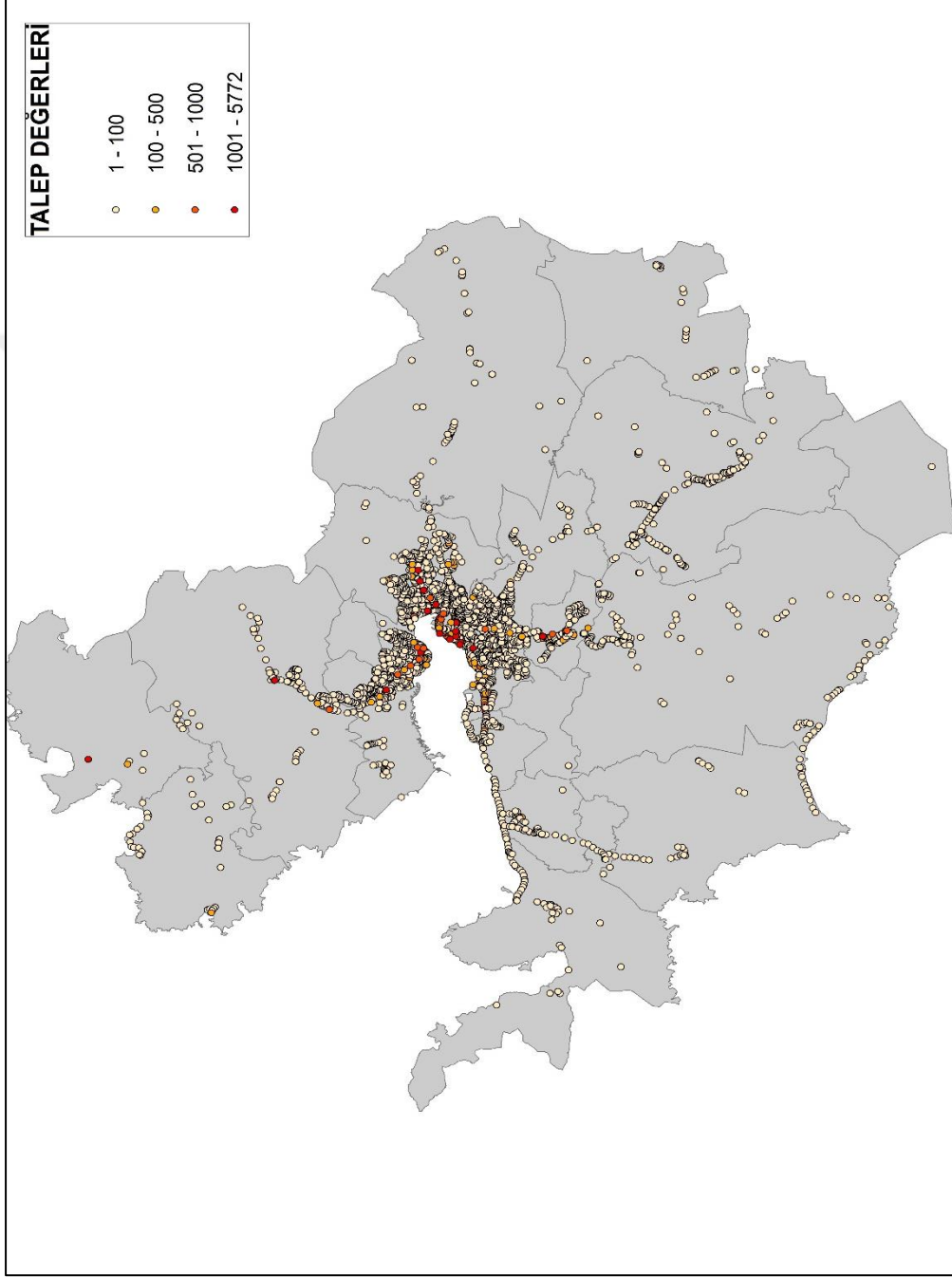


Şekil 4.10 Hesap modeli analiz sonuçları özeti (Sabah zirve saati dilimi için)

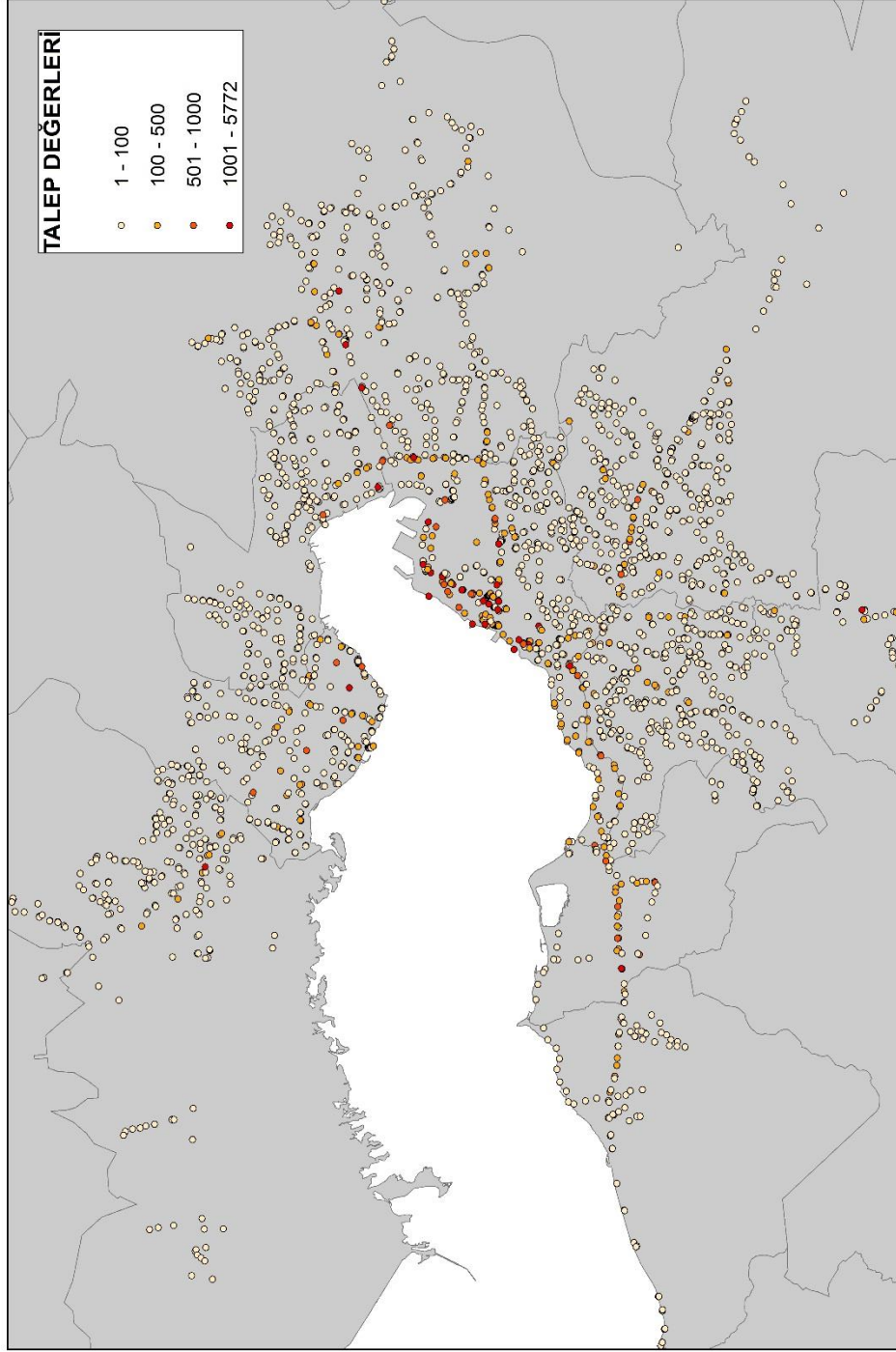
Yolculuklara ait hedef noktaları incelendiğinde özellikle kent merkezi içerisinde yer alan duraklara yoğun bir yolculuk talebi olduğu görülmektedir (Tablo 4.4, Şekil 4.11, Şekil 4.12). Kent merkezi içerisindeki talebin dağılımı incelendiğinde ise iş merkezlerinin, resmi kurumların ve ticari aktivitelerin bulunduğu duraklarda talebin arttığı görülmektedir. Kent merkezi dışında özellikle önemli eğitim ve sağlık tesislerinin bulunduğu Bornova Bölgesi duraklarının da önemli bir çekim merkezi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4 En yoğun yolcu talebinin olduğu durak/istasyon/iskele noktaları (İlk 30 adet)

Sıra No	Durak/İstasyon/ İskele ID	Durak/İstasyon/İskele Adı	Günlük Talep (Kart Sayısı)
1	77703	Çankaya	5772
2	77710	Bornova	4391
3	77711	Ege Üniversitesi	3863
4	10036	Konak	3550
5	77702	Konak	3435
6	44418	Karşıyaka	2546
7	10329	Hocazade Cami	2438
8	10321	Kent Müzesi	2210
9	88804	Pasaport İskele	2197
10	10121	Çankaya	2183
11	10322	Kent Müzesi	2092
12	77704	Basmane	1996
13	10224	Mezarlıkbaşı	1916
14	10020	Bahribaba Alt	1894
15	77707	Stadyum	1853
16	10128	Çardak	1734
17	10338	Tekel	1704
18	88805	Konak İskele	1623
19	10228	Koruluk	1592
20	77709	Bölge	1471
21	44431	Aliağa	1469
22	10415	Alsancak Gar	1459
23	10424	Liman	1397
24	44405	Esbaş	1382
25	44428	Menemen	1376
26	44410	Kemer	1355
27	40065	Hukuk Fakültesi	1207
28	10323	Montrö	1175
29	44423	Çiğli	1158
30	44413	Salhane	1152



Şekil 4.11 Yolcu taleplerinin kent içindeki genel dağılımı



Şekil 4.12 Yolcu taleplerinin kent merkezi içindeki dağılımı

Geliştirilen Hesap Modeli ile her bir kartın gün içerisinde yaptığı yolculuk hareketleri takip edilebilmektedir. Bu sayede her bir karta ait rota bilgisi kullanılarak kişinin hangi hattı ya da hatları kullanarak hedef noktasına ulaştığı aktarmalı yapılan yolculuklarda aktarma yapılan durak bilgileri elde edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Çeşitli B-V çiftleri yolculuk rota seçimleri

B-V Çifti No.	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Toplam Düzenli Yolcu Talebi(Kişi)	Aktarmasız Rota Seçim Talebi(Kişi)	Aktarmasız Rota Seçim Oranı(%)
1	50148	10105	Balçova Belediyesi	Sosyal Sigortalar Kurumu	1009	973	0,96
2	50148	10107	Balçova Belediyesi	Dokuz Eylül Rektörlük	439	422	0,96
3	50148	10020	Balçova Belediyesi	Bahribaba Alt	441	416	0,94
4	50148	10415	Balçova Belediyesi	Alsancak Gar	354	343	0,97
5	50146	10105	Kabristan	Sosyal Sigortalar Kurumu	356	332	0,93
6	50148	10103	Balçova Belediyesi	Belediye Sarayı	323	319	0,99
7	50142	10105	Balçova Anadolu Lisesi	Sosyal Sigortalar Kurumu	324	299	0,92
8	50885	10105	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Sosyal Sigortalar Kurumu	296	294	0,99
9	50006	10020	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	297	291	0,98
10	10562	50885	Meşale	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	260	259	1,00
11	50148	10109	Balçova Belediyesi	Alsancak Devlet Hastanesi	256	249	0,97
12	50006	10105	Maliye Meslek Lisesi	Sosyal Sigortalar Kurumu	266	247	0,93
13	50012	10020	Molla Kuyusu	Bahribaba Alt	270	229	0,85
14	50148	10111	Balçova Belediyesi	Talatpaşa	234	227	0,97
15	50885	10020	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Bahribaba Alt	210	209	1,00
16	50148	10204	Balçova Belediyesi	Depo	212	199	0,94
17	50885	10111	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Talatpaşa	194	191	0,98
18	10507	10121	İkinci Oyak Sitesi	Çankaya	167	166	0,99
19	50036	50022	Uludağ	Dokuz Eylül	161	160	0,99
20	50146	10107	Kabristan	Dokuz Eylül Rektörlük	160	160	1,00

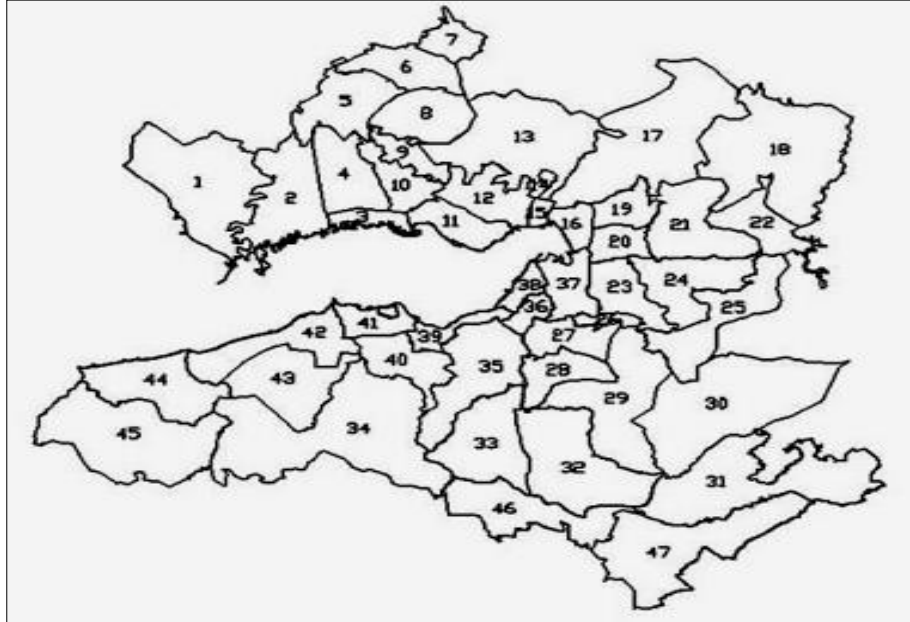
4.3 AKÜTSİS Verileri Kullanılarak Elde Edilmiş Toplu Ulaşım B-V Matrisinin İUAP (2009) Kapsamında Yapılmış Hane Halkı Anketi Sonuçlarıyla ile Karşılaştırılması

Literatür çalışmasında da görüldüğü üzere, AKÜTSİS verilerinden yararlanılarak B-V matrisi tahmin etmeye yönelik çalışmalar yer almaktadır. Ancak AKÜTSİS verisinden elde edilebilecek B-V matrisinin, toplu ulaşım da hane halkı anketi gerekliliğini ortadan kaldırabilecek düzeyde olup olmadığı halen bir soru işaretidir.

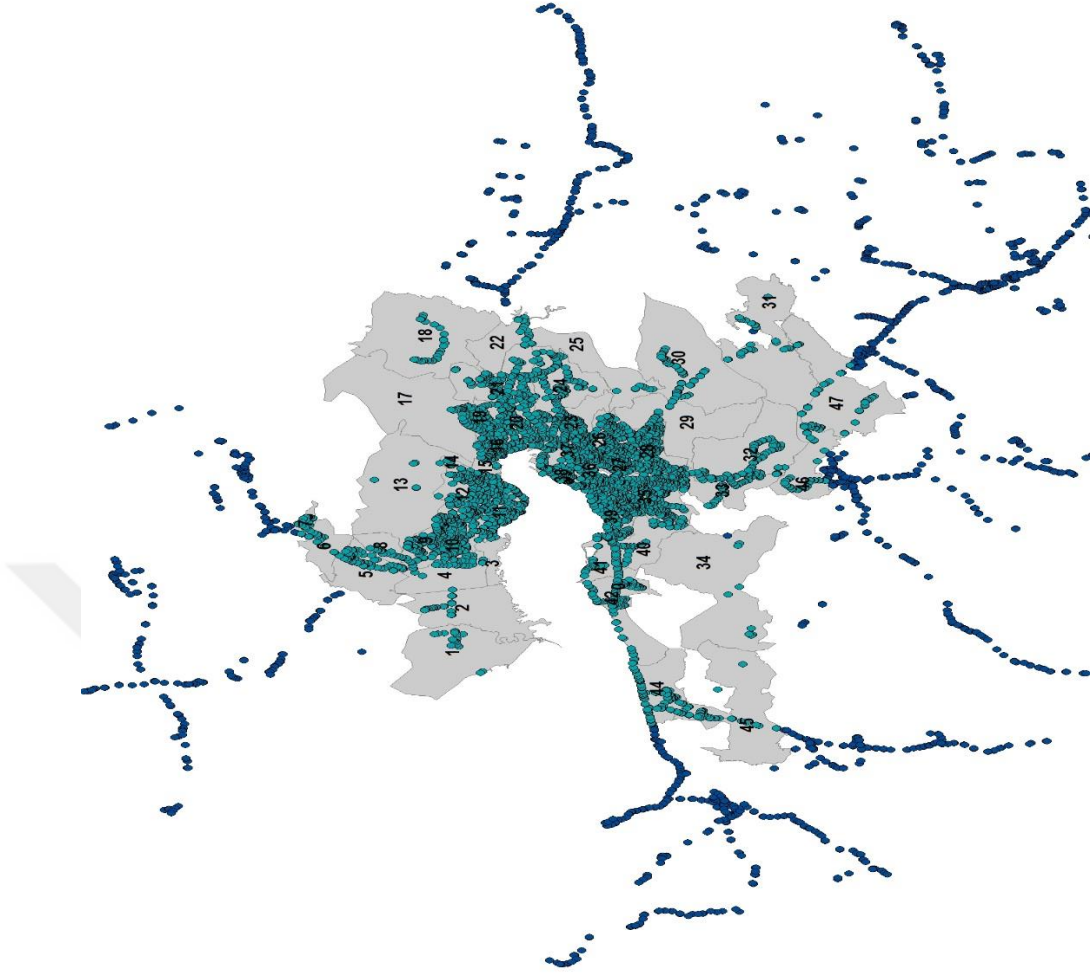
Tez çalışması kapsamında İzmir Kenti AKÜTSİS veri grubunun analizi ile elde edilen durak bazlı B-V matrisi ile 2009 yılı İzmir Ulaşım Ana Planı kapsamında gerçekleştirilen hane halkı anketine göre kentteki toplu ulaşımı kullanan kişilere ait elde edilen B-V matrisi ile karşılaştırılarak ortaya çıkan benzerlik ve farklılıkların analizinin yapılmıştır.

Bu bağlamda Doktora tez çalışması kapsamında geliştirilen “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Variş Matrisi ve Yolculuk Rota Seçimi Hesap Modeli” yardımıyla 22.11.2012 Perşembe günü için elde edilen durak bazındaki Başlangıç-Variş Matrisi yeniden ele alınmıştır.

Öncelikle Kentte yer alan durakların analizi yapılarak 2009 yılı ulaşım ana planı çalışması kapsamında oluşturulan 47 adet Merkez Kent analiz bölgesi sınırları (Şekil 4.13) içerisinde kalan durak noktaları tespit edilmiş ve durak bazlı AKÜTSİS B-V matrisi merkez kentte yer alan analiz bölgeleri sınırlarına (Şekil 4.14) bağlı olarak yeniden oluşturulmuş ve 47 adet merkez kent analiz bölgesine ait B-V matrisi elde edilmiştir.



Şekil 4.13 İzmir Merkez Kent – Ulaşım Analiz Bölgeleri (İUAP, 2009)



Şekil 4.14 Durak/İstasyon/İskele noktalarının analiz bölgelerindeki yerleri

Kentteki 6176 durak/istasyon/iskele noktasının 4106 adedi (yaklaşık % 66' sı) Merkez Kent analiz bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Analiz sonucunda 22.11.2012 Perşembe günü için elde edilen durak bazındaki Başlangıç-Variş Matrisi ile varış noktası tahmin edilen 210.537 kartın 198.935 adedinin (yaklaşık % 95'i) merkez kent analiz bölgeleri arasında yolculuklarını gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. 47 adet merkez kent analiz bölgesine ait elde edilen B-V matrisi, Tablo 4.6, 4.7, 4.8' de verilmiştir. Ayrıca Hane Halkı anketi sonuçları ile karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla her bir analiz bölgesinden çıkan yolculukların diğer analiz bölgelerine dağılım oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.9, 4.10, 4.11).

Tablo 4.6 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Variş Matrisi (1/3)

Bölge No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ara Toplam
1	6	1	0	10	12	0	0	2	29	157	52	15	0	1	0	15	300
2	1	4	0	11	2	0	2	2	6	103	40	6	0	0	0	2	179
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	10	11	0	0	3	0	2	1	23	39	31	11	0	0	0	17	148
5	12	2	0	3	140	3	23	23	83	528	1.166	88	0	0	7	214	2.292
6	0	0	0	0	3	2	2	0	1	6	24	1	0	0	0	7	46
7	0	2	0	2	23	2	12	0	6	42	79	4	0	0	0	20	192
8	2	2	0	1	23	0	0	34	53	293	263	21	2	0	1	24	719
9	29	6	0	23	83	1	6	53	510	987	1.242	288	1	3	12	250	3.494
10	157	103	0	39	528	6	42	293	987	886	2.254	446	7	1	11	486	6.246
11	52	40	0	31	1.166	24	79	263	1.242	2.254	4.826	1.836	9	36	53	1.855	13.766
12	15	6	0	11	88	1	4	21	288	446	1.836	1.290	2	20	25	945	4.998
13	0	0	0	0	0	0	0	2	1	7	9	2	0	0	0	2	23
14	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	36	20	0	0	0	9	70
15	0	0	0	0	7	0	0	1	12	11	53	25	0	0	0	9	118
16	15	2	0	17	214	7	20	24	250	486	1.855	945	2	9	9	1.302	5.157
17	0	0	0	0	1	0	0	0	1	10	21	26	0	0	0	31	90
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	0	8	0	0	3	13	27	149	80	0	0	0	137	418
20	2	1	0	3	54	1	0	12	101	79	672	246	0	3	5	382	1.561
21	1	0	0	1	20	0	0	3	33	33	297	65	1	3	0	219	676
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	5
23	0	0	0	2	32	0	2	3	49	107	276	90	0	4	4	191	760
24	0	0	0	0	20	0	4	5	29	39	93	38	0	1	0	104	333
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	3	2	0	6	130	1	6	14	144	399	1.635	282	0	2	29	725	3.378
28	2	1	0	3	27	0	0	2	23	147	432	85	0	0	9	262	993
29	1	0	0	0	7	0	0	3	13	24	143	15	0	0	1	44	251
30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	5
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
32	2	0	0	1	76	1	5	12	51	200	737	97	1	1	11	370	1.565
33	0	1	0	3	24	2	0	1	4	50	169	35	0	0	2	101	392
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0	0	3	38	0	2	4	71	115	713	253	0	1	4	329	1.534
36	5	0	0	1	5	0	0	0	18	33	169	53	0	0	1	52	337
37	3	4	0	8	187	7	21	56	406	656	1.753	861	7	11	19	1.735	5.734
38	4	5	0	1	235	5	11	122	1.070	948	7.135	1.956	8	21	50	2.519	14.090
39	1	0	0	1	18	0	1	8	71	60	712	151	0	1	2	212	1.238
40	0	0	0	0	9	0	0	0	8	30	283	58	0	0	0	57	445
41	0	0	0	5	10	0	0	0	42	47	543	68	0	2	4	98	819
42	0	0	0	0	2	0	0	0	7	14	106	14	1	0	1	22	167
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	19	9	0	1	0	5	39
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	9
46	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	12	3	0	0	1	8	30
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	6	0	0	0	5	20
Genel Toplam	326	193	0	186	3.198	63	244	967	5.652	9.274	29.841	9.490	41	121	##	12.782	72.639

Tablo 4.7 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (2/3)

Bölge No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Ara Toplam
1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	2	12
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	3	1	0	2	0	0	0	6	3	0	0	0	1	16
5	1	0	8	54	20	0	32	20	0	0	130	27	7	0	0	76	375
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
7	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	6	0	0	0	0	5	17
8	0	0	3	12	3	0	3	5	0	0	14	2	3	0	0	12	57
9	1	0	13	101	33	0	49	29	0	0	144	23	13	1	0	51	458
10	10	0	27	79	33	0	107	39	0	0	399	147	24	0	0	200	1.065
11	21	0	149	672	297	1	276	93	0	0	1.635	432	##	1	0	737	4.457
12	26	0	80	246	65	0	90	38	0	0	282	85	15	0	0	97	1.024
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
14	0	0	0	3	3	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	1	14
15	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	29	9	1	0	0	11	59
16	31	0	137	382	219	4	191	104	0	0	725	262	44	3	2	370	2.474
17	4	0	29	53	29	0	5	3	0	0	4	0	0	0	0	4	131
18	0	0	3	5	18	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31
19	29	3	2.070	2.023	1.030	21	276	171	1	0	223	35	33	0	0	14	5.929
20	53	5	2.023	2.368	3.321	76	549	275	0	0	939	232	59	0	6	47	9.953
21	29	18	1.030	3.321	1.728	98	513	355	1	0	396	75	34	0	1	15	7.614
22	0	0	21	76	98	8	31	77	0	0	4	0	1	0	0	0	316
23	5	4	276	549	513	31	816	390	1	0	372	144	20	3	1	106	3.231
24	3	1	171	275	355	77	390	270	8	0	165	86	13	4	1	20	1.839
25	0	0	1	0	1	0	1	8	0	0	14	0	0	0	0	0	25
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	4	0	223	939	396	4	372	165	14	0	6.122	2.107	##	87	66	1.396	12.621
28	0	0	35	232	75	0	144	86	0	0	2.107	604	##	19	17	429	3.886
29	0	0	33	59	34	1	20	13	0	0	726	138	##	3	4	40	1.665
30	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	87	19	3	4	1	0	121
31	0	0	0	6	1	0	1	1	0	0	66	17	4	1	0	0	97
32	4	0	14	47	15	0	106	20	0	0	1.396	429	40	0	0	364	2.435
33	0	0	11	43	25	0	37	11	0	0	333	115	17	0	1	159	752
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	13	0	275	3.694	1.646	9	506	424	1	0	2.168	458	##	13	8	231	9.695
36	3	0	32	325	131	0	100	70	0	0	778	270	34	1	2	82	1.828
37	65	2	1.179	1.490	748	36	1.330	397	2	0	1.824	965	27	14	7	696	8.782
38	111	3	2.173	4.817	2.185	49	2.291	684	0	0	7.303	3.493	64	5	11	374	23.563
39	5	2	127	1.186	541	5	268	153	1	0	1.662	517	91	7	1	95	4.661
40	5	0	39	408	195	1	103	55	0	0	391	72	34	0	0	20	1.323
41	0	0	68	205	125	1	94	21	0	0	805	169	48	0	0	36	1.572
42	1	0	11	194	81	1	37	21	0	0	232	69	21	0	0	29	697
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	3	40	17	0	13	10	0	0	46	14	4	0	0	2	149
45	0	0	0	7	2	0	1	1	0	0	8	1	1	0	0	0	21
46	0	0	0	5	3	0	8	6	0	0	26	8	1	0	0	35	92
47	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	26	9	1	0	0	75	114
Genel Toplam	424	38	10.265	23.929	13.989	423	8.780	4.026	29	0	31.601	11.039	##	166	129	5.834	113.180

Tablo 4.8 Akıllı Kart Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (3/3)

Bölge No.	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	Ara Toplam	Genel Toplam
1	0	0	1	5	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	326
2	1	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	193
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	0	3	1	8	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	22	186
5	24	0	38	5	187	235	18	9	10	2	0	1	0	2	0	531	3.198
6	2	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	63
7	0	0	2	0	21	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	35	244
8	1	0	4	0	56	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	191	967
9	4	0	71	18	406	1.070	71	8	42	7	0	3	0	0	0	1.700	5.652
10	50	0	115	33	656	948	60	30	47	14	0	1	0	4	5	1.963	9.274
11	169	0	713	169	1.753	7.135	712	283	543	106	0	19	0	12	4	11.618	29.841
12	35	0	253	53	861	1.956	151	58	68	14	0	9	1	3	6	3.468	9.490
13	0	0	0	0	7	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	16	41
14	0	0	1	0	11	21	1	0	2	0	0	1	0	0	0	37	121
15	2	0	4	1	19	50	2	0	4	1	0	0	0	1	0	84	261
16	101	0	329	52	1.735	2.519	212	57	98	22	0	5	8	8	5	5.151	12.782
17	0	0	13	3	65	111	5	5	0	1	0	0	0	0	0	203	424
18	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	38
19	11	0	275	32	1.179	2.173	127	39	68	11	0	3	0	0	0	3.918	10.265
20	43	0	3.694	325	1.490	4.817	1.186	408	205	194	0	40	7	5	1	12.415	23.929
21	25	0	1.646	131	748	2.185	541	195	125	81	0	17	2	3	0	5.699	13.989
22	0	0	9	0	36	49	5	1	1	1	0	0	0	0	0	102	423
23	37	0	506	100	1.330	2.291	268	103	94	37	0	13	1	8	1	4.789	8.780
24	11	0	424	70	397	684	153	55	21	21	0	10	1	6	1	1.854	4.026
25	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	333	0	2.168	778	1.824	7.303	1.662	391	805	232	0	46	8	26	26	15.602	31.601
28	115	0	458	270	965	3.493	517	72	169	69	0	14	1	8	9	6.160	11.039
29	17	0	249	34	27	64	91	34	48	21	0	4	1	1	1	592	2.508
30	0	0	13	1	14	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	40	166
31	1	0	8	2	7	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30	129
32	159	0	231	82	696	374	95	20	36	29	0	2	0	35	75	1.834	5.834
33	686	1	895	128	303	1.182	412	294	320	197	0	23	2	16	10	4.469	5.613
34	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	4
35	895	0	10.604	1.081	2.623	15.506	3.506	980	1.182	668	0	161	16	45	22	37.289	48.518
36	128	0	1.081	350	383	1.821	548	81	183	54	0	19	2	19	2	4.671	6.836
37	303	0	2.623	383	2.500	4.876	1.170	366	236	194	0	34	3	40	12	12.740	27.256
38	1.182	1	15.506	1.821	4.876	2.524	6.169	2.102	646	1.210	0	249	22	53	7	36.368	74.021
39	412	0	3.506	548	1.170	6.169	3.618	1.221	1.085	807	0	158	21	10	6	18.731	24.630
40	294	0	980	81	366	2.102	1.221	700	294	796	0	116	46	3	0	6.999	8.767
41	320	2	1.182	183	236	646	1.085	294	460	433	0	145	22	11	1	5.020	7.411
42	197	0	668	54	194	1.210	807	796	433	1.178	0	259	45	4	0	5.845	6.709
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	23	0	161	19	34	249	158	116	145	259	0	110	34	0	0	1.308	1.496
45	2	0	16	2	3	22	21	46	22	45	0	34	2	0	0	215	245
46	16	0	45	19	40	53	10	3	11	4	0	0	0	20	0	221	343
47	10	0	22	2	12	7	6	0	1	0	0	0	0	0	8	68	202
Genel Toplam	5.613	4	48.518	6.836	27.256	74.021	24.630	8.767	7.411	6.709	0	1.496	245	343	202	212.051	397.870

Tablo 4.9 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (1/3)

Bölge No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ara Toplam
1	1,8	0,3	0,0	3,1	3,7	0,0	0,0	0,6	8,9	48,2	16,0	4,6	0,0	0,3	0,0	4,6	92,0
2	0,5	2,1	0,0	5,7	1,0	0,0	1,0	1,0	3,1	53,4	20,7	3,1	0,0	0,0	0,0	1,0	92,7
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	5,4	5,9	0,0	0,0	1,6	0,0	1,1	0,5	12,4	21,0	16,7	5,9	0,0	0,0	0,0	9,1	79,6
5	0,4	0,1	0,0	0,1	4,4	0,1	0,7	0,7	2,6	16,5	36,5	2,8	0,0	0,0	0,2	6,7	71,7
6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	3,2	3,2	0,0	1,6	9,5	38,1	1,6	0,0	0,0	0,0	11,1	73,0
7	0,0	0,8	0,0	0,8	9,4	0,8	4,9	0,0	2,5	17,2	32,4	1,6	0,0	0,0	0,0	8,2	78,7
8	0,2	0,2	0,0	0,1	2,4	0,0	0,0	3,5	5,5	30,3	27,2	2,2	0,2	0,0	0,1	2,5	74,4
9	0,5	0,1	0,0	0,4	1,5	0,0	0,1	0,9	9,0	17,5	22,0	5,1	0,0	0,1	0,2	4,4	61,8
10	1,7	1,1	0,0	0,4	5,7	0,1	0,5	3,2	10,6	9,6	24,3	4,8	0,1	0,0	0,1	5,2	67,3
11	0,2	0,1	0,0	0,1	3,9	0,1	0,3	0,9	4,2	7,6	16,2	6,2	0,0	0,1	0,2	6,2	46,1
12	0,2	0,1	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,2	3,0	4,7	19,3	13,6	0,0	0,2	0,3	10,0	52,7
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	2,4	17,1	22,0	4,9	0,0	0,0	0,0	4,9	56,1
14	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,8	29,8	16,5	0,0	0,0	0,0	7,4	57,9
15	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,4	4,6	4,2	20,3	9,6	0,0	0,0	0,0	3,4	45,2
16	0,1	0,0	0,0	0,1	1,7	0,1	0,2	0,2	2,0	3,8	14,5	7,4	0,0	0,1	0,1	10,2	40,3
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	2,4	5,0	6,1	0,0	0,0	0,0	7,3	21,2
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	1,3	4,1
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,4	0,3	2,8	1,0	0,0	0,0	0,0	1,6	6,5
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	2,1	0,5	0,0	0,0	0,0	1,6	4,8
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,2
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	3,1	1,0	0,0	0,0	0,0	2,2	8,7
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,7	1,0	2,3	0,9	0,0	0,0	0,0	2,6	8,3
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	1,3	5,2	0,9	0,0	0,0	0,1	2,3	10,7
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	3,9	0,8	0,0	0,0	0,1	2,4	9,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,5	1,0	5,7	0,6	0,0	0,0	0,0	1,8	10,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6
32	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,2	0,9	3,4	12,6	1,7	0,0	0,0	0,2	6,3	26,8
33	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	3,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,8	7,0
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,7	3,2
36	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	2,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	4,9
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,2	1,5	2,4	6,4	3,2	0,0	0,0	0,1	6,4	21,0
38	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	1,4	1,3	9,6	2,6	0,0	0,0	0,1	3,4	19,0
39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,9	5,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	3,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	5,1
41	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	7,3	0,9	0,0	0,0	0,1	1,3	11,1
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	2,5
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,3	0,6	0,0	0,1	0,0	0,3	2,6
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	3,3	3,7
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	3,5	0,9	0,0	0,0	0,3	2,3	8,7
47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	2,5	9,9

Tablo 4.10 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (2/3)

Bölge No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Ara Toplam
1	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,6	0,3	0,0	0,0	0,6	3,68
2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,07
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
4	0,0	0,0	0,0	1,6	0,5	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	3,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,5	8,60
5	0,0	0,0	0,3	1,7	0,6	0,0	1,0	0,6	0,0	0,0	4,1	0,8	0,2	0,0	0,0	2,4	11,73
6	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	4,76
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,6	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,97
8	0,0	0,0	0,3	1,2	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	1,4	0,2	0,3	0,0	0,0	1,2	5,89
9	0,0	0,0	0,2	1,8	0,6	0,0	0,9	0,5	0,0	0,0	2,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,9	8,10
10	0,1	0,0	0,3	0,9	0,4	0,0	1,2	0,4	0,0	0,0	4,3	1,6	0,3	0,0	0,0	2,2	11,48
11	0,1	0,0	0,5	2,3	1,0	0,0	0,9	0,3	0,0	0,0	5,5	1,4	0,5	0,0	0,0	2,5	14,94
12	0,3	0,0	0,8	2,6	0,7	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	3,0	0,9	0,2	0,0	0,0	1,0	10,79
13	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	4,88
14	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	3,3	0,8	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	11,57
15	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	11,1	3,4	0,4	0,0	0,0	4,2	22,61
16	0,2	0,0	1,1	3,0	1,7	0,0	1,5	0,8	0,0	0,0	5,7	2,0	0,3	0,0	0,0	2,9	19,36
17	0,9	0,0	6,8	12,5	6,8	0,0	1,2	0,7	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	30,90
18	0,0	0,0	7,9	13,2	47,4	0,0	10,5	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,58
19	0,3	0,0	20,2	19,7	10,0	0,2	2,7	1,7	0,0	0,0	2,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	57,76
20	0,2	0,0	8,5	9,9	13,9	0,3	2,3	1,1	0,0	0,0	3,9	1,0	0,2	0,0	0,0	0,2	41,59
21	0,2	0,1	7,4	23,7	12,4	0,7	3,7	2,5	0,0	0,0	2,8	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	54,43
22	0,0	0,0	5,0	18,0	23,2	1,9	7,3	18,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	74,70
23	0,1	0,0	3,1	6,3	5,8	0,4	9,3	4,4	0,0	0,0	4,2	1,6	0,2	0,0	0,0	1,2	36,80
24	0,1	0,0	4,2	6,8	8,8	1,9	9,7	6,7	0,2	0,0	4,1	2,1	0,3	0,1	0,0	0,5	45,68
25	0,0	0,0	3,4	0,0	3,4	0,0	3,4	27,6	0,0	0,0	48,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,21
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
27	0,0	0,0	0,7	3,0	1,3	0,0	1,2	0,5	0,0	0,0	19,4	6,7	2,3	0,3	0,2	4,4	39,94
28	0,0	0,0	0,3	2,1	0,7	0,0	1,3	0,8	0,0	0,0	19,1	5,5	1,3	0,2	0,2	3,9	35,20
29	0,0	0,0	1,3	2,4	1,4	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	28,9	5,5	##	0,1	0,2	1,6	66,39
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,4	0,0	0,0	52,4	11,4	1,8	2,4	0,6	0,0	72,89
31	0,0	0,0	0,0	4,7	0,8	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	51,2	13,2	3,1	0,8	0,0	0,0	75,19
32	0,1	0,0	0,2	0,8	0,3	0,0	1,8	0,3	0,0	0,0	23,9	7,4	0,7	0,0	0,0	6,2	41,74
33	0,0	0,0	0,2	0,8	0,4	0,0	0,7	0,2	0,0	0,0	5,9	2,0	0,3	0,0	0,0	2,8	13,40
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
35	0,0	0,0	0,6	7,6	3,4	0,0	1,0	0,9	0,0	0,0	4,5	0,9	0,5	0,0	0,0	0,5	19,98
36	0,0	0,0	0,5	4,8	1,9	0,0	1,5	1,0	0,0	0,0	11,4	3,9	0,5	0,0	0,0	1,2	26,74
37	0,2	0,0	4,3	5,5	2,7	0,1	4,9	1,5	0,0	0,0	6,7	3,5	0,1	0,1	0,0	2,6	32,22
38	0,1	0,0	2,9	6,5	3,0	0,1	3,1	0,9	0,0	0,0	9,9	4,7	0,1	0,0	0,0	0,5	31,83
39	0,0	0,0	0,5	4,8	2,2	0,0	1,1	0,6	0,0	0,0	6,7	2,1	0,4	0,0	0,0	0,4	18,92
40	0,1	0,0	0,4	4,7	2,2	0,0	1,2	0,6	0,0	0,0	4,5	0,8	0,4	0,0	0,0	0,2	15,09
41	0,0	0,0	0,9	2,8	1,7	0,0	1,3	0,3	0,0	0,0	10,9	2,3	0,6	0,0	0,0	0,5	21,21
42	0,0	0,0	0,2	2,9	1,2	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	3,5	1,0	0,3	0,0	0,0	0,4	10,39
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
44	0,0	0,0	0,2	2,7	1,1	0,0	0,9	0,7	0,0	0,0	3,1	0,9	0,3	0,0	0,0	0,1	9,96
45	0,0	0,0	0,0	2,9	0,8	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	3,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	8,57
46	0,0	0,0	0,0	1,5	0,9	0,0	2,3	1,7	0,0	0,0	7,6	2,3	0,3	0,0	0,0	10,2	26,82
47	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	12,9	4,5	0,5	0,0	0,0	37,1	56,44

Tablo 4.11 Akıllı Kart Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (3/3)

Bölge No.	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	Ara Toplam	Genel Toplam
1	0,0	0,0	0,3	1,5	0,9	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	100,0
2	0,5	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	100,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	1,6	0,0	1,6	0,5	4,3	0,5	0,5	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	100,0
5	0,8	0,0	1,2	0,2	5,8	7,3	0,6	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	16,6	100,0
6	3,2	0,0	0,0	0,0	11,1	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	100,0
7	0,0	0,0	0,8	0,0	8,6	4,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	100,0
8	0,1	0,0	0,4	0,0	5,8	12,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	100,0
9	0,1	0,0	1,3	0,3	7,2	18,9	1,3	0,1	0,7	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	30,1	100,0
10	0,5	0,0	1,2	0,4	7,1	10,2	0,6	0,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	21,2	100,0
11	0,6	0,0	2,4	0,6	5,9	23,9	2,4	0,9	1,8	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	38,9	100,0
12	0,4	0,0	2,7	0,6	9,1	20,6	1,6	0,6	0,7	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	36,5	100,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	19,5	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0
14	0,0	0,0	0,8	0,0	9,1	17,4	0,8	0,0	1,7	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	30,6	100,0
15	0,8	0,0	1,5	0,4	7,3	19,2	0,8	0,0	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	32,2	0,0
16	0,8	0,0	2,6	0,4	13,6	19,7	1,7	0,4	0,8	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	40,3	100,0
17	0,0	0,0	3,1	0,7	15,3	26,2	1,2	1,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,9	100,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	7,9	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	100,0
19	0,1	0,0	2,7	0,3	11,5	21,2	1,2	0,4	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	100,0
20	0,2	0,0	15,4	1,4	6,2	20,1	5,0	1,7	0,9	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	51,9	100,0
21	0,2	0,0	11,8	0,9	5,3	15,6	3,9	1,4	0,9	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	40,7	100,0
22	0,0	0,0	2,1	0,0	8,5	11,6	1,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	100,0
23	0,4	0,0	5,8	1,1	15,1	26,1	3,1	1,2	1,1	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	54,5	100,0
24	0,3	0,0	10,5	1,7	9,9	17,0	3,8	1,4	0,5	0,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	46,1	100,0
25	0,0	0,0	3,4	0,0	6,9	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	100,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	1,1	0,0	6,9	2,5	5,8	23,1	5,3	1,2	2,5	0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	49,4	100,0
28	1,0	0,0	4,1	2,4	8,7	31,6	4,7	0,7	1,5	0,6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	55,8	100,0
29	0,7	0,0	9,9	1,4	1,1	2,6	3,6	1,4	1,9	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0
30	0,0	0,0	7,8	0,6	8,4	3,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	100,0
31	0,8	0,0	6,2	1,6	5,4	8,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	100,0
32	2,7	0,0	4,0	1,4	11,9	6,4	1,6	0,3	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,6	1,3	31,4	100,0
33	12,2	0,0	15,9	2,3	5,4	21,1	7,3	5,2	5,7	3,5	0,0	0,4	0,0	0,3	0,2	79,6	100,0
34	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
35	1,8	0,0	21,9	2,2	5,4	32,0	7,2	2,0	2,4	1,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	76,9	100,0
36	1,9	0,0	15,8	5,1	5,6	26,6	8,0	1,2	2,7	0,8	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	68,3	100,0
37	1,1	0,0	9,6	1,4	9,2	17,9	4,3	1,3	0,9	0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	46,7	100,0
38	1,6	0,0	20,9	2,5	6,6	3,4	8,3	2,8	0,9	1,6	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	49,1	100,0
39	1,7	0,0	14,2	2,2	4,8	25,0	14,7	5,0	4,4	3,3	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0	76,0	100,0
40	3,4	0,0	11,2	0,9	4,2	24,0	13,9	8,0	3,4	9,1	0,0	1,3	0,5	0,0	0,0	79,8	100,0
41	4,3	0,0	15,9	2,5	3,2	8,7	14,6	4,0	6,2	5,8	0,0	2,0	0,3	0,1	0,0	67,7	100,0
42	2,9	0,0	10,0	0,8	2,9	18,0	12,0	11,9	6,5	17,6	0,0	3,9	0,7	0,1	0,0	87,1	100,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	1,5	0,0	10,8	1,3	2,3	16,6	10,6	7,8	9,7	17,3	0,0	7,4	2,3	0,0	0,0	87,4	100,0
45	0,8	0,0	6,5	0,8	1,2	9,0	8,6	18,8	9,0	18,4	0,0	13,9	0,8	0,0	0,0	87,8	100,0
46	4,7	0,0	13,1	5,5	11,7	15,5	2,9	0,9	3,2	1,2	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	64,4	100,0
47	5,0	0,0	10,9	1,0	5,9	3,5	3,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	33,7	100,0

Sonraki aşamada ise İzmir Ulaşım Ana Planı kapsamında kentte yapılan Hane Halkı Anketi Çalışmasının analizi yapılmıştır. Verilerde her anket yapılan her bir kişinin yolculuğuna hangi analiz bölgesinde başladığı ve hangi analiz bölgesinde tamamladığına bilgiler Excel ortamında yer almaktadır (İUAP, 2009). Hane halkı anketi verileri ile de sadece toplu ulaşım sistemlerini kullanan kişilere ait 21.986 yolculuk değeri içeren bir toplu ulaşım B-V matrisi daha elde edilmiştir (Tablo 4.12, 4.13, 4.14).

Tablo 4.12 Hane Halkı Anketi Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (1/3)

Bölge No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ara Toplam
1	12	1	0	0	1	0	0	0	2	3	1	1	0	0	0	0	21
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	5
5	2	0	0	0	20	5	4	3	2	12	39	11	0	0	0	1	99
6	0	0	0	0	5	0	2	0	0	1	5	0	0	0	0	2	15
7	0	0	0	0	6	1	2	1	0	4	3	0	0	0	0	2	19
8	0	0	0	0	1	0	0	0	2	9	11	1	0	0	0	0	24
9	2	0	0	0	3	0	0	2	39	75	90	15	0	0	0	6	232
10	4	3	0	5	11	1	2	5	61	65	112	30	0	1	0	9	309
11	1	2	0	2	30	3	1	17	77	110	533	182	0	6	0	84	1.048
12	1	0	0	0	10	0	0	1	11	32	200	92	0	1	0	32	380
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	0	0	0	1	11
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	1	1	2	0	5	9	86	27	0	1	0	103	235
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	1	0	0	0	9	235
20	0	0	0	0	0	0	0	0	11	17	111	37	0	0	0	25	235
21	1	0	0	0	4	0	1	1	7	20	21	10	0	0	0	38	235
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	235
23	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6	8	17	0	0	0	18	235
24	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	6	0	0	0	7	235
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
27	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	59	14	0	0	0	18	235
28	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	8	0	0	0	0	3	235
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	235
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1	0	0	0	5	235
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	32	8	0	0	0	23	235
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	2	0	0	0	5	235
37	0	0	0	0	1	0	1	0	8	16	30	12	0	2	0	52	235
38	0	0	0	0	9	0	2	4	27	39	388	111	0	3	0	123	235
39	0	0	0	1	2	0	0	3	10	5	110	14	0	0	0	43	235
40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	20	1	0	0	0	4	235
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	235
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	2	0	0	0	2	235
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
46	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	235
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	235
Genel Toplam	25	6	0	9	105	11	18	38	268	452	1.932	597	0	14	0	619	4.094

Tablo 4.13 Hane Halkı Anketi Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (2/3)

Bölge No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Ara Toplam
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	9	23	9	0	1	2	0	0	2	1	0	0	0	0	47
10	0	0	1	16	20	0	6	0	0	0	9	2	0	0	0	2	56
11	0	0	14	136	17	1	9	5	0	0	66	5	2	0	0	0	255
12	0	0	3	37	15	0	4	6	0	0	16	0	0	0	0	0	81
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	11	26	39	0	16	7	0	0	19	4	0	0	0	1	123
17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
18	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
19	0	0	60	181	40	0	13	15	0	0	10	6	0	0	0	0	325
20	2	8	161	108	117	10	32	25	1	0	50	14	1	0	3	10	542
21	0	0	41	100	71	2	14	11	0	0	17	15	0	0	0	1	272
22	0	0	0	10	2	0	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	19
23	0	0	14	32	20	1	48	30	0	0	16	5	2	0	0	1	169
24	0	0	16	24	11	5	24	15	0	0	9	11	0	0	0	1	116
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	11	50	17	1	11	14	1	0	352	132	2	0	23	25	639
28	0	0	3	15	15	0	8	12	0	0	149	59	9	0	0	7	277
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	12
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	1	0	7
31	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	25	0	0	1	0	0	29
32	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	17	6	0	0	0	12	43
33	0	0	2	14	1	0	1	1	0	0	31	21	2	0	0	16	89
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	4	76	54	0	20	29	0	0	93	36	0	0	1	12	325
36	0	0	1	11	1	1	7	15	0	0	32	7	0	0	0	0	75
37	3	0	43	43	23	4	58	29	0	0	78	27	0	0	1	13	322
38	0	1	95	193	67	1	74	26	0	0	291	119	0	0	4	43	914
39	0	0	14	93	85	0	42	24	0	0	139	36	4	0	0	17	454
40	0	0	0	16	1	3	1	5	0	0	27	9	0	0	0	3	65
41	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	8
42	0	0	0	4	1	0	1	0	0	0	19	7	0	0	0	0	32
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	10	18
47	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	7	3	0	0	1	1	15
Genel Toplam	5	10	504	1.240	637	29	392	278	2	0	1.493	538	22	1	34	176	5.361

Tablo 4.14 Hane Halkı Anketi Verileriyle 47 analiz bölgesi için elde edilen Başlangıç-Varış Matrisi (3/3)

Bölge No.	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	Ara Toplam	Genel Toplam
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
5	1	0	3	0	3	12	5	0	0	0	0	0	0	1	0	25	133
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
7	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
8	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28
9	0	0	2	2	11	39	14	2	0	0	0	0	0	0	0	70	349
10	5	0	14	5	15	43	6	2	0	1	0	0	0	1	0	92	457
11	8	0	74	16	28	423	104	27	7	12	0	0	0	0	2	701	2.004
12	2	0	12	2	11	112	17	6	0	2	0	0	0	0	1	165	626
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	4	0	28	4	53	131	44	5	1	2	0	0	0	0	0	272	630
17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	10
19	2	0	2	1	48	84	14	0	1	0	0	0	0	0	0	152	503
20	16	0	99	15	39	201	107	15	2	5	0	4	0	2	0	505	1.248
21	2	0	71	0	16	69	81	3	0	1	0	0	0	0	0	243	618
22	0	0	0	1	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	9	29
23	6	0	21	8	68	95	48	4	0	0	0	0	0	1	0	251	471
24	7	0	33	15	33	27	21	4	0	0	0	0	0	0	0	140	275
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	47	0	101	33	78	288	134	30	2	19	0	0	0	4	6	742	1.479
28	29	0	37	5	32	171	44	7	1	8	0	0	0	2	1	337	629
29	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7	21
30	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
31	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	36
32	16	0	14	0	10	36	13	3	0	1	0	1	0	11	1	106	149
33	46	0	69	5	11	67	31	14	0	6	0	0	0	8	4	261	366
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	59	0	664	56	88	633	312	68	7	22	0	4	0	10	6	1.929	2.322
36	5	0	71	26	31	212	63	4	1	1	0	1	0	0	2	417	507
37	13	0	111	32	164	277	125	14	3	9	0	9	0	0	1	758	1.202
38	106	0	731	217	269	268	542	126	3	51	0	22	1	10	2	2.348	3.968
39	47	0	455	84	130	589	509	150	23	47	0	18	2	3	3	2.060	2.702
40	10	0	81	5	13	119	127	53	4	30	0	12	4	0	0	458	551
41	0	0	9	1	3	2	20	4	0	4	0	0	0	0	0	43	58
42	7	0	25	1	10	53	40	36	4	35	0	12	0	0	0	223	271
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	6	1	9	24	15	12	0	12	0	25	4	0	0	108	112
45	0	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0	5	0	0	0	12	12
46	12	0	11	0	0	14	3	0	0	0	0	0	0	1	1	42	64
47	3	0	6	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	5	7	29	48
Genel Toplam	456	0	2.751	537	1.185	4.007	2.450	596	59	268	0	113	11	59	39	12.531	21.986

Sonrasında ise yine her bir analiz bölgesinden başlayan toplam yolculuk değerinin diğer bölgelere dağılımı hesaplanmıştır (Tablo 4.15, 4.16, 4.17).

Tablo 4.15 Hane Halkı Anketi Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (1/3)

Bölge No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ara Toplam
1	52,2	4,3	0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	8,7	13,0	4,3	4,3	0	0,0	0	0,0	91,3
2	16,7	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	33,3	0,0	0	0,0	0	0,0	100,0
3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6	14,3	0,0	0	0,0	0	28,6	71,4
5	1,5	0,0	0	0,0	15,0	3,8	3,0	2,3	1,5	9,0	29,3	8,3	0	0,0	0	0,8	74,4
6	0,0	0,0	0	0,0	31,3	0,0	12,5	0,0	0,0	6,3	31,3	0,0	0	0,0	0	12,5	93,8
7	0,0	0,0	0	0,0	24,0	4,0	8,0	4,0	0,0	16,0	12,0	0,0	0	0,0	0	8,0	76,0
8	0,0	0,0	0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	7,1	32,1	39,3	3,6	0	0,0	0	0,0	85,7
9	0,6	0,0	0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,6	11,2	21,5	25,8	4,3	0	0,0	0	1,7	66,5
10	0,9	0,7	0	1,1	2,4	0,2	0,4	1,1	13,3	14,2	24,5	6,6	0	0,2	0	2,0	67,6
11	0,0	0,1	0	0,1	1,5	0,1	0,0	0,8	3,8	5,5	26,6	9,1	0	0,3	0	4,2	52,3
12	0,2	0,0	0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,2	1,8	5,1	31,9	14,7	0	0,2	0	5,1	60,7
13	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	53,3	6,7	0	0,0	0	6,7	73,3
15	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,8	1,4	13,7	4,3	0	0,2	0	16,3	37,3
17	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0	0,2	0	0,0	0	1,8	5,2
20	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,4	8,9	3,0	0	0,0	0	2,0	16,1
21	0,2	0,0	0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,2	1,1	3,2	3,4	1,6	0	0,0	0	6,1	16,7
22	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0	0,0	0	0,0	3,4
23	0,2	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	1,7	3,6	0	0,0	0	3,8	10,8
24	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	1,5	2,2	0	0,0	0	2,5	6,9
25	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	4,0	0,9	0	0,0	0	1,2	6,6
28	0,0	0,0	0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,3	0,0	0	0,0	0	0,5	2,4
29	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0	0,0	0	0,0	9,5
30	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
32	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
33	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	0,3	0	0,0	0	1,4	4,4
34	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	0,3	0	0,0	0	1,0	2,9
36	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	0,4	0	0,0	0	1,0	3,0
37	0,0	0,0	0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	1,3	2,5	1,0	0	0,2	0	4,3	10,1
38	0,0	0,0	0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,7	1,0	9,8	2,8	0	0,1	0	3,1	17,8
39	0,0	0,0	0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	4,1	0,5	0	0,0	0	1,6	7,0
40	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	3,6	0,2	0	0,0	0	0,7	5,1
41	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0	0,0	0	1,7	12,1
42	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,1	0,7	0	0,0	0	0,7	5,9
43	0,0	0,0	#	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	3,1	0,0	0	0,0	0	0,0	6,3
47	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	2,1	0	0,0	0	2,1	8,3

Tablo 4.16 Hane Halkı Anketi Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (2/3)

Bölge No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Ara Toplam
1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	4,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3
5	0,0	0,0	0,0	0,8	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
9	0,0	0,0	2,6	6,6	2,6	0,0	0,3	0,6	0,0	0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5
10	0,0	0,0	0,2	3,5	4,4	0,0	1,3	0,0	0,0	0	2,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	12,3
11	0,0	0,0	0,7	6,8	0,8	0,0	0,4	0,2	0,0	0	3,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	12,7
12	0,0	0,0	0,5	5,9	2,4	0,0	0,6	1,0	0,0	0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	1,7	4,1	6,2	0,0	2,5	1,1	0,0	0	3,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	19,5
17	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
18	0,0	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0
19	0,0	0,0	11,9	36,0	8,0	0,0	2,6	3,0	0,0	0	2,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	64,6
20	0,2	0,6	12,9	8,7	9,4	0,8	2,6	2,0	0,1	0	4,0	1,1	0,1	0,0	0,2	0,8	43,4
21	0,0	0,0	6,6	16,2	11,5	0,3	2,3	1,8	0,0	0	2,8	2,4	0,0	0,0	0,0	0,2	44,0
22	0,0	0,0	0,0	34,5	6,9	0,0	3,4	17,2	0,0	0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,5
23	0,0	0,0	3,0	6,8	4,2	0,2	10,2	6,4	0,0	0	3,4	1,1	0,4	0,0	0,0	0,2	35,9
24	0,0	0,0	5,8	8,7	4,0	1,8	8,7	5,5	0,0	0	3,3	4,0	0,0	0,0	0,0	0,4	42,2
25	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,7	3,4	1,1	0,1	0,7	0,9	0,1	0	23,8	8,9	0,1	0,0	1,6	1,7	43,2
28	0,0	0,0	0,5	2,4	2,4	0,0	1,3	1,9	0,0	0	23,7	9,4	1,4	0,0	0,0	1,1	44,0
29	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	9,5	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	57,1
30	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	44,4	11,1	0,0	0,0	11,1	0,0	77,8
31	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	69,4	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	80,6
32	0,0	0,0	0,0	4,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0	11,4	4,0	0,0	0,0	0,0	8,1	28,9
33	0,0	0,0	0,5	3,8	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0	8,5	5,7	0,5	0,0	0,0	4,4	24,3
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,2	3,3	2,3	0,0	0,9	1,2	0,0	0	4,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,5	14,0
36	0,0	0,0	0,2	2,2	0,2	0,2	1,4	3,0	0,0	0	6,3	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8
37	0,2	0,0	3,6	3,6	1,9	0,3	4,8	2,4	0,0	0	6,5	2,2	0,0	0,0	0,1	1,1	26,8
38	0,0	0,0	2,4	4,9	1,7	0,0	1,9	0,7	0,0	0	7,3	3,0	0,0	0,0	0,1	1,1	23,0
39	0,0	0,0	0,5	3,4	3,1	0,0	1,6	0,9	0,0	0	5,1	1,3	0,1	0,0	0,0	0,6	16,8
40	0,0	0,0	0,0	2,9	0,2	0,5	0,2	0,9	0,0	0	4,9	1,6	0,0	0,0	0,0	0,5	11,8
41	0,0	0,0	1,7	3,4	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0	5,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8
42	0,0	0,0	0,0	1,5	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0	7,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,6
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	9,4	1,6	0,0	0,0	0,0	15,6	28,1
47	0,0	2,1	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	14,6	6,3	0,0	0,0	2,1	2,1	31,3

Tablo 4.17 Hane Halkı Anketi Verilerine göre her bölgede başlayan yolculukların diğer bölgelere dağılım yüzdeleri (3/3)

Bölge No.	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	Ara Toplam	Genel Toplam
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	100,0
5	0,8	0,0	2,3	0,0	2,3	9,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,8	0,0	18,8	100,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	100,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	100,0
9	0,0	0,0	0,6	0,6	3,2	11,2	4,0	0,6	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	100,0
10	1,1	0,0	3,1	1,1	3,3	9,4	1,3	0,4	0,0	0,2	0	0,0	0,0	0,2	0,0	20,1	100,0
11	0,4	0,0	3,7	0,8	1,4	21,1	5,2	1,3	0,3	0,6	0	0,0	0,0	0,0	0,1	35,0	100,0
12	0,3	0,0	1,9	0,3	1,8	17,9	2,7	1,0	0,0	0,3	0	0,0	0,0	0,0	0,2	26,4	100,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	100,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,6	0,0	4,4	0,6	8,4	20,8	7,0	0,8	0,2	0,3	0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	100,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	100,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	10,0	20,0	100,0
19	0,4	0,0	0,4	0,2	9,5	16,7	2,8	0,0	0,2	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	100,0
20	1,3	0,0	7,9	1,2	3,1	16,1	8,6	1,2	0,2	0,4	0	0,3	0,0	0,2	0,0	40,5	100,0
21	0,3	0,0	11,5	0,0	2,6	11,2	13,1	0,5	0,0	0,2	0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,3	100,0
22	0,0	0,0	0,0	3,4	13,8	3,4	0,0	10,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	100,0
23	1,3	0,0	4,5	1,7	14,4	20,2	10,2	0,8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,2	0,0	53,3	100,0
24	2,5	0,0	12,0	5,5	12,0	9,8	7,6	1,5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,9	100,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	3,2	0,0	6,8	2,2	5,3	19,5	9,1	2,0	0,1	1,3	0	0,0	0,0	0,3	0,4	50,2	100,0
28	4,6	0,0	5,9	0,8	5,1	27,2	7,0	1,1	0,2	1,3	0	0,0	0,0	0,3	0,2	53,6	100,0
29	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	100,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	100,0
31	0,0	0,0	2,8	0,0	2,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	2,8	19,4	100,0
32	10,7	0,0	9,4	0,0	6,7	24,2	8,7	2,0	0,0	0,7	0	0,7	0,0	7,4	0,7	71,1	100,0
33	12,6	0,0	18,9	1,4	3,0	18,3	8,5	3,8	0,0	1,6	0	0,0	0,0	2,2	1,1	71,3	100,0
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
35	2,5	0,0	28,6	2,4	3,8	27,3	13,4	2,9	0,3	0,9	0	0,2	0,0	0,4	0,3	83,1	100,0
36	1,0	0,0	14,0	5,1	6,1	41,8	12,4	0,8	0,2	0,2	0	0,2	0,0	0,0	0,4	82,2	100,0
37	1,1	0,0	9,2	2,7	13,6	23,0	10,4	1,2	0,2	0,7	0	0,7	0,0	0,0	0,1	63,1	100,0
38	2,7	0,0	18,4	5,5	6,8	6,8	13,7	3,2	0,1	1,3	0	0,6	0,0	0,3	0,1	59,2	100,0
39	1,7	0,0	16,8	3,1	4,8	21,8	18,8	5,6	0,9	1,7	0	0,7	0,1	0,1	0,1	76,2	100,0
40	1,8	0,0	14,7	0,9	2,4	21,6	23,0	9,6	0,7	5,4	0	2,2	0,7	0,0	0,0	83,1	100,0
41	0,0	0,0	15,5	1,7	5,2	3,4	34,5	6,9	0,0	6,9	0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,1	100,0
42	2,6	0,0	9,2	0,4	3,7	19,6	14,8	13,3	1,5	12,9	0	4,4	0,0	0,0	0,0	82,3	100,0
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	0,0	5,4	0,9	8,0	21,4	13,4	10,7	0,0	10,7	0	22,3	3,6	0,0	0,0	96,4	100,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	16,7	33,3	0,0	0,0	0	41,7	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
46	18,8	0,0	17,2	0,0	0,0	21,9	4,7	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	1,6	1,6	65,6	100,0
47	6,3	0,0	12,5	4,2	2,1	4,2	6,3	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	10,4	14,6	60,4	100,0

Sonraki aşamada her iki matristeki analiz bölgelerinden çıkan yolculukların yüzdesel olarak diğer bölgelere dağılımları incelenerek AKÜTSİS verilerinin hane halkı anketi sonuçlarını temsil yeteneği irdelenmeye çalışılmıştır. Hane halkı anketinden herhangi bir yolculuk verisi elde edilemeyen 3,13,15,26,29,34 ve 43 numaralı analiz bölgeleri değerlendirme dışında bırakılmıştır. Toplam talep dağılımının karşılaştırılması Tablo 4.18’ de yer almaktadır.

Tablo 4.18 Talebin analiz bölgelerine dağılımının karşılaştırılması

Analiz Bölge No.	Akıllı Kart Verisi		Hane Halkı Anketi		Talep Oranı Farkı (%)
	Talep (Yolculuk)	Talep Oranı (%)	Talep (Yolculuk)	Talep Oranı (%)	
1	326	0,08	25	0,11	0,03
2	193	0,05	6	0,03	0,02
4	186	0,05	9	0,04	0,01
5	3198	0,80	105	0,48	0,33
6	63	0,02	11	0,05	0,03
7	244	0,06	18	0,08	0,02
8	967	0,24	38	0,17	0,07
9	5652	1,42	268	1,22	0,20
10	9274	2,33	452	2,06	0,28
11	29841	7,50	1932	8,79	1,29
12	9490	2,39	597	2,72	0,33
14	121	0,03	14	0,06	0,03
16	12782	3,21	619	2,82	0,40
17	424	0,11	5	0,02	0,08
18	38	0,01	10	0,05	0,04
19	10265	2,58	504	2,29	0,29
20	23929	6,01	1240	5,64	0,37
21	13989	3,52	637	2,90	0,62
22	423	0,11	29	0,13	0,03
23	8780	2,21	392	1,78	0,42
24	4026	1,01	278	1,26	0,25
25	29	0,01	2	0,01	0,00
27	31601	7,94	1493	6,79	1,15
28	11039	2,77	538	2,45	0,33
30	166	0,04	1	0,00	0,04
31	129	0,03	34	0,15	0,12
32	5834	1,47	176	0,80	0,67
33	5613	1,41	456	2,07	0,66
35	48518	12,19	2751	12,51	0,32
36	6836	1,72	537	2,44	0,72
37	27256	6,85	1185	5,39	1,46
38	74021	18,60	4007	18,23	0,38
39	24630	6,19	2450	11,14	4,95
40	8767	2,20	596	2,71	0,51
41	7411	1,86	59	0,27	1,59
42	6709	1,69	268	1,22	0,47
44	1496	0,38	113	0,51	0,14
45	245	0,06	11	0,05	0,01
46	343	0,09	59	0,27	0,18
47	202	0,05	39	0,18	0,13
Toplam	397.870	100,00	21.986	100,00	

Her iki B-V matrisi incelendiğinde hane halkı anketi verileri çok daha düşük yolculuk verileri ortaya çıkarırken AKÜTSİS verilerinden daha yüksek sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ayrıca Tablo 4.18’ de yer alan toplam talebin dağılımındaki farklar incelendiğinde AKÜTSİS ile hane halkı anketi arasında ortalama %0,47 oranında ve en fazla ise yaklaşık % 5 oranında fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda toplam talebin dağılımı açısından her iki veri grubunun da birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Her iki matris için elde edilen analiz bölgelerine ait talep dağılımları birbiri ile karşılaştırılarak analiz bölgelerinden başlayan yolculukların diğer analiz bölgelerine dağılım yüzdelerinin ne oranda farklılaştığını gösteren fark matrisi elde edilmiştir.

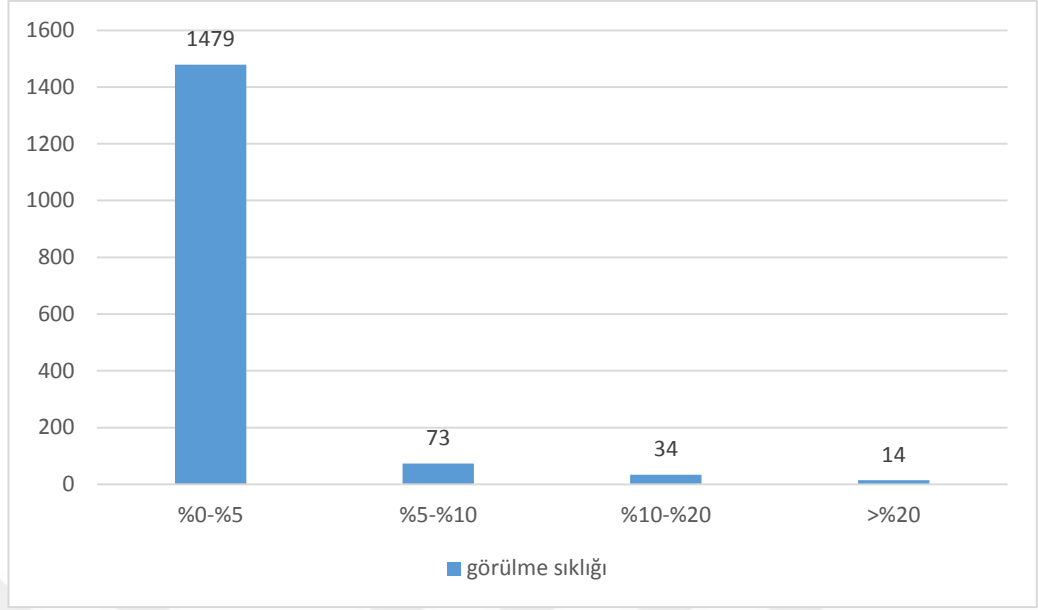
Örnek olarak Karşıyaka ilçesinin yer aldığı 11 numaralı analiz bölgesinden çıkan yolculukların diğer analiz bölgelerine dağılımının AKÜTSİS ve hane halkı anketi verilerine göre aldığı değerler Tablo 4.19’ da sunulmuştur. Tablo 4.19 incelendiğinde 11 numaralı analiz bölgesinden çıkan yolculukların dağılım yüzdelerinin AKÜTSİS ve hane halkı anketi sonuçlarında büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmektedir.

AKÜTSİS ile hane halkı anketi arasında ortalama %1,16’ oranında ve en fazla ise yaklaşık % 10 oranında fark olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara bakılarak Karşıyaka bölgesi özelinde AKÜTSİS verilerinin hane halkı anketi sonuçları yerine kullanılabileceği söylenebilmektedir.

Benzer şekilde tüm analiz bölgeleri için çıkan yolculuk değerlerinin dağılım yüzdeleri AKÜTSİS verisi (Tablo 4.9-4.10-4.11) ve hane halkı verileri (Tablo 4.15-16-17) için incelenmiş ve bir fark matrisi oluşturulmuştur. Fark matrisi incelendiğinde ise iki B-V matrisinde benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Her iki matris arasındaki fark değerlerinin yaklaşık % 95’i % 5 ve altındadır (Şekil 4.15).

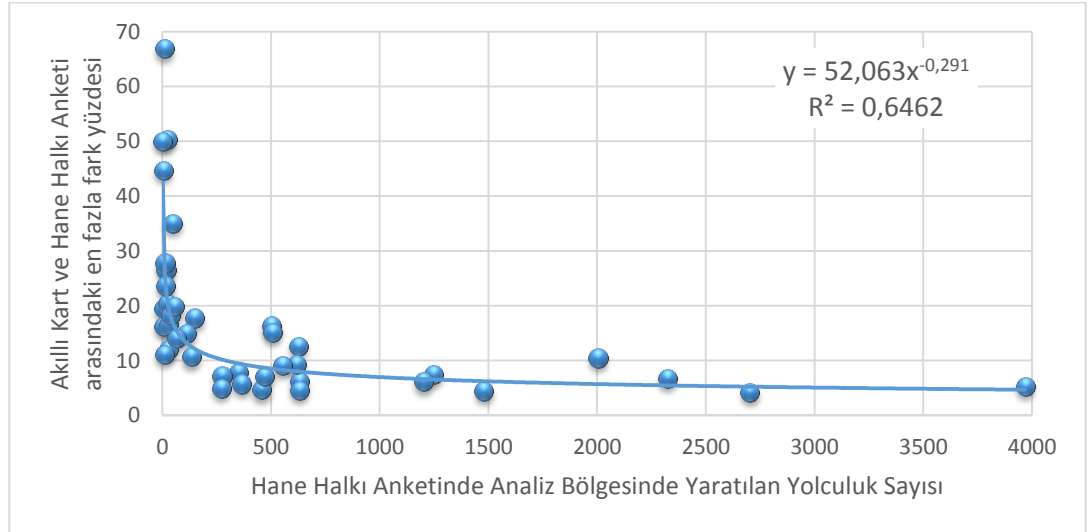
Tablo 4.19 11 Numaralı analiz bölgesinden çıkan talebin analiz bölgelerine dağılımının karşılaştırılması

Varış Analiz Bölge No.	Akıllı Kart Verisi		Hane Halkı Anketi		Talep Oranı Farkı (%)
	Talep (Yolculuk)	Talep Oranı (%)	Talep (Yolculuk)	Talep Oranı (%)	
1	52	0,17	1	0,05	0,12
2	40	0,13	2	0,10	0,03
4	31	0,10	2	0,10	0,00
5	1166	3,91	30	1,50	2,41
6	24	0,08	3	0,15	0,07
7	79	0,26	1	0,05	0,21
8	263	0,88	17	0,85	0,03
9	1242	4,16	77	3,84	0,32
10	2254	7,55	110	5,49	2,06
11	4826	16,17	533	26,60	10,42
12	1836	6,15	182	9,08	2,93
14	36	0,12	6	0,30	0,18
16	1855	6,22	84	4,19	2,02
17	21	0,07	0	0,00	0,07
18	0	0,00	0	0,00	0,00
19	149	0,50	14	0,70	0,20
20	672	2,25	136	6,79	4,53
21	297	1,00	17	0,85	0,15
22	1	0,00	1	0,05	0,05
23	276	0,92	9	0,45	0,48
24	93	0,31	5	0,25	0,06
25	0	0,00	0	0,00	0,00
27	1635	5,48	66	3,29	2,19
28	432	1,45	5	0,25	1,20
30	1	0,00	0	0,00	0,00
31	0	0,00	0	0,00	0,00
32	737	2,47	0	0,00	2,47
33	169	0,57	8	0,40	0,17
35	713	2,39	74	3,69	1,30
36	169	0,57	16	0,80	0,23
37	1753	5,87	28	1,40	4,48
38	7135	23,91	423	21,11	2,80
39	712	2,39	104	5,19	2,80
40	283	0,95	27	1,35	0,40
41	543	1,82	7	0,35	1,47
42	106	0,36	12	0,60	0,24
44	19	0,06	0	0,00	0,06
45	0	0,00	0	0,00	0,00
46	12	0,04	0	0,00	0,04
47	4	0,01	2	0,10	0,09
Toplam	29.841	100,00	2.004	100,00	

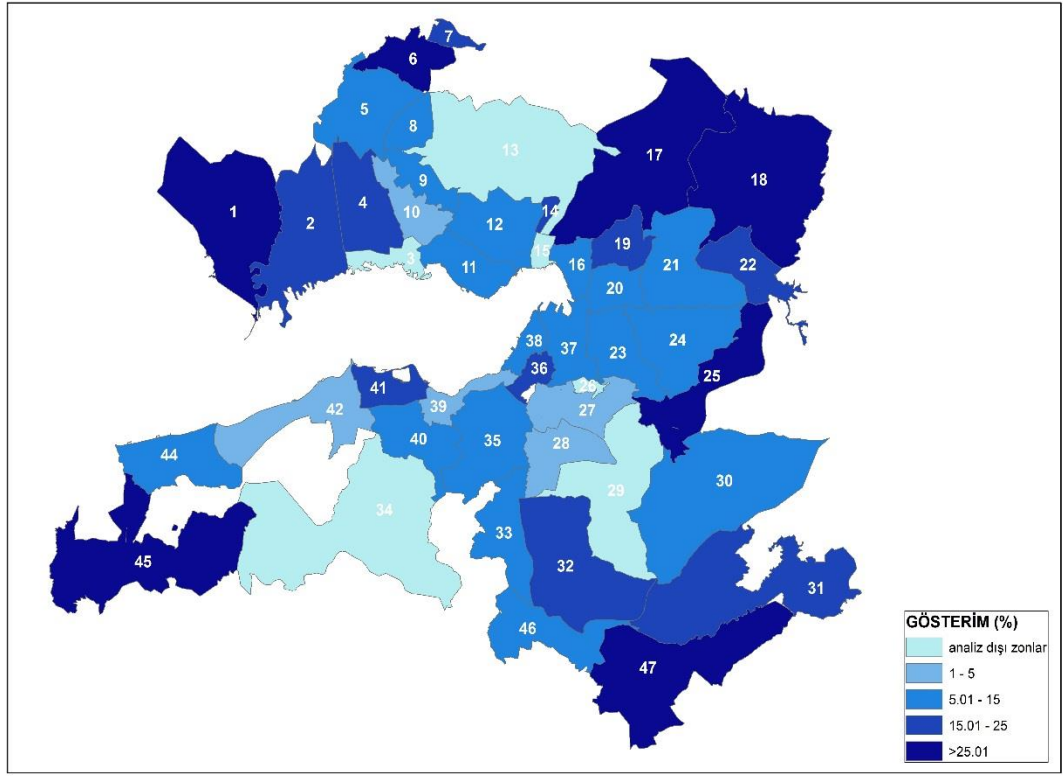


Şekil 4.15 B-V matrisleri arasındaki fark değerlerinin dağılımı

Analiz bölgelerinden çıkan yolculukların dağılımlarındaki AKÜTSİS ve hane halkı anketi sonuçları arasında görülen farklılıkları Şekil 4.16' ve Şekil 4.17' de sunulmuştur.



Şekil 4.16 Analiz bölgelerinde çıkan yolculukların dağılım yüzdelere Akıllı kart ve hane halkı anketi sonuçları arasındaki en yüksek fark değerleri ile hane halkı anketinde ilgili analiz bölgesinden çıkan yolculuk değeri arasındaki ilişki



Şekil 4.17 İki başlangıç-Varış Matrisi arasındaki farklılıklar

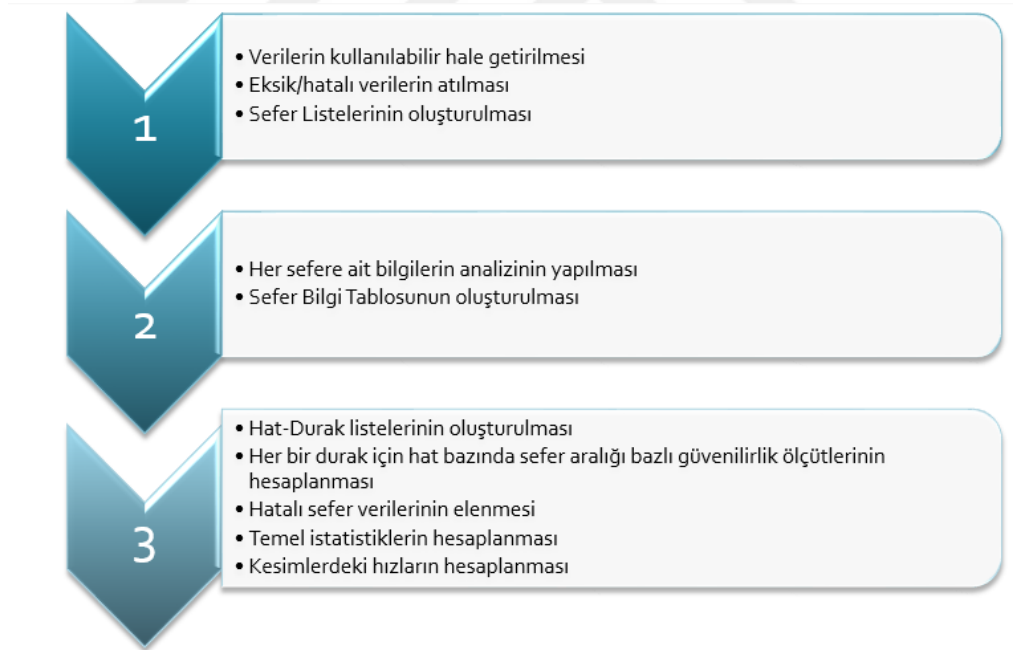
İki matris arasındaki talep dağılım yüzdelerinin farklılaştığı analiz bölgeleri incelendiğinde ise bu bölgelerin hane halkı anketindeki örneklem sayısının çok düşük olduğu merkez kent sınırının kuzey ucunda yer alan yerleşim alanlarını içeren, köy niteliği olan yerleşim alanlarının bulunduğu ya da yerleşim alanlarının bulunmadığı Sanayi Tesislerinin yer aldığı analiz bölgeleri oldukları anlaşılmıştır. Ayrıca hane halkı anketi sonrası toplu yapılaşmanın olduğu dış zonlarda AKÜTSİS verileri ile hane halkı anketi sonuçları arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Arazi kullanım yapısının değişim göstermediği bölgelerde ise sonuçlar oldukça tutarlıdır (Şekil 4.17). Görüldüğü üzere Her iki toplu ulaşım kullanıcılarına ait B-V matrisi arasında anlamlı bir benzerlik bulunmaktadır. Ancak hane halkı anketleri kapsamında analiz bölgelerindeki örneklem sayılarının nüfusa bağlı olarak değişmesi daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

4.4 Otobüs Hatlarına ait Güvenilirlik Ölçütü Hesap Modelinin Geliştirilmesi

Çalışma kapsamında AKÜTSİS verileri kullanılarak ölçülebilecek performans parametrelerinden olan güvenilirlik parametreleri geliştirilen üç aşamalı algoritma kullanılarak İzmir kentinde hizmet veren otobüs hatları için hesaplanmış, elde edilen sonuçlar yorumlanarak güvenilirliği etkileyen faktörler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

4.4.1 Hesap Modelinin Geliştirilmesi

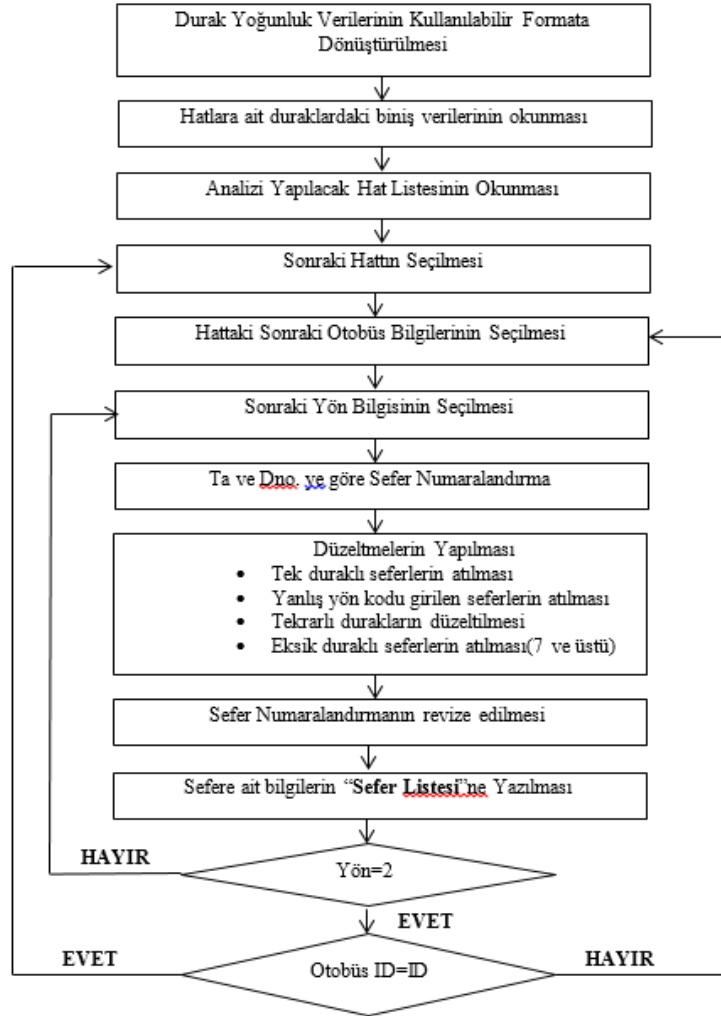
Çalışma kapsamında AKÜTSİS bilgilerinin analizinin yapılarak kent içi otobüs sistemi içerisinde yer alan hatlara ait güvenilirlik ölçütlerinin hesaplanması amacıyla MatLAB programlama diliyle üç aşamalı bir algoritma oluşturulmuştur. Model kurgusu aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli kurgusu

AŞAMA 1

Algoritmanın birinci aşamasında öncelikle durak yoğunluk raporundaki veriler kullanılabilir hale getirilmiş ve eksik/ hatalı veriler elenmiştir. Sonraki adımda ise analizi yapılan her bir otobüs hattında işletilen otobüsler yön bilgisine(gidiş-dönüş) bağlı olarak ilk duraktan ayrılış sürelerine göre numaralandırılmış ve gün içerisindeki her sefere ait otobüsün kullandığı durak, duraklarda binen yolcu sayısı, duraklara varış ve duraklardan ayrılış zamanı, duraklardaki gecikme değeri bilgilerini içeren “Sefer Listeleri” oluşturulmuştur (Şekil 4.19)

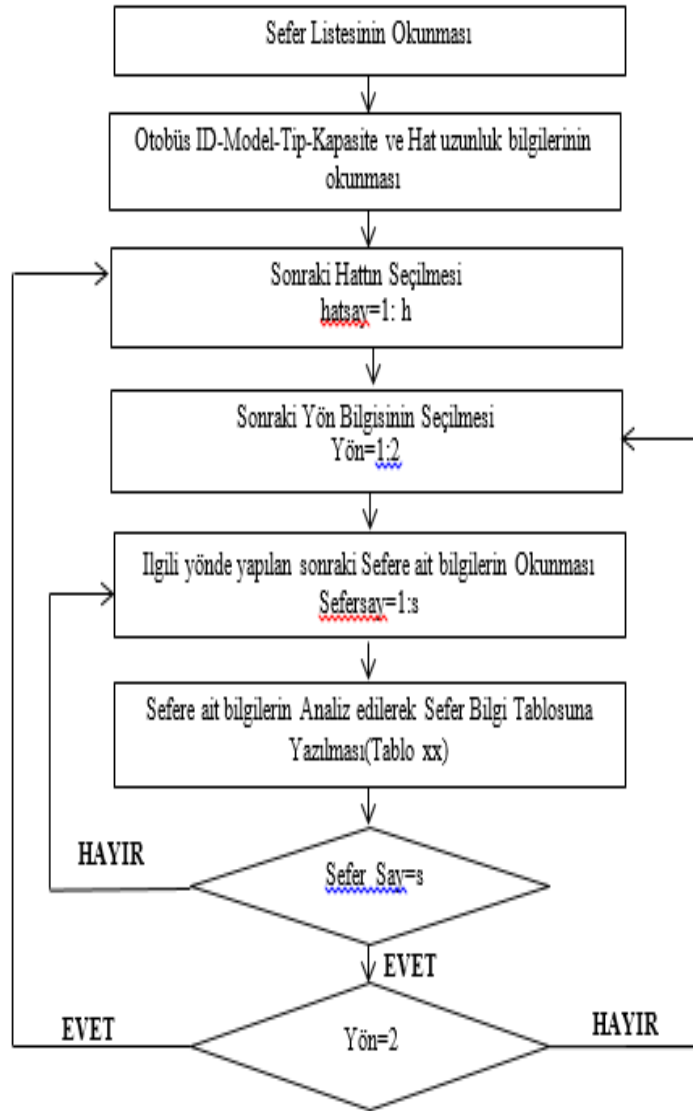


Şekil 4.19 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli birinci aşamaya ait akış şeması

AŞAMA 2

Algoritmanın ikinci aşamasında ise yapılan her sefere ait bilgilerin analizi yapılarak her bir sefere ait özet bilgileri içeren Sefer Bilgi Tablosu oluşturulmuştur (Şekil 4.20).

Sefer bilgi tablosunda yapılan sefere ait işletme bilgilere yer almaktadır (Tablo 4.20).



Şekil 4.20 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli ikinci aşamaya ait akış şeması

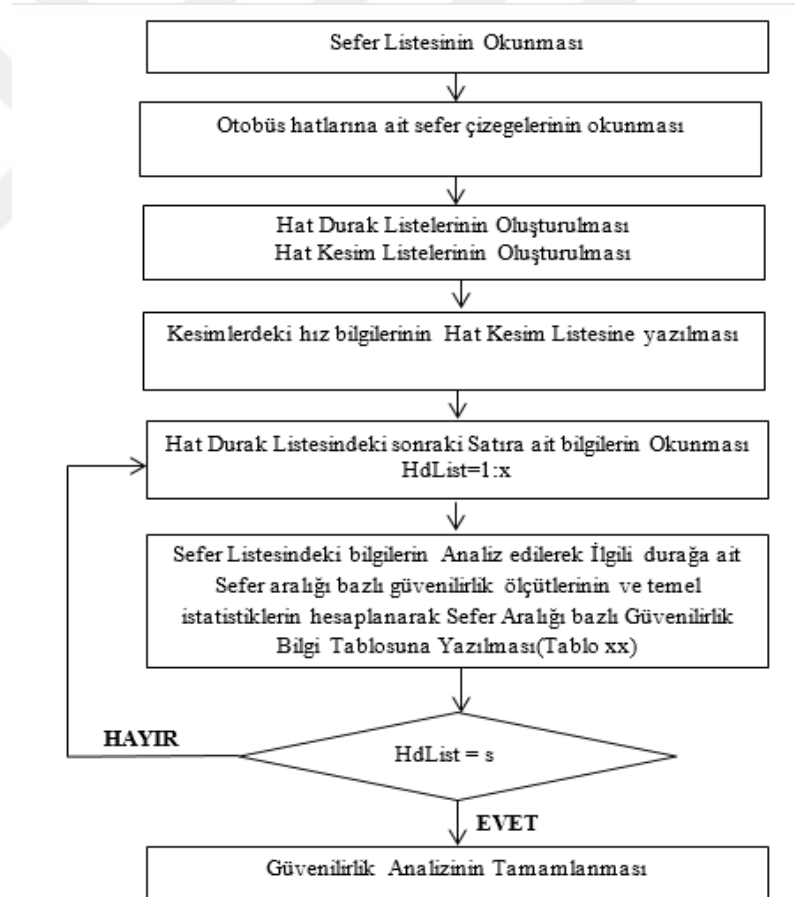
Tablo 4.20 Sefer Bilgi Tablosunda yer alan veriler

Sıra No	Veri Adı	Tanım
1	Tarih	Analizi yapılan tarih bilgisi
2	Hat No	Otobüs hattına ait numara bilgisi
3	Hat Kodu	Otobüs hattının Akıllı kart sistemi veri tabanındaki altı
4	Otobüs ID	Otobüsün Sistemdeki numarası
5	Yön	Otobüs hattına ait yön bilgisi (1: Gidiş, 2: Dönüş)
6	Otobüs yön sefer no.	Analizi yapılan otobüsün ilgili yöndeki sefer numarası
7	Hat yön sefer no.	Otobüsün hattaki o yönde yapmış olduğu seferin
8	Kalkış Durak No.	Otobüsün hattaki seferine başladığı durak sıra numarası
9	Variş Durak No.	Otobüsün hattaki seferini tamamladığı durak sıra
10	Kalkış Saati	Otobüsün hattaki seferine başladığı duraktan ayrıldığı
11	Variş Saati	Otobüsün hattaki seferine tamamladığı durağa ulaştığı
12	Toplam Seyahat Süresi	Otobüsün seferde harcadığı toplam süre
13	Toplam Durak Sayısı	Otobüsün sefer listesinde kayıtlı durak sayısı
14	Yolcu Alınan Durak Sayısı	Otobüse seferi boyunca yolcu binişinin olduğu durak
15	Durak Gecikmesi	Otobüsün seferi boyunca yolcu binişinin olduğu
16	Net Süre	Toplam seyahat süresi ile Durak Gecikmesi arasındaki
17	Net Süre Oranı	Net Sürenin toplam seyahat süresine oranı
18	İlk Durak Binişi	Otobüse seferde ilk duraktan yapılan biniş sayısı
19	İlk Durak Gecikmesi	İlk duraktan yapılan binişler nedeniyle harcanan zaman
20	Kritik Durak ID	En çok gecikmenin yaşandığı durak kodu
21	Kritik Durak Sıra No	En çok gecikmenin yaşandığı durağın hattaki sıra
22	Kritik Durak Gecikmesi	Otobüsün Kritik duraktaki bekleme süresi
23	Yolcu Sayısı	Otobüse ilgili duraktan biniş yapan yolcu sayısı
24	Maksimum Yolcu Durak ID	Otobüse en fazla binişin yapıldığı durağa ait kod bilgisi
25	Maksimum Yolcu Durak Sıra	Otobüse en fazla binişin yapıldığı durağa ait sıra bilgisi
26	Maksimum Yolcu Durak Biniş	Otobüse duraklardaki en fazla biniş sayısı
27	Toplam Biniş	Otobüse seferi boyunca yapılan biniş sayısı

AŞAMA 3

Algoritmanın üçüncü aşamasında ise önceki bölümlerde detaylı olarak bahsedilen literatüdeki **sefer aralığı bazında güvenilirlik ölçütlerinden** İzmir AKÜTSİS veri yapısına uygun olanlarının durak ve hat yön bazlı hesaplanması işlemleri yer almaktadır.

Bu aşamada ayrıca sefer aralığı değerlerine ait temel istatistik bilgileri ve hatlara ait duraklar arası kesimlerdeki hız değerleri yapılan her bir sefer için elde edilmiştir. Bu aşamaya ait Akış Şeması Şekil 4.21’ de ve aşamada yer alan veriler ise Tablo 4.21 ve Tablo 4.22’ de yer almaktadır.



Şekil 4.21 Güvenilirlik ölçütü hesap modeli üçüncü aşamaya ait akış şeması

Tablo 4.21 Güvenilirlik ölçütü hesap tablosu' nda yer alan veriler(1/2)

Sıra No	Veri Adı	Tanım
1	Tarih	Analizi yapılan tarih bilgisi
2	Hat No	Otobüs hattına ait numara bilgisi
3	Hat Kodu	Otobüs hattının Akıllı kart sistemi veri tabanındaki altı basamaklı kod numarası
4	Durak ID	Analizi yapılan durak kodu
5	Yön	Otobüs hattına ait yön bilgisi (1: Gidiş, 2: Dönüş)
6	Durak Sıra No	Analizi yapılan durağın ilgili hattaki sıra numarası
7	Durak Adı	Analizi yapılan durak adı
8	Analiz Başlangıç Zamanı	Analizin başladığı andaki saat/dakika/saniye bilgisi
9	Analiz Bitiş Zamanı	Analizin bittiği andaki saat/dakika/saniye bilgisi
10	Planlanan Sefer Aralığı (H_T)	Hattın analiz süresi içerisindeki işletmeci tarafından belirlenen teorik sefer aralığı değeri
11	Planlanan Sefer Sıklığı (F_T)	Hattın analiz süresi içerisindeki işletmeci tarafından belirlenen teorik sefer sıklığı değeri ($60/H_T$)
12	Duraktaki Biniş Sayısı	Hatta ilgili duraktan analiz süresi içerisinde biniş yapan yolcu sayısı
13	Aralık Sayısı	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı sayısı
14	Ortalama	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin ortalaması
15	Maksimum	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerleri içerisinde en fazla olanı
16	Minimum	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı içerisinde en az olanı
17	Medyan	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin ortancası
18	Mod	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerleri içerisinde en sık olanı
19	Standart Sapma	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin standart sapması
20	Varyans	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin varyansı
21	Basıklık	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin basıklığı
22	Çarpıklık	Durağı kullanan ilgili hatta ait otobüslere ait analizi yapılan sefer aralığı değerlerinin çarpıklığı
23	RH	Sefer Aralığı Güvenilirliği
24	C_{vh}	Sefer Aralığı Değişim Katsayısı
25	P2	Düzensizlik İndeksi

Tablo 4.22 Güvenilirlik ölçütü hesap tablosu'nda yer alan veriler(2/2)

Sıra No	Veri Adı	Tanım
26	P3	Düzensizlik İndeksi
27	$E(W)_1$	Planlanan Ortalama bekleme süresi
29	$E(W)_2$	P2 düzensizlik indeksine göre ortalama bekleme süresi
30	$EW T_2$	P2 düzensizlik indeksine göre fazla bekleme süresi
31	$E(W)_3$	P3 düzensizlik indeksine göre ortalama bekleme süresi
32	$EW T_3$	P3 düzensizlik indeksine göre fazla bekleme süresi
33	AWT	Ortalama bekleme süresi
34	EW T	Fazla bekleme süresi
35	PRDM	Ortalama Düzenlilik Sapma Yüzdesi
36	TWM	Ortalama bekleme süresi
37	F_p	Beklenen Sıklık
38	R	Düzenlilik-Katarlanma İndeksi
39	HR(<%30)	Sefer Aralığı Oranı
40	HR(%30-%50)	Sefer Aralığı Oranı
41	HR(%50-%70)	Sefer Aralığı Oranı
42	HR(%70-%90)	Sefer Aralığı Oranı
43	HR(%90-%110)	Sefer Aralığı Oranı
44	HR(%110-%130)	Sefer Aralığı Oranı
45	HR(%130-%150)	Sefer Aralığı Oranı
46	HR(%150-%170)	Sefer Aralığı Oranı
47	HR(%170-%190)	Sefer Aralığı Oranı
48	HR(Ort)	Sefer Aralığı Oranı Ortalaması

4.4.2 Hesap Modeli Sonuçlarının Analizi

Bu bölümde çalışma kapsamında geliştirilen “Güvenilirlik Ölçütü Hesap Modeli” kullanılarak seçilen otobüs hatlarına ait zirve saat dilimi için durak ve hat-yön bazlı güvenilirlik değerleri hesaplanmıştır. Analizi yapılan hatlar aşağıdaki seçim kriterleri esas alınarak belirlenmiştir:

- Otobüs hattı güzergahlarının 2009 yılında tamamlanan İUAP çalışmaları kapsamında belirlenen merkez kent sınırları içerisinde başlayıp bitmesi (İUAP,2009),
- Otobüs hattının sabah ve akşam zirve saatinde hizmet verilen orman köyü hattı olmaması
- Otobüs hattının farklı fiyat tarifesinin uygulandığı özel hatlardan olmaması (Baykuş ve Havalimanı hatları)
- Otobüs hattının güzergahı üzerindeki tüm duraklara hizmet vermesi (Ekspress hat uygulamasının olmaması)
- Otobüs hattı güzergahının büyük bir oranının şehir içi ana arter ve toplayıcı yollardan oluşması (Erişim kontrollü yol kullanım oranının tüm güzergahın yarısından az olması)
- Otobüs hatlarının sabah zirve saati dilimi içerisinde ortalama 25 dakika ve daha az sefer aralığı ile toplu ulaşım hizmeti sağlaması

İzmir kentinde Kasım 2012 itibariyle hizmet veren 320 adet otobüs hattından yukarıda verilen kriterlere sahip 170 adedi seçilmiş ve 13.11.2012- 14.11.2012 ve 21.11.2012 günlerine ait üç günlük AKÜTSİS veri setlerinin analizleri yapılmıştır.

“Güvenilirlik Ölçütü Hesap Modeli” nin üçüncü aşamasında oluşturulan ve sefer aralığı bazında güvenilirlik ölçütlerinin hesaplanması için temel analiz verisi olan hatlarda hizmet veren otobüslerin her bir seferinde duraklara varış zamanını içeren matris örneği Tablo 4.23’ de verilmiştir.

Tablodaki zamanlar sadece ilk duraklar için duraklardan ayrılış zamanı, diğer duraklar için ise durağa varış zamanlarını göstermektedir.

Tablo 4.23 Seferlere ait zaman matrisi

Hat No.	Durak ID	Yön	Durak Sıra No.	Sefer No.									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	50320	1	1	60016	63205	64826	70949	72554	74309	80813	82401	84419	91414
5	50318	1	2	61529	63521	65054	71024	73030	75031	81025	83006	85007	91524
5	50316	1	3	61550	63543	65113	71045	73052	75051	81048	83028	85032	91546
5	50314	1	4	61602	63556	65139	71058	73105	75102	81109	83051	85105	91558
5	50312	1	5	61651	63644	65246	71202	73205	75156	81208	83155	85204	91655
5	50044	1	6	61730	63822	65338	71311	73342	75320	81348	83324	85250	91745
5	50042	1	7	61758	63847	65405	71340	73434	75351	81425	83413	85322	91841
5	50040	1	8	61824	63927	65525	71429	73533	75421	81536	83454	85427	91948
5	50036	1	10	61924	64019	65619	71545	73655	75536	81653	83638	85534	92103
5	50034	1	11	62013	64117	65750	71702	73758	75634	81804	83829	85631	92251
5	50032	1	12	62051	64209	65923	71801	73906	75716	81914	83919	85730	92359
5	50030	1	13	62130	64330	70024	71849	73945	75832	82041	84034	85820	92503
5	50028	1	14	62210	64424	70145	71933	74038	75905	82142	84144	85855	92549
5	50026	1	15	62227	64455	70249	72010	74054	75928	82209	84219	85925	92618
5	50024	1	16	62246	64513	70341	72048	74158	80012	82251	84239	90002	92639
5	50022	1	17	62318	64603	70446	72118	74232	80125	82405	84309	90048	92722
5	50020	1	18	62357	64714	70547	72240	74328	80237	82533	84444	90154	92838
5	50018	1	19	62418	64752	70637	72309	74354	80304	82604	84528	90251	92936
5	50016	1	20	62440	64902	70748	72348	74526	80419	82624	84636	90349	93029
5	50014	1	21	62519	64926	70859	72418	74551	80504	82648	84703	90411	93109
5	50012	1	22	62547	65008	71007	72512	74639	80637	82732	84733	90453	93155
5	50010	1	23	62616	65047	71056	72542	74728	80740	82831	84758	90520	93222
5	50008	1	24	62711	65150	71214	72637	74917	80826	82931	84914	90623	93318
5	50006	1	25	62828	65248	71331	72722	74950	80949	83042	84952	90703	93357
5	50897	1	26	64012	65400	72013	73820	75102	81113	83940	85151	90952	95415

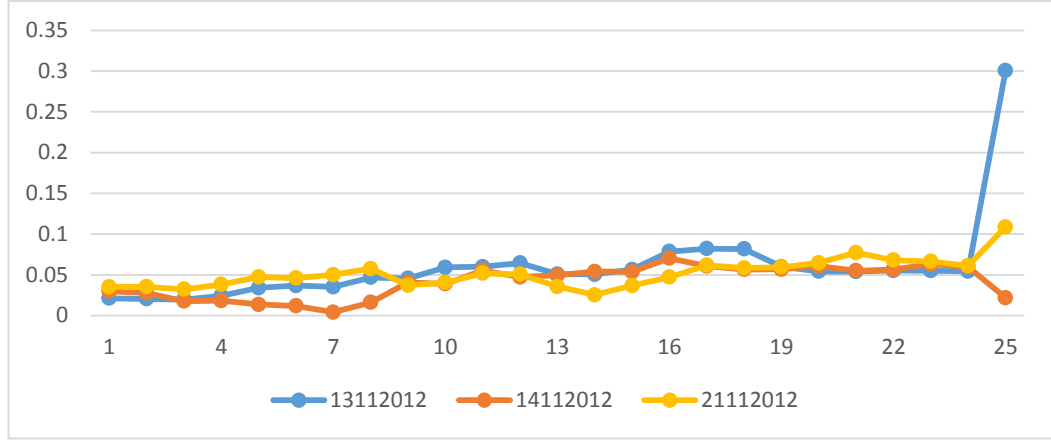
6 hat numaralı Arıkent-Fahrettin Altay Aktarma hattının 13 Kasım 2012 tarihi sabah zirve saati içerisindeki seferlerine ait durak bazlı sefer aralığı bazlı güvenilirlik ölçütleri ve temel istatistikleri örnek olarak Tablo 4.24 ve Tablo 4.25’ de yer almaktadır. Hatlara ait güvenilirlik ölçütlerinin durak bazındaki değişimleri ise Şekil 4.22’ de görülmektedir.

Tablo 4.24 6. No.lu Arıkent-Fahrettin Altay hattı sabah zirve saati sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler

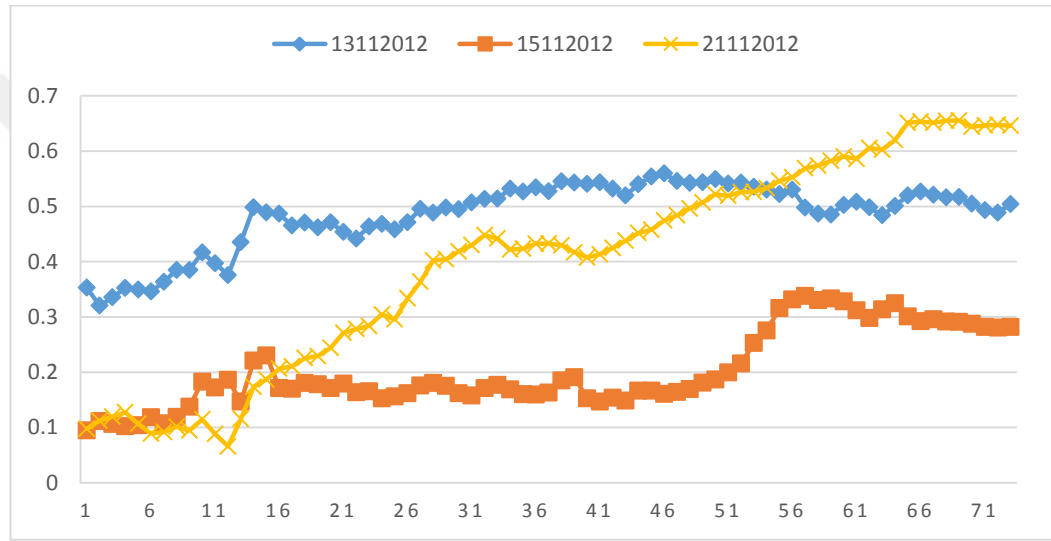
Hat No	Durak ID	Durak Yön	Durak Sıra No	Durak Adı	Planlanan Sefer Aralığı (dk)	Planlanan Sefer Sıklığı (arac/saat)	Duraktaki Biriş Sayısı	Sefer Aralığı Sayısı	Ortalama	Maksimum	Minimum	Medyan	Mod	Std. Sapma	Varyans	Baskılık	Çarpıklık
6	50293	1	1	Arıkent	20	3	50	4	19,95	20,55	19,53	19,86	19,53	0,42	0,18	1,41	0,31
6	50292	1	2	Demet	20	3	3	4	19,95	20,52	19,55	19,87	19,55	0,41	0,17	1,34	0,26
6	50290	1	3	Beyaz Durak	20	3	10	4	20,02	20,62	19,52	19,98	19,52	0,40	0,16	1,96	0,33
6	50288	1	4	Tuna	20	3	9	4	20,09	20,78	19,42	20,08	19,42	0,49	0,24	1,91	0,07
6	50286	1	5	Çamtepe	20	3	8	4	19,97	20,93	19,05	19,94	19,05	0,68	0,46	1,85	0,10
6	50294	1	6	Narlıdere Plknik Yeri	20	3	0	4	19,89	20,72	19,02	19,91	19,02	0,73	0,54	1,12	-0,03
6	50042	1	7	Şehitlik	20	3	20	4	19,97	21,05	19,10	19,86	19,10	0,71	0,50	1,97	0,43
6	50040	1	8	Siteler	20	3	45	4	19,81	21,33	18,92	19,50	18,92	0,93	0,86	2,05	0,81
6	50036	1	10	Uludağ	20	3	63	4	19,94	21,33	18,82	19,80	18,82	0,91	0,83	1,95	0,42
6	50034	1	11	Narlıdere Cami	20	3	36	4	19,90	21,30	18,58	19,87	18,58	1,18	1,39	1,11	0,03
6	50032	1	12	Narlıdere İtfaiye	20	3	12	4	19,90	21,12	18,40	20,05	18,40	1,19	1,43	1,15	-0,11
6	50030	1	13	Balcı	20	3	11	4	19,92	21,18	18,07	20,22	18,07	1,28	1,65	1,48	-0,36
6	50028	1	14	Güzel Sanatlar Fakültesi	20	3	21	4	20,03	21,40	18,67	20,02	18,67	1,02	1,04	1,63	0,02
6	50026	1	15	İzsu	20	3	10	4	20,08	21,55	18,78	19,98	18,78	1,02	1,03	1,77	0,23
6	50024	1	16	Kantar	20	3	4	4	20,11	21,92	18,78	19,87	18,78	1,13	1,29	2,08	0,61
6	50022	1	17	Dokuz Eylül	20	3	9	4	20,14	22,53	18,08	19,98	18,08	1,59	2,51	2,01	0,31
6	50020	1	18	Dörtöl	20	3	12	4	20,28	22,63	18,03	20,22	18,03	1,67	2,78	1,82	0,09
6	50018	1	19	Hoca	20	3	20	4	20,32	22,58	18,00	20,34	18,00	1,66	2,76	1,81	-0,04
6	50016	1	20	Teleferik	20	3	10	4	20,36	22,10	18,65	20,35	18,65	1,22	1,49	2,00	0,03
6	50014	1	21	İş Bankası Evleri	20	3	10	4	20,49	22,15	19,02	20,39	19,02	1,11	1,24	2,01	0,26
6	50012	1	22	Molla Kuyusu	20	3	13	4	20,40	21,70	18,72	20,59	18,72	1,10	1,22	1,85	-0,44
6	50010	1	23	Bağcıva Kahveler	20	3	23	4	20,38	21,72	18,65	20,58	18,65	1,13	1,27	1,90	-0,47
6	50008	1	24	Beyaz	20	3	4	4	20,35	21,85	18,68	20,43	18,68	1,12	1,26	2,01	-0,21
6	50006	1	25	Malıye Meslek Lisesi	20	3	3	4	20,53	22,02	18,87	20,63	18,87	1,12	1,25	1,99	-0,24

Tablo 4.25 6. No.lu Arı Kent-Fahrettin Altay hattı sabah zirve saati sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler

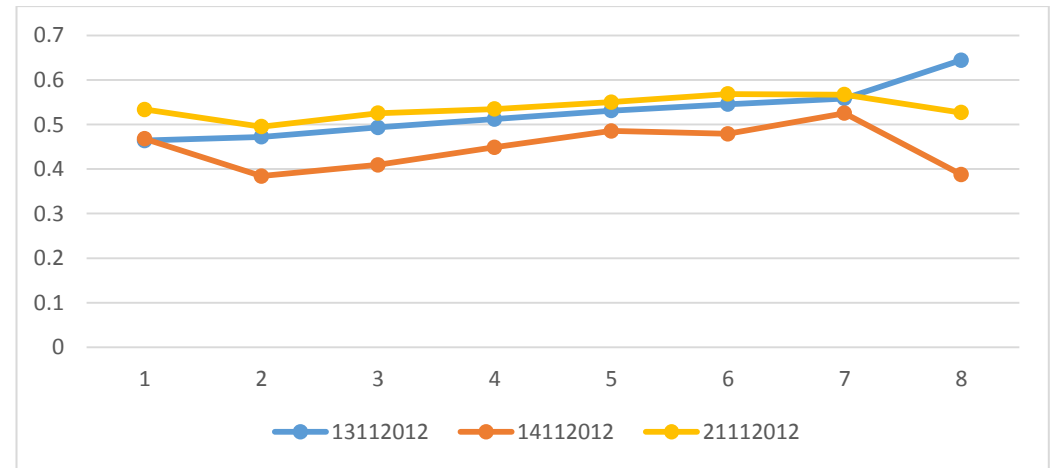
Hat No	Durak ID	Durak Yön	Durak Sıra No	Durak Adı	RH	çvh	P2	P3	E(W)1	E(W)2	EWT2	E(W)3	EWT3	AWT	EWT	PRDM	TWM	Fp	R	HR	ORT
6	50293	1	1	Ankent	0,02	0,02	0,00	0,00	10	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,02	10,00	3,00	0,99	100,42	
6	50292	1	2	Demet	0,02	0,02	0,00	0,00	10	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,02	10,00	3,00	0,99	100,45	
6	50290	1	3	Beyaz Durak	0,02	0,02	0,00	0,00	10	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,02	10,00	3,00	0,99	100,48	
6	50288	1	4	Tuna	0,02	0,02	0,00	0,00	10	10,01	0,01	10,01	0,01	10,01	0,01	0,02	10,00	3,00	0,99	100,63	
6	50286	1	5	Çamtepe	0,03	0,03	0,00	0,00	10	10,01	0,01	10,01	0,01	10,01	0,01	0,03	10,01	3,00	0,98	100,57	
6	50294	1	6	Narlidere Plknik Yeri	0,04	0,04	0,00	0,00	10	10,01	0,01	10,01	0,01	10,01	0,01	0,04	10,01	3,00	0,98	100,57	
6	50042	1	7	Şehitlik	0,04	0,04	0,00	0,00	10	10,01	0,01	10,01	0,01	10,01	0,01	0,03	10,01	3,00	0,98	100,93	
6	50040	1	8	Siteler	0,05	0,05	0,00	0,00	10	10,02	0,02	10,02	0,02	10,02	0,02	0,04	10,02	2,99	0,98	100,60	
6	50036	1	10	Uludağ	0,05	0,05	0,00	0,00	10	10,02	0,02	10,02	0,02	10,02	0,02	0,04	10,01	3,00	0,98	100,85	
6	50034	1	11	Narlidere Cami	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,04	0,04	10,04	0,04	0,06	10,03	2,99	0,97	100,47	
6	50032	1	12	Narlidere İtfaiye	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,04	0,04	10,04	0,04	0,06	10,03	2,99	0,97	100,05	
6	50030	1	13	Balcı	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,04	0,04	10,04	0,04	0,06	10,04	2,99	0,97	99,80	
6	50028	1	14	Güzel Sanatlar Fakültesi	0,05	0,05	0,00	0,00	10	10,03	0,03	10,03	0,03	10,03	0,03	0,05	10,02	2,99	0,97	100,35	
6	50026	1	15	İzsu	0,05	0,05	0,00	0,00	10	10,03	0,03	10,03	0,03	10,03	0,03	0,04	10,02	2,99	0,97	100,45	
6	50024	1	16	Kantar	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,03	0,03	10,03	0,03	10,03	0,03	0,04	10,02	2,99	0,97	100,52	
6	50022	1	17	Dokuz Eylül	0,08	0,08	0,01	0,01	10	10,06	0,06	10,06	0,06	10,06	0,06	0,06	10,04	2,99	0,96	100,68	
6	50020	1	18	Dörtöl	0,08	0,08	0,01	0,01	10	10,07	0,07	10,07	0,07	10,07	0,07	0,07	10,05	2,99	0,95	101,10	
6	50018	1	19	Hoca	0,08	0,08	0,01	0,01	10	10,07	0,07	10,07	0,07	10,07	0,07	0,07	10,05	2,99	0,95	101,07	
6	50016	1	20	Teleferik	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,04	0,04	10,04	0,04	0,05	10,03	2,99	0,97	101,67	
6	50014	1	21	İş Bankası Evleri	0,05	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,03	0,03	10,03	0,03	0,05	10,02	2,99	0,97	101,67	
6	50012	1	22	Molla Kuyusu	0,05	0,06	0,00	0,00	10	10,03	0,03	10,03	0,03	10,03	0,03	0,05	10,03	2,99	0,97	102,00	
6	50010	1	23	Bağcıva Kahveler	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,03	0,03	10,03	0,03	0,05	10,03	2,99	0,97	101,92	
6	50008	1	24	Beyaz	0,06	0,06	0,00	0,00	10	10,03	0,03	10,03	0,03	10,03	0,03	0,05	10,03	2,99	0,97	101,73	
6	50006	1	25	Maliye Meslek Lisesi	0,05	0,06	0,00	0,00	10	10,04	0,04	10,03	0,03	10,03	0,03	0,06	10,03	2,99	0,97	102,67	



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.22 Duraklara göre sefer aralığı güvenilirlik (RH) değerleri (a) 6 no.lu hat, (b) 8 no.lu hat, (c) 969 no.lu hat

Sonraki aşamada Doktora tez çalışması kapsamında belirlenen analiz bölgesinde yer alan hatların her durağı için hesaplanan sefer aralığı bazlı güvenilirlik ölçütleri bir arada değerlendirilerek **hat-yön bazlı güvenilirlik ölçütü** değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4.26-Tablo 4.27). Tablo 4.26 ve Tablo 4.27’ de yer alan KG yönü bölgeden kent merkezine gidiş istikametini, KD yönü ise kent merkezinden bölgeye dönüş istikametini göstermektedir

Tablo 4.26 Tablo 4.26 13.11.2012 tarihi sabah zirve saati hat bazlı sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler (1/2)

Hat No	Yön	Planlanan Sefer Aralığı(dk)	Planlanan Sefer Süresi(dk)	Durak Sayısı	Toplam Biniş	Sefer Başına Biniş	Durak Başına Biniş	Sefer Aralığı Sayısı	Ortalama	Maksimum	Minimum	Medyan	Mod	Std. Sapma	Varyans
5	KG	20	30	25	112	22,40	4,67	100	20,21	22,09	18,68	20,04	18,70	1,35	3,50
5	KD	20	30	25	246	49,20	10,25	100	20,06	22,23	18,55	19,73	18,55	1,44	2,23
6	KG	20	30	25	406	81,20	16,92	100	20,08	21,71	18,53	20,04	18,53	1,20	2,44
6	KD	20	30	23	188	47,00	8,55	69	21,83	24,76	18,46	22,27	18,46	2,62	6,97
7	KG	25	50	44	260	86,67	6,05	88	24,06	26,39	21,72	24,06	21,72	2,33	7,46
7	KD	25	50	42	138	138,00	3,37	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	KG	13	91	78	880	125,71	11,43	468	12,98	19,55	2,48	14,69	2,90	5,72	34,08
8	KD	13	91	73	1153	164,71	16,01	438	14,33	23,54	2,58	16,05	2,77	6,93	48,78
12	KG	5	40	25	1576	105,07	65,67	350	7,03	15,30	1,09	6,77	1,32	3,99	16,15
12	KD	5	40	23	676	75,11	30,73	184	10,37	19,67	0,96	9,63	0,96	6,55	43,59
14	KD	10	40	28	285	40,71	10,56	168	14,63	20,99	1,86	16,34	2,38	6,35	40,82
14	KG	10	40	27	536	76,57	20,62	162	12,18	18,83	5,88	11,76	5,88	4,38	20,96
25	KG	15	22,5	7	375	62,50	62,50	35	15,04	16,87	13,16	15,39	13,16	1,47	2,25
25	KD	15	22,5	8	51	8,50	7,29	40	15,29	18,58	12,62	14,36	12,62	2,30	5,35
82	KG	20	60	66	275	55,00	4,23	264	21,60	24,63	18,51	21,63	18,59	2,42	6,88
82	KD	20	60	58	288	57,60	5,05	232	20,37	24,69	16,76	20,02	17,13	3,10	10,14
167	KD	30	15	9	22	7,33	2,75	18	29,87	33,30	26,44	29,87	26,44	3,43	12,49
167	KG	30	15	10	69	23,00	7,67	20	29,12	29,65	28,59	29,12	28,59	0,53	0,38
169	KG	5	60	33	1786	105,06	55,81	528	5,29	15,50	0,43	4,83	1,41	3,99	16,91
169	KD	5	60	36	1201	109,18	34,31	360	9,20	24,66	1,44	7,00	1,55	7,32	53,69
209	KG	20	80	70	503	125,75	7,29	210	18,54	19,78	17,05	18,78	17,05	1,17	1,74
209	KD	20	80	65	233	77,67	3,64	130	23,73	30,37	17,09	23,73	17,09	6,64	46,71
216	KG	17	59,5	35	399	99,75	11,74	105	24,04	28,43	19,59	24,12	19,59	3,83	15,09
216	KD	17	59,5	33	287	57,40	8,97	132	20,83	25,85	15,16	21,16	15,16	3,97	16,46
269	KG	15	45	22	456	76,00	21,71	110	16,38	28,94	8,89	14,03	8,89	7,36	65,33
269	KD	15	45	26	114	114,00	4,56	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	KD	23	69	27	418	83,60	16,08	108	19,93	23,71	15,91	20,05	15,91	3,40	13,45

Tablo 4.27 13.11.2012 tarihi sabah zirve saati hat bazlı sefer aralığı değerlerine ait temel istatistikler (2/2)

Hat No	Yön	Planlanan Sefer Aralığı(dk)	Planlanan Sefer Süresi(dk)	Durak Sayısı	Toplam Biniş	Sefer Başına Biniş	Durak Başına Biniş	Sefer Aralığı Sayısı	Ortalama Maksimum Minimum	Medyan	Mod	Std. Sapma	Varyans	Basıklık	Çarpıklık		
300	KG	23	69	32	414	82,80	13,35	128	23,67	28,58	19,81	23,14	19,81	3,41	12,28	1,73	0,29
305	KG	25	50	35	401	100,25	11,79	105	24,22	27,39	20,74	24,52	20,74	2,79	12,34	1,50	-0,25
305	KD	25	50	33	189	47,25	5,91	99	30,12	31,97	28,97	29,44	28,97	1,34	2,02	1,50	0,55
311	KG	25	50	30	213	213,00	7,34	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
311	KD	25	50	28	124	41,33	4,59	56	25,90	28,58	23,21	25,90	23,21	2,68	9,90	1,00	0,00
320	KG	20	50	76	230	76,67	3,07	152	22,17	23,83	20,50	22,17	20,50	1,67	5,98		
320	KD	20	50	70	184	184,00	2,67	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
460	KD	45	45	25	100	100,00	4,17	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
460	KG	45	45	27	33	33,00	1,27	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
480	KD	45	45	23	14	14,00	0,64	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
480	KG	45	45	18	31	31,00	1,82	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
486	KG	50	25	11	15	15,00	1,50	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
486	KD	50	25	11	1	1,00	0,10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
510	KG	15	60	42	460	92,00	11,22	168	18,77	26,75	10,48	18,92	10,48	6,12	43,70	1,93	0,20
510	KD	15	60	43	715	119,17	17,02	215	13,37	19,57	8,11	12,70	8,22	4,10	19,04	2,15	0,00
554	KG	20	70	51	429	143,00	8,58	102	16,11	18,13	14,10	16,11	14,10	2,01	4,58	1,00	0,00
554	KD	20	70	48	296	98,67	6,30	96	23,84	27,83	19,84	23,84	19,84	4,00	19,22	1,00	0,00
607	KG	30	90	53	167	167,00	3,21	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
607	KD	30	90	58	250	83,33	4,39	116	30,74	34,74	26,73	30,74	26,73	4,01	19,11	1,00	0,00
671	KG	15	90	68	1108	184,67	16,54	340	15,07	22,40	8,14	14,14	8,14	4,94	29,56	2,24	0,31
671	KD	15	90	71	904	150,67	12,91	355	13,94	23,83	5,05	12,14	5,05	7,19	58,38	1,44	0,21
945	KD	15	15	14	18	4,50	1,38	42	20,38	22,61	18,04	20,48	18,04	1,93	3,97	1,50	-0,11
945	KG	15	15	15	39	9,75	2,79	45	16,30	30,34	7,99	10,56	7,99	10,04	101,01	1,50	0,65
969	KD	8	20	13	456	41,45	38,00	130	8,55	16,35	1,81	8,54	1,81	3,78	14,39	3,14	0,28
969	KG	8	20	8	183	22,88	26,14	56	10,54	17,95	3,76	8,99	3,76	5,56	31,21	1,33	0,15
970	KG	5	62,5	33	1445	120,42	45,16	363	7,92	17,98	1,09	6,77	1,09	5,17	30,12	2,55	0,63
970	KD	5	62,5	36	1633	108,87	46,66	504	4,62	12,61	0,39	3,21	0,61	3,73	14,51	2,55	0,76
971	KD	10	30	27	237	29,63	9,12	189	10,40	22,24	3,75	9,08	3,97	6,03	36,87	2,58	0,85
971	KG	10	30	29	640	71,11	22,86	232	10,05	13,48	7,69	9,74	7,69	1,86	3,80	2,67	0,38
980	KG	7	38,5	18	990	82,50	58,24	198	7,72	12,83	0,76	7,44	1,06	3,24	10,92	3,40	-0,58
980	KD	7	38,5	17	951	86,45	59,44	170	8,45	16,59	1,02	7,47	1,47	4,97	24,88	2,10	0,21
986	KG	4	50	30	1950	108,33	67,24	510	4,39	12,37	0,21	4,10	0,89	3,19	10,43	3,48	0,77
986	KD	4	50	28	1163	83,07	43,07	364	6,12	22,16	0,59	3,89	1,00	6,09	38,14	4,93	1,65

Güvenilirlik ölçütlerinin hesaplanmasından sonra, güvenilirlik ile işletme özellikleri yolcu yükü ve trafik yoğunluğu arasındaki ilişkinin analizleri yapılarak güvenilirlik ölçütlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Analizlerde çoklu doğrusal regresyon tekniği kullanılmış olup çeşitli alternatif model senaryoları geliştirilmiştir.

Çoklu regresyon bir sürekli bağımlı değişken ile bir dizi bağımsız değişken arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çoklu regresyon ile bir dizi değişkenin, belirli bir çıktıyı ne kadar iyi açıklayabildiği ve bir dizi değişkenin içindeki hangi değişkenin çıktıyı en iyi şekilde açıklayabildiği konularının analizi yapılabilmektedir (Pallant, J, çev., 2017).

Çoklu doğrusal regresyon modelinde bağımlı değişken y ile m adet bağımsız değişken ise $x_1, x_2, \dots, x_m$ ile simgelenirse y regresyon denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir (Bayazıt ve Oğuz, 2005)

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_m x_m \quad (4.1)$$

Çoklu regresyon analizi; bağımsız değişkenlerin modele aynı anda dahil edildiği standart çoklu regresyon tekniği, bağımsız değişkenlerin analizi yapan kişi tarafından belirlenen sıralı olarak dahil edildiği sıralı çoklu regresyon tekniği ve bağımsız değişkenlerin modele girilerek belirli istatistikî kriterlere göre programın hangi değişkenin hangi sıra ile modele dahil olacağına karar vermesine olanak sağlayan basamaklı çoklu regresyon (öne doğru seçme, arkaya doğru silme ve basamaklı) tekniği ile yapılabilmektedir (Pallant, J, çev., 2017). Yapılan analizlerde BACKWARD-arkaya doğru silme tekniği kullanılmıştır. Modellerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler aşağıda verilmiştir.

Bağımlı Değişkenler:

RH(Sefer Aralığı Güvenilirliği: sefer aralığı değerlerinin standart sapmalarının ortalamasına oranı olarak hesaplanmaktadır.)

Bağımsız Değişkenler:

Bağımsız değişkenler işletim özellikleri, yolculuk yükü ve trafik etkisi olarak üç ana gruba ayrılmıştır.

- a) **İşletim Özellikleri:** Planlanan sefer aralığı, Hat Uzunluğu, Durak Sayısı
- b) **Yolcu Yüğü:** Toplam taşınan yolcu sayısı,
- c) **Trafik Etkisi:** Trafik etkisinin regresyon modellerine yansıtılması için kent merkezine doğrudan bağlantı sağlayan ve kent merkezi içerisindeki Mustafa Kemal Sahil Bulvarı, Varyant ve Alsancak bölgesi güzergahları kukla değişken olarak (hat tarafından kullanılıyorsa 1 kullanılmıyorsa 0) modellere yansıtılmıştır.

Tüm alternatif modellerin oluşturulmasından sonra SPSS programında modellerin istatistiki analizi yapılmıştır. Modellerde analizi yapılan üç güne ait hat-yön bazlı 676 satırlık veri grubuna ait sonuçlar elde edilmiştir.

RH (Sefer aralığı Güvenilirliği) ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki incelendiğinde Hat Uzunluğu ve Durak Sayısı bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyonun yüksek bir değer olması sebebiyle hat uzunluğu değişkeni analiz dışı tutulmuştur

Toplam biniş, Mustafa Kemal Sahil Bulvarı güzergahı ve Varyant yolu güzergahı bağımsız değişkenleri F anlamlılık değerlerinin büyük olması nedeniyle (istatistiki olarak anlamsız) program tarafından elenmişlerdir. Analiz sonuçları Tablo 5.17 ve Tablo 5.18’ de verilmiştir.

Yapılan analiz sonucu ayarlanmış RH bağlı değişkeni için R^2 değeri 0.439 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç modelde girdi olarak kullanılan bağımsız değişkenlerin bağlı değişkeni 0,439 oranında açıklayabildiğini göstermektedir.

Tablo 4.28 RH bağılı değişkenine ait doğrusal regresyon modeli sonuçları

Model Özeti ^b					
Model	R	R Kare	Ayarlanmış R Kare	Tahminin Standart Hatası	
4	,662	,439	,436	,14699	
Anova					
Model	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Anlamlılık
Regresyon	11,343	3	3,781	175,003	0.000
Artık	14,519	672	,022		
Toplam	25,863	675			

Tablo 4.29 RH bağılı değişkeninin yer aldığı modelde bağımsız değişkenlere ait katsayılar

Katsayılar	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Anlamlılık
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	,635	,022		29,336	,000
Planlanan Sefer Aralığı Değeri(dk)	-,031	,001	-,629	-21,494	,000
Güzergâh Üzerindeki Durak Sayısı	,003	,000	,180	6,024	,000
Konak-Alsancak bölgesini kullanma durumu	,060	,012	,152	5,110	,000

Bağımsız değişkenlere ait standartlaştırılmış katsayılar incelendiğinde planlanan sefer aralığı değerinin modeli yaklaşık % 63 oranında negatif yönde etkilediği görülmektedir.

Bilindiği üzere düşük RH değerleri yüksek güvenilirlik (düşük düzensizlik) anlamına gelmektedir. Bu bağlamda yüksek sefer aralığı değerlerinin özellikle yüksek trafik yoğunluğu ve yolcu yükünün bulunduğu sabah zirve saati diliminde katarlanma-seferler arasında düzensizliği azaltmaktadır. Yani düşük sefer aralıklı hatlarda katarlanmaların oluşması-araçların peşpeşe gelmesi durumunun yaşanması kaçınılmazdır.

Güzergâh üzerindeki durak sayısı ve hattın Konak-Alsancak bölgesini kullanma durumu ise sırasıyla %18 ve %15 oranında modeli etkilemektedir. Değişkenlerin işaretlerinin pozitif olması durak sayısının artmasının ve hattın kent merkezinde yer alan arterleri kullanmasının seferler arası düzensizliği arttırdığını göstermektedir. Bu bağlamda regresyon denklemi şu şekilde yazılabilmektedir.

$$RH = 0,635 - 0,031 (\text{Planlanan Sefer Aralığı Süresi}) + 0,03 (\text{Güzergâh Üzerindeki Durak Sayısı}) + 0,06 (\text{Konak-Alsancak Bölgesini Kullanma Durumu}) \quad (4.2)$$

Güvenilirlik değeri literatür taramasında da verildiği üzere mevcut trafik yoğunluğundan, kaza-arıza benzeri olağanüstü durumlardan, iklim koşullarından v.b faktörlerden etkilenebilmektedir. Bu bağlamda güvenilirlik değeri hattın analiz yapılan zaman dilimindeki işletim koşullarını yansıtmakta olup günden günden güne değişkenlik gösterebilmektedir. Trafikte yaşanan önceden planlanamayan durumlar nedeniyle de güvenilirlik değeri değişkenlik gösterebilmektedir.

Tez çalışması kapsamında AKÜTSİS Verilerinin Toplu Ulaşım Atama Modelleri içerisinde kullanım olanaklarının irdelenmesi amaçlanmakta olup güvenilirliğin işletme boyutu yerine planlama boyunda kullanılması gerekmektedir. Toplu ulaşım sistemlerinde genel olarak yolcular bir başlangıç noktasından aynı varış noktasına birden farklı toplu ulaşım hattı ile ulaşabilmektedir. Toplu ulaşım atama modellerinde de yolcuların önceden belirli olan bu hat kümeleri içerisinde seçim yapabilmelerine olanak sağlayan yaklaşımlar yer almaktadır.

Yolcular için duraklardaki ortalama bekleme süreleri seçim kümesi içerisinde yer alan hatların sıklıklarının birleştirilmesi ile hesaplanmaktadır (Spiess ve Florian, 1989). Bu tip güvenilirlik ölçütü değerleri her hat için ayrı ayrı hesaplanmış olup bu bölümde örnek B-V çiftleri için bu değerin hesaplanmasına yönelik analiz çalışması yapılmıştır.

Mevcut hat yapısında bölgelerin kent merkezine birden fazla aktarmalı ve aktarmasız hat seçeneği ile erişim olanağı bulunduğu Kent Merkezi varışlı B-V çiftleri ele alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda aynı varış noktalarına hizmet veren tüm hatlar tek bir hat olarak kabul edilmiş ve planlanan bekleme süresi ile oluşan farklar incelenmiştir. Dört gün için yapılan analiz sonuçları Tablo 5.24 ve Tablo 5.252 de sunulmaktadır.

Tablo 4.30 Örnek B-V çiftlerine ait güvenilirlik hesap sonuçları [1/2]

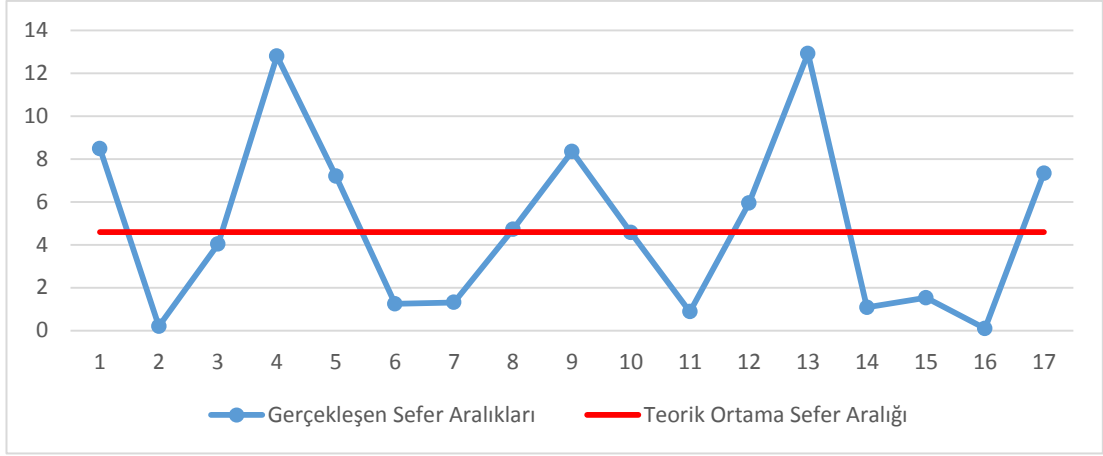
Tarih	Durak ID	Aktarma Durumu	Sefer Aralığı Sayısı	Planlanan Sefer Aralığı	Ortalama	Maksimum	Minimum	Medyan	Mod	Std. Sapma	Varyans	Basıklık	Çarpıklık
13112012	50036	1	17	4,61	4,87	12,92	0,10	4,57	0,10	4,04	16,35	2,30	0,61
14112012	50036	1	17	4,61	4,57	15,67	0,10	3,77	1,42	4,39	19,31	3,89	1,37
21112012	50036	1	20	4,61	4,39	9,98	0,08	4,53	6,92	3,44	11,82	1,57	0,05
22112012	50036	1	18	4,61	4,42	8,58	0,05	4,54	0,05	2,82	7,96	1,80	0,04
13112012	50036	2	29	2,81	3,04	7,52	0,05	2,75	0,07	2,43	5,91	1,97	0,40
14112012	50036	2	28	2,81	3,07	10,95	0,07	2,26	1,37	2,78	7,75	3,50	1,04
21112012	50036	2	28	2,81	3,00	11,27	0,08	2,00	2,77	3,03	9,15	4,23	1,43
22112012	50036	2	28	2,81	3,03	12,12	0,07	2,03	0,12	2,97	8,81	3,87	1,09
13112012	50026	1	21	3,89	3,94	12,53	0,07	3,10	0,07	3,28	10,76	3,65	1,16
14112012	50026	1	22	3,89	3,57	14,63	0,05	2,47	0,05	3,93	15,45	4,93	1,70
21112012	50026	1	23	3,89	3,52	9,47	0,12	2,57	0,12	3,15	9,90	1,81	0,51
22112012	50026	1	23	3,89	3,48	9,37	0,05	2,73	0,10	2,89	8,35	2,12	0,58
13112012	50026	2	37	2,2	2,23	7,47	0,07	1,33	0,18	2,17	4,69	2,72	0,95
14112012	50026	2	35	2,2	2,48	7,23	0,03	2,05	1,63	2,08	4,32	2,49	0,73
21112012	50026	2	36	2,2	2,33	8,05	0,05	1,69	1,33	1,96	3,85	3,50	1,04
22112012	50026	2	36	2,2	2,41	14,48	0,07	1,33	0,10	2,87	8,26	9,13	2,17
13112012	50014	1	23	3,37	3,74	13,20	0,00	3,00	0,00	3,69	13,63	3,65	1,19
14112012	50014	1	27	3,37	3,30	14,52	0,05	1,98	0,05	3,53	12,45	4,97	1,58
21112012	50014	1	25	3,37	3,37	10,35	0,05	2,90	0,05	2,95	8,71	2,26	0,55
22112012	50014	1	26	3,37	3,24	11,07	0,03	2,69	0,03	3,12	9,73	3,49	1,17
13112012	50014	2	38	2,2	2,33	8,68	0,02	1,58	0,10	2,33	5,43	3,32	1,15
14112012	50014	2	34	2,2	2,32	8,03	0,07	1,78	0,08	2,36	5,57	3,12	1,00
21112012	50014	2	36	2,2	2,35	8,03	0,08	1,51	0,12	2,07	4,29	3,93	1,28
22112012	50014	2	33	2,2	2,41	14,05	0,08	1,52	0,10	2,77	7,69	9,97	2,38

Tablo 4.31 Örnek B-V çiftlerine ait güvenilirlik hesap sonuçları [2/2]

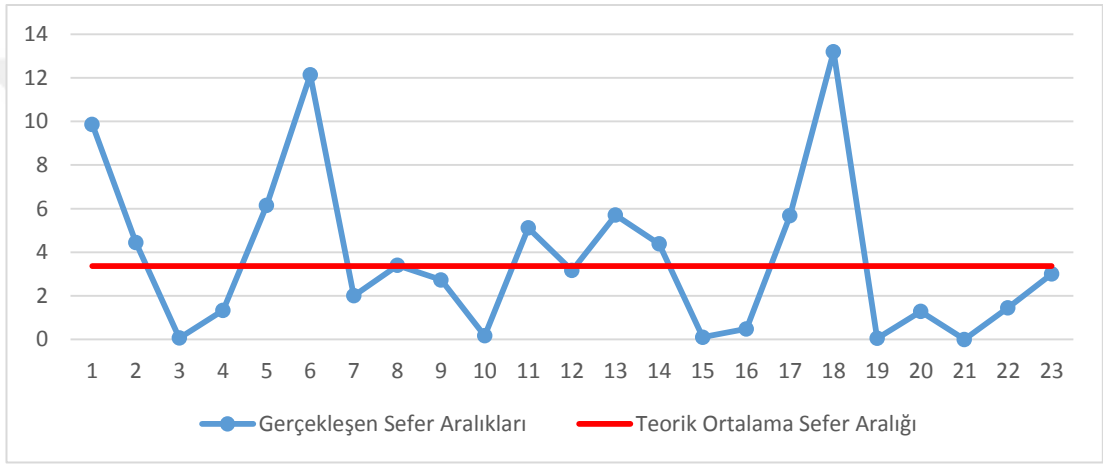
Tarih	Durak ID	Aktarma Durumu	RH	cvh	Min/Mak Oranı	E(W)1	EWT2	EWT3	AWT	EWT	PRDM	TWM	Fp	R	HR ORT
13112012	50036	1	0,83	0,88	0,01	2,31	1,78	1,59	3,90	1,59	0,73	3,54	8,47	0,54	105,55
14112012	50036	1	0,96	0,95	0,01	2,31	2,09	2,13	4,44	2,13	0,69	3,40	8,81	0,51	99,12
21112012	50036	1	0,78	0,75	0,01	2,31	1,29	1,41	3,72	1,41	0,66	3,31	9,07	0,56	95,23
22112012	50036	1	0,64	0,61	0,01	2,31	0,87	0,94	3,24	0,94	0,52	2,93	10,24	0,64	95,89
13112012	50036	2	0,80	0,87	0,01	1,41	1,06	0,90	2,30	0,90	0,72	2,14	14,03	0,55	108,23
14112012	50036	2	0,91	1,00	0,01	1,41	1,39	1,16	2,56	1,16	0,78	2,27	13,23	0,51	109,20
21112012	50036	2	1,01	1,08	0,01	1,41	1,63	1,43	2,83	1,43	0,79	2,28	13,18	0,48	106,72
22112012	50036	2	0,98	1,06	0,01	1,41	1,58	1,35	2,75	1,35	0,87	2,46	12,21	0,48	107,95
13112012	50026	1	0,83	0,84	0,01	1,95	1,38	1,35	3,29	1,35	0,65	2,77	10,82	0,56	101,24
14112012	50026	1	1,10	1,01	0,00	1,95	2,00	2,36	4,31	2,36	0,76	3,08	9,75	0,47	91,73
21112012	50026	1	0,89	0,81	0,01	1,95	1,29	1,55	3,50	1,55	0,73	2,99	10,05	0,50	90,51
22112012	50026	1	0,83	0,75	0,01	1,95	1,09	1,34	3,28	1,34	0,66	2,78	10,79	0,53	89,49
13112012	50026	2	0,97	0,98	0,01	1,10	1,07	1,04	2,14	1,04	0,82	1,84	16,31	0,48	101,31
14112012	50026	2	0,84	0,95	0,00	1,10	1,00	0,77	1,87	0,77	0,78	1,76	17,02	0,53	112,84
21112012	50026	2	0,84	0,89	0,01	1,10	0,88	0,78	1,88	0,78	0,70	1,65	18,23	0,54	106,08
22112012	50026	2	1,19	1,31	0,00	1,10	1,89	1,57	2,67	1,57	0,96	2,11	14,24	0,43	109,47
13112012	50014	1	0,99	1,10	0,00	1,69	2,04	1,65	3,33	1,65	0,83	2,85	10,54	0,48	110,85
14112012	50014	1	1,07	1,05	0,00	1,69	1,85	1,93	3,61	1,93	0,78	2,72	11,03	0,46	97,87
21112012	50014	1	0,87	0,88	0,00	1,69	1,29	1,29	2,97	1,29	0,77	2,69	11,14	0,51	100,14
22112012	50014	1	0,96	0,93	0,00	1,69	1,45	1,57	3,25	1,57	0,73	2,59	11,59	0,49	96,06
13112012	50014	2	1,00	1,06	0,00	1,10	1,24	1,10	2,20	1,10	0,83	1,85	16,19	0,47	106,06
14112012	50014	2	1,02	1,07	0,01	1,10	1,27	1,14	2,24	1,14	0,87	1,93	15,51	0,46	105,33
21112012	50014	2	0,88	0,94	0,01	1,10	0,98	0,85	1,95	0,85	0,73	1,68	17,84	0,54	106,86
22112012	50014	2	1,15	1,26	0,01	1,10	1,76	1,46	2,56	1,46	0,87	1,93	15,58	0,46	109,50

Tablolardaki aktarma durumu 1 aktarmasız rotaların, aktarma durumu 2 ise aktarmalı rotaların güvenilirlik değerlerini göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde hat ve durak bazlı analizlerden farklı olarak sefer aralığı değerlerinde görülen maksimum minimum sefer aralığı değerleri arasında yüksek farkların bulunduğu görülmektedir. Bu nedenden dolayı yüksek standart sapma değerleri oluşmaktadır.

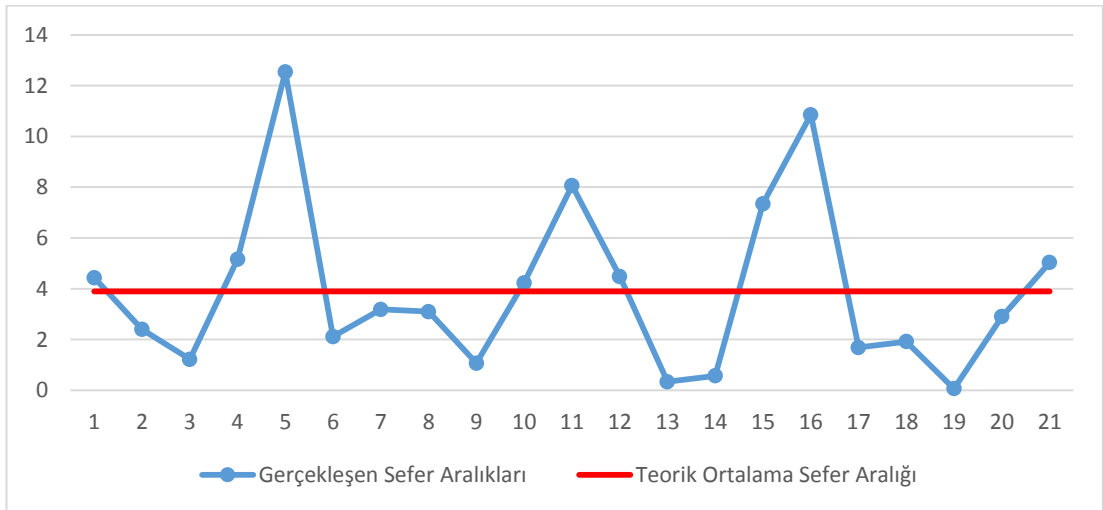
Sefer aralıklarındaki bu farklıklar duraklarda düzensiz sefer aralıklarının görüldüğünü (katar oluşumunun yaşandığını) göstermektedir. Sefer aralığı değerlerinin standart sapmasının ortalamasına bölünmesi ile hesaplanan RH değerleri incelendiğinde de seferlerdeki düzensizlikler açıkça görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.23 Rotaların sefer aralığı değerleri (a) Uludağ Durağı, (b) İş Bankası Evleri Durağı, (c) İzsu Durağı

Fazla bekleme değerleri incelendiğinde ise bu değerlerin 1-2 dakika aralığında bulunmasına karşın hem aktarmalı hem de aktarmasız rotalar için yaklaşık teorik bekleme süresi değerleri kadar bekleme süreleri oluştuğu görölmektedir.

Hatlar ayrı ayrı incelendiğinde yüksek güvenilirlik değerlerine sahip olmasına karşın bir arada değerlendirildiğinde farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Durak noktasına ulaşan hatlar farklı parkur süreleri ve farklı sıklık değerlerine sahip olduklarından dolayı aynı varış noktasına hizmet veren hatlar peş peşe gelebilmektedir (Katarlanma Hareketi). Bu durum ayrıca hat yapılanmasının bölgelerden kent merkezine gelen doğrudan hatlar yerine ana arterlere kent merkezi bağlantısını sağlayacak ana hatların oluşturması ve semt-kent merkezi bağlantılı hatların ise semt-aktarma merkezi bağlantılı besleme hatlar olarak yeniden düzenlemesinin gerekliliği göstermektedir.

Yolcuların rota seçimlerinde aktarmalı ve aktarmasız hat kümesi içinde yaşanan bu düzensizlerden etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi ve toplu ulaşım atama modeline yansıtılması konusu tezin temel amaçlarından birini oluşturmaktadır. Bu bağlamda bu konu doktora tez çalışmasının “İzmir Kenti AKÜTSİS Verilerinin Toplu Ulaşım Atama Modellerinin Başarımının Arttırılmasında Kullanılması” başlıklı beşinci bölümünde detaylı olarak ele alınmıştır.

BÖLÜM BEŞ

İZMİR KENTİ AKÜTSİS VERİLERİNİN TOPLU ULAŞIM ATAMA MODELLERİNİN BAŞARIMININ ARTTIRILMASINDA KULLANILMASI

Birinci bölümde de yer aldığı üzere tez çalışmasının üzerinde durduğu temel konu AKÜTSİS verilerinden elde edilen çeşitli parametre ya da değerlerin atama modellerinde kullanılması ve böylece atama sonuçlarının gerçeğe yakınlığının artırılmasıdır. İzmir Kentinin tamamı için atama modelinin oluşturulması durumunda atama modelinde girdi olarak kullanılacak verilerin toplanması, modele yansıtılması ve modelden sonuçların alınması ayrıca modelin ilave kısıt ya da parametrelerle geliştirilmesi işlemleri uzun süreler alacaktır. Bu bağlamda tez çalışmasının beşinci bölümünde öncelikle İzmir Kenti içerisinde seçilen analiz bölgesinin hangi kriterler dikkate alınarak belirlendiği ve seçilen analiz bölgesi içerisindeki toplu ulaşım sisteminin analiz edilmesi konuları ele alınmıştır.

Sonraki aşamada tez kapsamında geliştirilen AKÜTSİS verileriyle B-V matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” kullanılarak analiz bölgesine ait yolculuk talepleri ve B-V çiftleri arasındaki düzenli yolculuk talepleri elde edilmiştir.

B-V bazındaki yolculuk taleplerinin atama modeline yansıtılması amacıyla Spiess ve Florian’ ın (1989) geliştirdikleri Strateji-Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli’ nin MatLAB programa diline dönüştürülmüş ve atama Modeli Analiz Bölgesi için uygulanarak (Kontrol Ataması) yolcu rota seçim davranışları elde edilmiş ve sonuçlar AKÜTSİS değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Bölümün sonunda ise tez çalışmasının amacına uygun olarak atama modeli’ nin başarımının arttırılmasına yönelik yolcu seçim davranışlarını açıklamak üzere doğrusal regresyon, üstel model ve lojistik regresyon önerileri geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar AKÜTSİS değerleri ile karşılaştırılmıştır.

5.1 Analiz Bölgesinin Belirlenmesi

Tez çalışmasında 2012 yılına ait veri setleri kullanılmış olup analiz yılı itibariyle kentte 300' den fazla otobüs hattının yanı sıra Hafif Raylı Sistem hattı, Banliyö hattı ve çeşitli Vapur hatları ile belediye eliyle toplu ulaşım hizmeti sağlanmaktadır (Deri, 2012).

Tüm bu hususlar dikkate alındığında İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde bir analiz bölgesi belirlenmiş ve bu bölge içerisinde hizmet veren otobüs hatlarına ait analizlerinin yapılması ve elde edilen değerlerin Spiess ve Florian' ın (1988) geliştirdikleri strateji tabanlı atama modelinde girdi olarak kullanılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda analiz bölgesi sınırları ve seçilen hatlar belirli kriterler esas alınarak belirlenmiştir:

- Analiz bölgesinin 2009 yılında tamamlanan İUAP çalışmaları kapsamında belirlenen merkez kent sınırları içerisinde yer alması (İUAP,2009),
- Bölgeden başlayan yolculukların büyük bir oranının kent merkezi içinde sonlanması,
- Aynı arter üzerinde benzer hedef noktalarına ulaşan birçok otobüs hattının bulunması (yolcuların seçim yapabilmesi için alternatiflerin bulunması),
- Analiz bölgesi içerisindeki mahallelere toplu ulaşım hizmeti sağlayan otobüs hatlarına ait güzergah ve durakların büyük bir çoğunluğunun (mahallelerden kent merkezine ulaşan hatlar) analiz bölgesi içerisinde yer alması,
- Analiz bölgesi içerisindeki yolculukların konut başlangıçlı olması.

Analiz bölgesi, kent yerleşim alanının güney batı bölümünü içermekte, bölge içerisinde Urla, Güzelbahçe, Narlıdere, Balçova, Karabağlar (Fahrettin Altay, Üçkuyular, Esentepe Mahalleleri) ve Konak(Mehmet Ali Akman Mahallesi) ilçelerine dahil olan yerleşimler yer almaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Analiz bölgesinin konumu

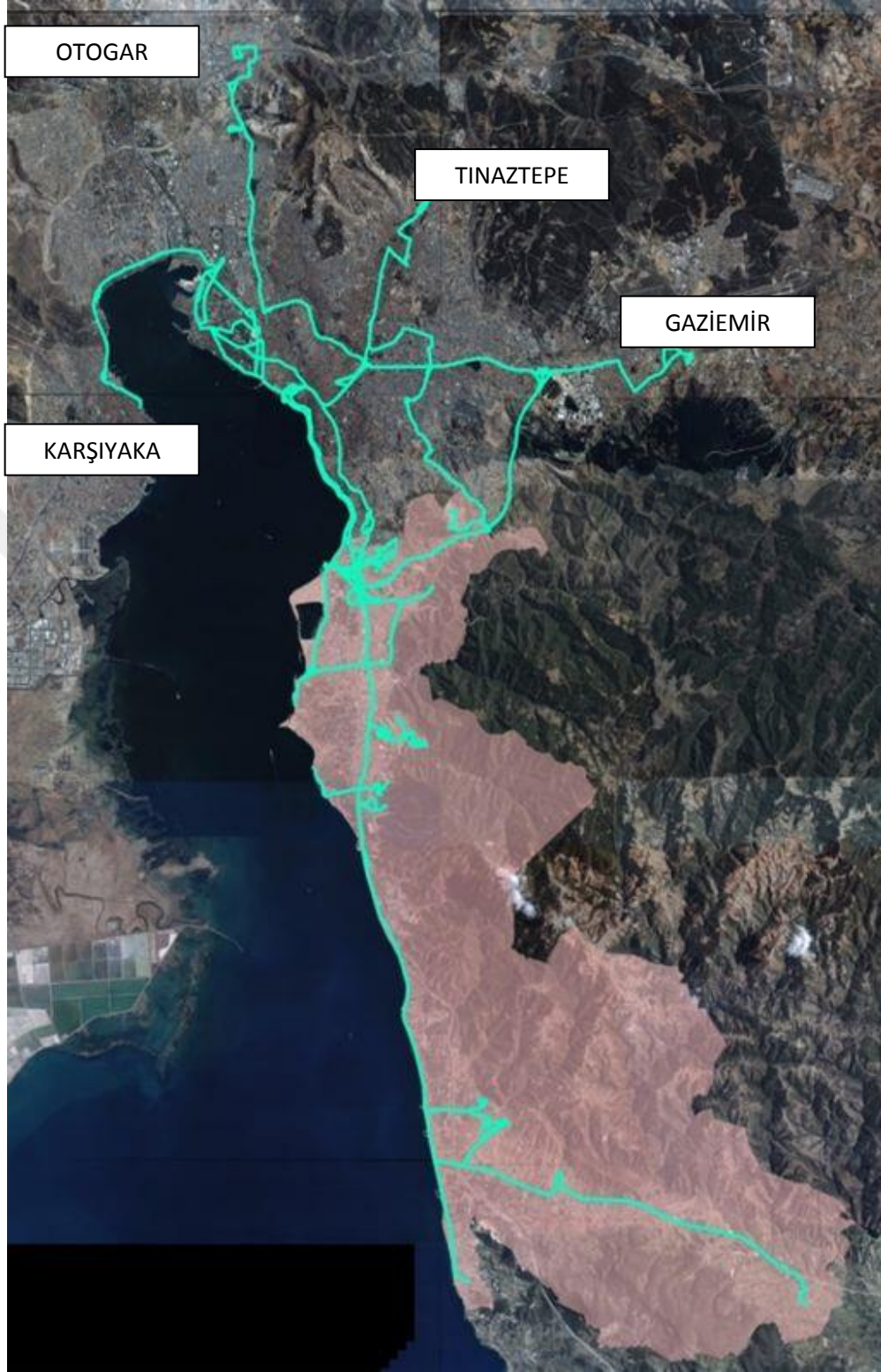
Urla İlçesi İUAP çalışmaları kapsamında belirlenen merkez kent sınırlarına dahil olmamasına rağmen söz konusu ilçenin Bademler, Çamlıçay, M. Fevzi Çakmak ve Zeytinalanı Mahallelerine toplu ulaşım hizmeti sağlayan hatların analiz bölgesi içerisinde yer alan diğer yerleşimlerin yine analiz bölgesi içerisinde yer alan Fahrettin Altay Aktarma merkezi ve kent merkezi bağlantısını sağlaması nedeniyle bu mahalleler de analiz bölgesine dahil edilmiştir.

Analiz bölgesi sınırları içerisinde 31 adet otobüs hattı seferine başlamakta olup bu otobüs hatlarından 14 adedi analiz bölgesi içerisindeki yerleşimlerin doğrudan kent merkezi bağlantısını sağlayarak Konak ve Halkapınar Metro Aktarma Merkezinde, 10 adedi Fahrettin Altay Aktarma Merkezinde, 2 adedi Üçkuyular İskele Aktarma Merkezinde, 1 adedi Karşıyaka İskele Aktarma Merkezinde, 2 adedi Tınaztepe Son Durakta, 1 Adedi Sosyal Konutlar Son Durakta(Gaziemir Son Durak) 1 adedi ise Otogar Son Durakta seferlerini tamamlamaktadır (Şekil 5.2).

31 adet otobüs hattının 2012 yılı kasım ayına ait sabah zirve saatinde planlanan sefer aralığı ve otobüs sayısı bilgileri Tablo 5.1’ de yer almaktadır. 2012 yılı kasım ayı itibariyle bölgedeki toplu ulaşım, otobüs sistemine dayanmakta olup analiz bölgesi sınırları içerisinde toplam 207 adet durak noktası(kent merkezine gidiş yönünde) (16 adedi son durak noktası niteliğinde) bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Analiz bölgesi içinde başlayan hat listesi

Sıra No.	Hat No.	Hat Başlangıç Noktası	Hat Bitiş Noktası	Hat Uzunluğu(m) (gidiş+dönüş)	Araç Tipi	Sabah Zirve Saati Planlanan Sefer Aralığı (dk)
1	5	F.ALTAY AKTARMA	NARLIDERE	15600	Solo	20
2	6	F.ALTAY AKTARMA	ARIKENT	16400	Solo	20
3	7	KONAK	SAHİLEVLERİ	33200	Solo	25
4	8	HALKAPINAR METRO	GÜZELBAHÇE	66000	Körüklü	13
5	11	KONAK	İNCİRALTI	27500	Solo	70
6	12	HALKAPINAR METRO	F.ALTAY AKTARMA	27400	Körüklü	5
7	14	KONAK	ESENTEPE	20000	Solo	10
8	25	F.ALTAY AKTARMA	OYUNLAR KÖYÜ	14000	Solo	15
9	82	F.ALTAY AKTARMA	SİTELER	48700	Solo	20
10	167	F.ALTAY AKTARMA	BALÇOVA KABRİSTAN	22000	Solo	30
11	169	HALKAPINAR METRO	BALÇOVA	34600	Körüklü	5
12	209	KONAK	ZEYTİNALANI	57200	Körüklü	20
13	216	HALKAPINAR METRO	OYAK SİTESİ	32400	Solo	17
14	269	HALKAPINAR METRO	BALÇOVA	32400	Körüklü	15
15	300	F.ALTAY AKTARMA	KARŞIYAKA	41300	Solo	23
16	305	KONAK	2.İNÖNÜ	27800	Solo	25
17	311	KONAK	İNCİRALTI	27500	Solo	25
18	320	F.ALTAY AKTARMA	BADEMLER	66700	Solo	20
19	460	ÜÇKUYULAR İSKELE	NARLIDERE	20400	Solo	45
20	480	ÜÇKUYULAR İSKELE	İNCİRALTI	18200	Solo	45
21	486	F.ALTAY AKTARMA	İNCİRALTI	16000	Solo	50
22	510	GAZİEMİR	NARLIDERE	58800	Körüklü	15
23	554	HALKAPINAR METRO	NARLIDERE	47500	Körüklü	20
24	607	BALÇOVA	AYAKKABICILAR SİTESİ	70200	Solo	30
25	671	TINAZTEPE	NARLIDERE	63000	Körüklü	15
26	945	F.ALTAY AKTARMA	ESENTEPE	8800	Solo	15
27	969	F.ALTAY AKTARMA	BALÇOVA	8600	Solo	8
28	970	TINAZTEPE	F.ALTAY AKR. MRK.	32600	Solo	5
29	971	F.ALTAY AKTARMA	NARBEL	15700	Solo	10
30	980	F.ALTAY AKTARMA	KONAK	18500	Solo	7
31	986	F.ALTAY AKTARMA	HALKAPINAR METRO	28600	Solo	4



Şekil 5.2 Analiz Bölgesi ve otobüs hatlarına ait güzergahlar

5.2 Analiz Bölgesi Yolculuk Talebinin ve Düzenli Yolcuların Rota Seçim Davranışının Belirlenmesi

Önceki bölümde de verildiği üzere AKÜTSİS verileriyle kişilerin hangi B-V çifti arasında hangi rotaları kullanarak seyahat ettikleri geliştirilen hesap modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Tez çalışmasının bu bölümde uzun bir periyod boyunca aynı başlangıç-varış çifti arasında yolculuk yapan kişilere ait rota seçim davranışlarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Kişilere ait rota seçim davranışının analizi, sonraki aşamalarda rota seçim davranışının etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve bu parametrelerin toplu ulaşım atama modellerine yansıtılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışması kapsamında 2012 yılı Kasım ve Aralık aylarına ait standart hafta içi günlere (Salı-Çarşamba-Perşembe) ait 25 günlük İzmir Kenti AKÜTSİS biniş verisi seti kullanılmıştır. “AKÜTSİS Verileriyle Başlangıç-Varış Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” kullanılarak analiz bölgesi içerisinde yer alan duraklardan saba zirve saat diliminde yolculuğuna başlayan her güne ait biniş verisinin ayrı ayrı analizi yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 25 günlük veri setine ait özet bilgiler Tablo 5.2’ de verilmiştir

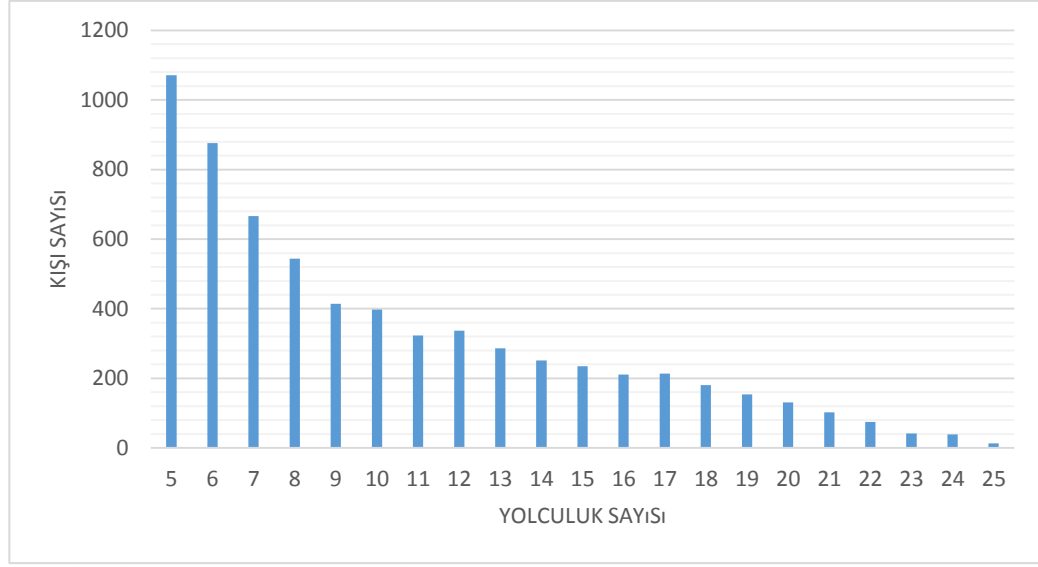
Tabloda da görüldüğü üzere sabah zirve saatinde (07:00-09:00) analiz bölgesinde yer alan durak noktalarında yolculuklarına başlayan 230.431 kişinin yaklaşık % 64’ üne ait (147.091 kişi) hedef (varış) noktası belirlenmiştir.

2012 yılı Kasım ve Aralık aylarına ait 25 gün için hesaplanan 147.091 B-V çifti incelenmiş öncelikle genellikle kent içerisinde dolaştığı ve kısa sürelerle hatlara iniş biniş yaptıkları görülen günlük beş üzeri yolculuk yapan kartlar inceleme kapsamı dışında tutulmuştur. 25 günlük analiz süresinde aynı başlangıç-varış çifti arasında en az beş gün yolculuk yapan kartlar “Düzenli Yolculuk Yapan Kişi” olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.2 25 günlük veri setine ait özet bilgiler

Gün No.	Tarih	Gün	Yolculuğa Başlayan Kişi Sayısı	Tek Biniş Yapan Kişi Sayısı	Varış Noktası Hesaplanan Kişi sayısı	Varış Noktası Hesaplanma Oranı
1	01.11.2012	Perşembe	8.620	940	5.430	62,99%
2	06.11.2012	Salı	9.334	1.023	6.002	64,30%
3	07.11.2012	Çarşamba	9.186	1.020	5.714	62,20%
4	08.11.2012	Perşembe	8.788	945	5.423	61,71%
5	13.11.2012	Salı	9.121	1.005	5.705	62,55%
6	14.11.2012	Çarşamba	9.447	1.023	6.011	63,63%
7	15.11.2012	Perşembe	8.909	956	5.854	65,71%
8	20.11.2012	Salı	9.000	949	5.944	66,04%
9	21.11.2012	Çarşamba	8.857	932	5.754	64,97%
10	22.11.2012	Perşembe	9.869	1.047	6.560	66,47%
11	27.11.2012	Salı	10.046	1.061	5.175	51,51%
12	28.11.2012	Çarşamba	10.130	1.084	6.575	64,91%
13	29.11.2012	Perşembe	9.883	1.008	6.369	64,44%
14	04.12.2012	Salı	9.823	1.077	6.420	65,36%
15	05.12.2012	Çarşamba	9.967	1.125	6.256	62,77%
16	06.12.2012	Perşembe	9.508	1.054	6.237	65,60%
17	11.12.2012	Salı	9.686	1.005	6.327	65,32%
18	12.12.2012	Çarşamba	9.615	973	6.356	66,11%
19	13.12.2012	Perşembe	9.683	991	6.393	66,02%
20	18.12.2012	Salı	8.338	944	5.267	63,17%
21	19.12.2012	Çarşamba	8.500	909	5.512	64,85%
22	20.12.2012	Perşembe	8.458	924	5.378	63,58%
23	25.12.2012	Salı	8.556	885	5.505	64,34%
24	26.12.2012	Çarşamba	8.529	840	5.445	63,84%
25	27.12.2012	Perşembe	8.578	874	5.479	63,87%
TOPLAM			230.431	24.594	147.091	
ORTALAMA			9.217	984	5.884	63,83%

Yapılan analizde toplam 3277 B-V çifti arasında 6563 düzenli yolculuk yapan kişi tarafından gerçekleştirilen 67522 yolculuk bulunduğu hesaplanmıştır. Analiz süresi boyunca düzenli yolculuk yapan kişilerin yolculuk sayılarının dağılımı Şekil 5.3’ de yer almaktadır.



Şekil 5.3 Yolculuk sayılarının dağılımı

Tablo 5.3’ de verilen “Düzenli Yolculuk Yapan Kişiler” in en yoğun yolcu talebinin olduğu durak/istasyon/iskele noktaları incelendiğinde kent merkezi olan Konak ilçesi içerisindeki duraklara ve özellikle önemli eğitim ve sağlık tesislerinin bulunduğu Bornova ilçesi içerisinde yer alan duraklara/metro istasyonlarına da yoğun bir talebin bulunduğu görülmektedir.

Tablo 5.3 Düzenli yolculuk yapan kişilere ait yolculuk talepleri (En fazla ilk 50 adet)

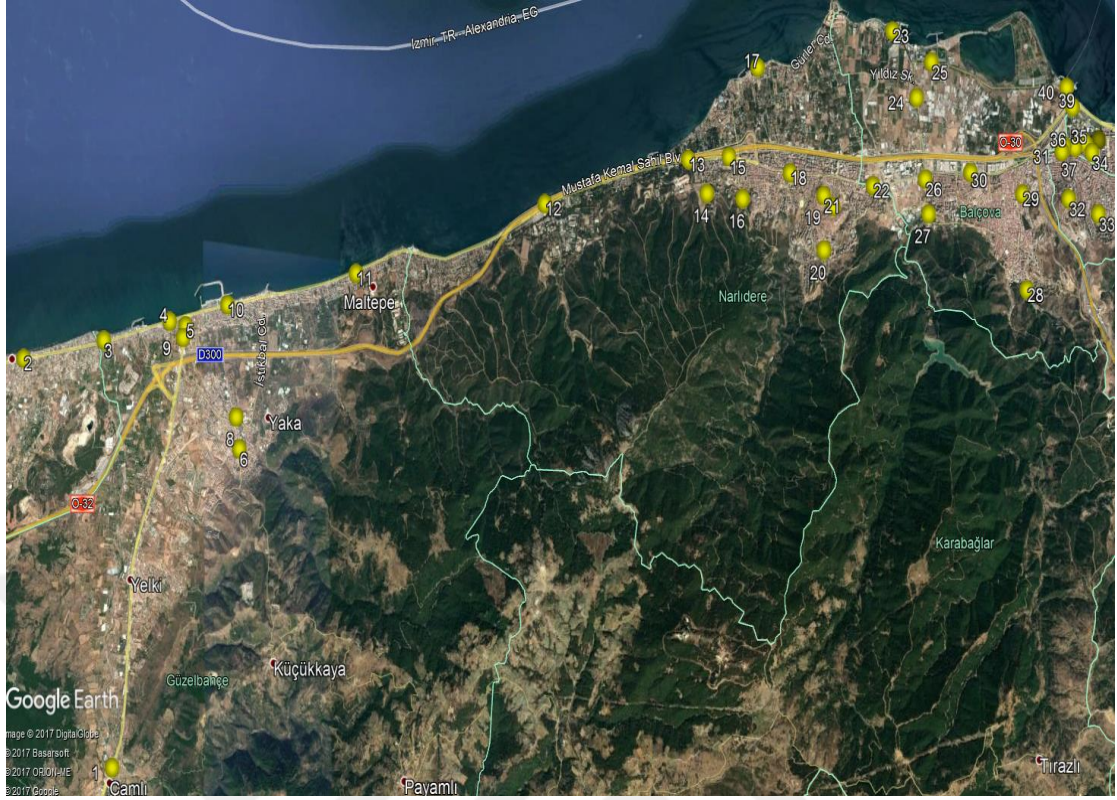
Sıra No	Durak ID	Durak Adı	Toplam Talep(Kişi)
1	10020	Bahribaba Alt	5.587
2	10105	Sosyal Sigortalar Kurumu	3.925
3	10109	Alsancak Devlet Hastanesi	2.172
4	10415	Alsancak Gar	2.070
5	10121	Çankaya	2.054
6	10204	Depo	1.848
7	10111	Talatpaşa	1.728
8	10107	Dokuz Eylül Rektörlük	1.592
9	77703	Çankaya	1.289
10	77711	Ege Üniversitesi Kampüsü	1.249
11	50012	Molla Kuyusu	1.208
12	77710	Bornova	1.207
13	50885	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	1.134
14	10274	Amerikan Koleji	1.017
15	50022	Dokuz Eylül	1.014
16	10103	Belediye Sarayı	1.008
17	10192	Küçükyaşı	879
18	50006	Maliye Meslek Lisesi	791
19	50010	Bağcıbaşı Kahveler	733
20	10286	Nokta	714

Sonraki aşamada yolculuklarına analiz bölgesi içerisinde yer alan duraklardan 07:00-09:00 saatleri başlayan kişilere ait yolculuk rota bilgileri incelenmiş, B-V çiftleri arasında yolcuların aktarmalı ya da aktarmasız rota tercih oranları hesaplanmıştır.

Söz konusu B-V çiftleri incelendiğinde aynı duraktan aynı hatla ulaşılan ardışık varış noktalarındaki aktarmalı/aktarmasız yolculuk oranlarının oldukça farklılaştığı görülmüştür. Benzer durum aynı hatlarla hizmet sağlanan ardışık başlangıç noktalarında da bulunmaktadır. Duraklardan biniş yapan her karta ait varış noktalarının hesaplanamaması ve hesaplanma oranının her durakta rasgele olarak değişim göstermesi bu farklılaşmanın sebebi olarak açıklanabilir. Hesaplarda hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilecek bu durumun düzeltilmesi için analiz bölgesi içerisindeki her durağın hizmet aldığı hatlar belirlenmiş ve aynı hatlarla hizmet alınan duraklar gruplanarak tek bir durak noktası olarak ele alınmıştır (Şekil 5.4, Şekil 5.5).

Durak bazındaki kişilere ait yolculuk rota bilgileri durak grupları bazına dönüştürülmüş ve her durak grubunun geometrik orta noktasındaki durak noktası durak grubu merkezi olarak belirlenmiştir. Ayrıca durakların gruplandırılması ile çok düşük sayıda biniş yapılan duraklarla karşılaşılmasının önüne geçilmiştir. Ayrıca yüksek yolculuk talebine sahip her bir metro ve vapur istasyonu/iskelesi da ayrı bir durak olarak sisteme dahil edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında AKÜTSİS verileri ile elde edilen bir B-V matrisinin Spiess ve Florian' ın (1989) geliştirdikleri “Strateji-Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modelinde girdi olarak kullanılması planlanmaktadır. B-V matrisinin bölgeye ait yolculuk talebinin temsil yüzdesinin arttırılması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlayacağı açıktır. Durak grupları elde edilmesinden sonra durak grupları arasındaki düzenli yolcuların talepleri ve rota seçim davranışları elde edilmiştir.



Şekil 5.4 Oluşturulan durak gruplarının şematik gösterimi [Google Earth Görüntüsü] [1/2]



Şekil 5.5 Oluşturulan durak gruplarının şematik gösterimi [Google Earth Görüntüsü] [2/2]

Tez çalışmasında AKÜTSİS verilerinden elde edilen B-V çiftlerine ait talep değerlerinin Spiess ve Florian (1989)'un geliştirdiği Strateji Tabanlı Atama Modeli içerisinde kullanılmasından sonraki aşamada yolcuların rota seçim davranışlarındaki farklılığa neden olan faktörlerin ortaya çıkarılarak AKÜTSİS verilerinden elde edilen rota seçim davranışlarının toplu ulaşım atama modeline karar mekanizması olarak yansıtılması amaçlanmaktadır.

Bu bağlamda Bölüm 5.3' te yolcu rota seçim davranışları hesaplanan durak grubu bazında B-V çiftleri arasından aşağıda belirtilen kriterlere uyanlar seçilerek toplu ulaşım atama modelinde kullanılmıştır. B-V çiftleri için belirlenen kriterler şu şekildedir:

- B-V çiftinde toplam hesaplanan düzenli yolculuk yapan kişi sayısının 50 ve üzerinde olması,
- Başlangıç durak grubunun analiz bölgesi içerisindeki ana arterler üzerinde olması,
- Varış noktasının kent merkezine ulaşan önemli bir arter üzeri, kent merkezi ya da önemli eğitim alanı olması,
- Başlangıç noktasında yüksek sıklığa sahip otobüs hatlarının bulunması,
- B-V çifti arasında seyahat eden yolcuların aktarmalı ve aktarmasız rotalar arasında seçim yapabilme olanağına sahip olmasıdır.

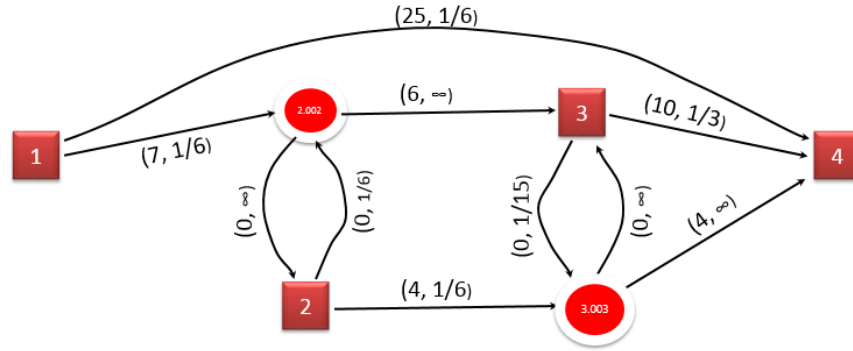
Analiz bölgesi içerisinde yukarıda açıklanan kriterler uyan 36 adet durak grubu bazlı Başlangıç-Varış çifti belirlenmiş olup; durak gruplarına ait düzenli yolcu rota seçim davranışları Tablo 5.4' te verilmiştir.

Tablo 5.4 Durak grupları rota seçimleri

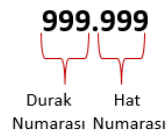
B-V Çifti No.	Başlangıç Durak Atama Durak ID	Varış Durak Atama Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Talep(Kişi)	Aktarmasız Rota Seçim Oranı	Aktarmalı Rota Seçim Oranı
1	117	234	Balçova Anadolu Lisesi	Bahribaba Alt	840	0,97	0,03
2	117	233	Balçova Anadolu Lisesi	Belediye Sarayı	505	0,99	0,01
3	117	231	Balçova Anadolu Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	3.711	0,97	0,03
4	117	226	Balçova Anadolu Lisesi	Karataş	257	0,91	0,09
5	114	234	Balçova Son Durak	Bahribaba Alt	62	1,00	0,00
6	114	231	Balçova Son Durak	Dokuz Eylül Rektörlük	295	1,00	0,00
7	272	234	Esentepe Kültür Merkezi	Bahribaba Alt	694	0,99	0,01
8	272	226	Esentepe Kültür Merkezi	Karataş	77	1,00	0,00
9	272	219	Esentepe Kültür Merkezi	Köprü	311	0,99	0,01
10	272	215	Esentepe Kültür Merkezi	Güzelyalı	136	1,00	0,00
11	1	231	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Dokuz Eylül Rektörlük	766	0,99	0,01
12	184	234	Gursel Aksel	Bahribaba Alt	316	0,97	0,03
13	184	226	Gursel Aksel	Karataş	113	1,00	0,00
14	166	234	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	602	0,80	0,20
15	166	362	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	311	0,39	0,61
16	166	231	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	532	0,24	0,76
17	166	226	İş Bankası Evleri	Karataş	105	0,80	0,20
18	166	219	İş Bankası Evleri	Köprü	258	0,88	0,12
19	166	215	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	216	0,89	0,11
20	160	234	İzsu	Bahribaba Alt	285	0,76	0,24
21	160	362	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	209	0,41	0,59
22	160	231	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	451	0,27	0,73
23	160	226	İzsu	Karataş	72	0,82	0,18
24	160	219	İzsu	Köprü	102	0,86	0,14
25	160	215	İzsu	Güzelyalı	253	0,76	0,24
26	170	234	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	296	0,98	0,02
27	170	231	Maliye Meslek Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	598	0,95	0,05
28	104	234	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	155	0,79	0,21
29	104	219	Çocuk Parkı	Köprü	123	0,76	0,24
30	104	215	Çocuk Parkı	Güzelyalı	90	0,68	0,32
31	155	234	Uludağ	Bahribaba Alt	784	0,76	0,24
32	155	362	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	217	0,60	0,40
33	155	219	Uludağ	Köprü	485	0,77	0,23
34	155	215	Uludağ	Güzelyalı	308	0,73	0,27
35	155	231	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	910	0,48	0,52
36	155	226	Uludağ	Karataş	160	0,78	0,23

5.3 Spiess ve Florian' ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli' nin MatLAB Programlama Diline Uyarlanması

Spiess ve Florian (1989) tarafından geliştirilen “Optimum Strateji Yöntemi” ne dayanan atama modeli ve çözüm algoritması önceki bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Sonraki aşamada Spiess ve Florian (1989)’ un atama modelinin MatLAB programa diline dönüştürülmesi amacıyla algoritmalar geliştirilmiş ve örnek ağ için sonuçlar elde edilmiştir. MatLAB programlama dilinde sonuçların elde edilebilmesi için öncelikle Şekil 3.4’ de verilen örnek toplu ulaşım ağındaki durak adları sayısal değerlerle değiştirilmiştir. MatLAB programlama dilinde yazılan algoritma 999 durak ve 999 hat için işlem yapabilmektedir. İniş ve biniş linkleri ile seyahat linklerini birbirine bağlayan ara düğüm noktalarında, düğüm numarasının son üç hanesi ilgili hat numarasını belirtirken üçüncü hanenin solundaki değerler ise ilgili durak numarasını belirtmektedir (Şekil 5.6).



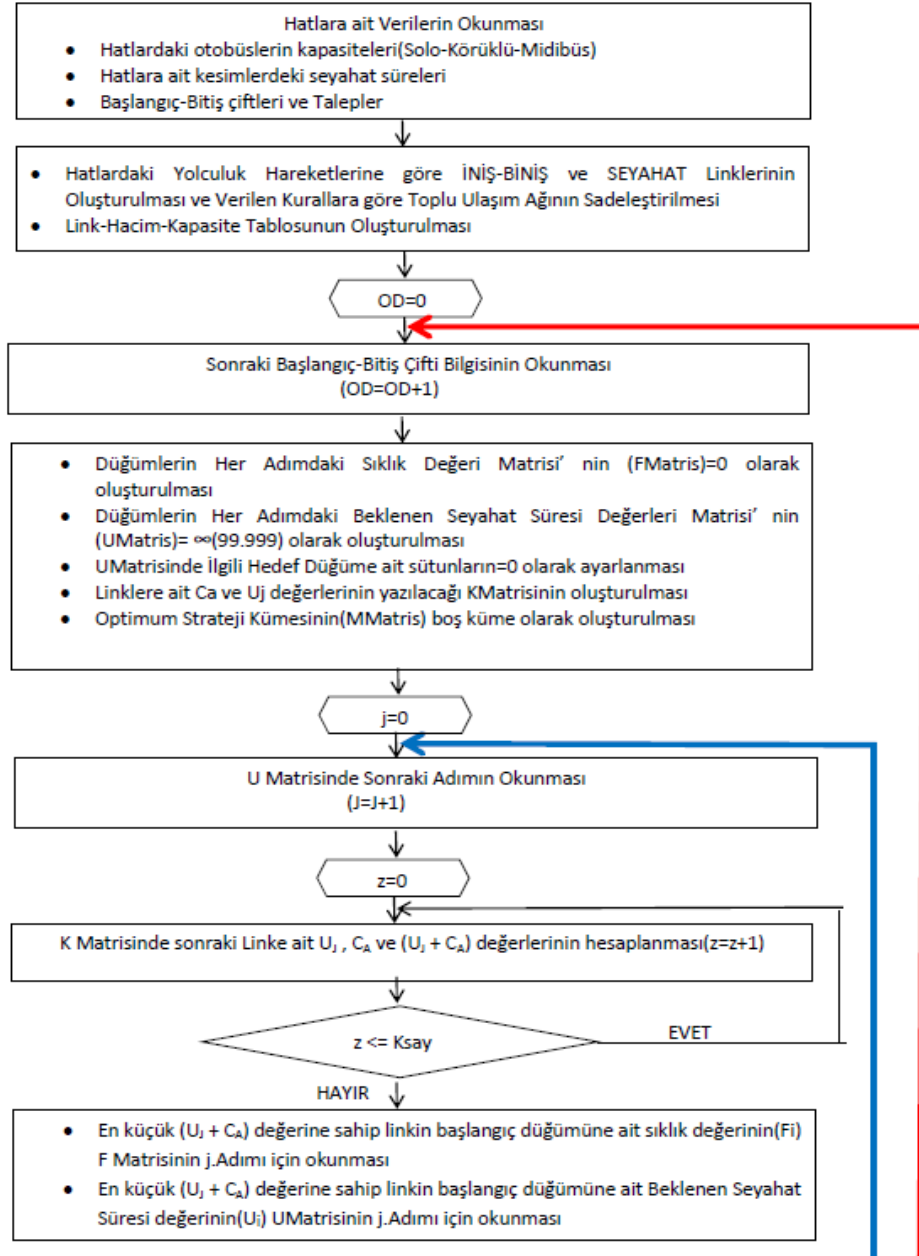
Ara Düğüm Noktaları için Gösterim Örneği:



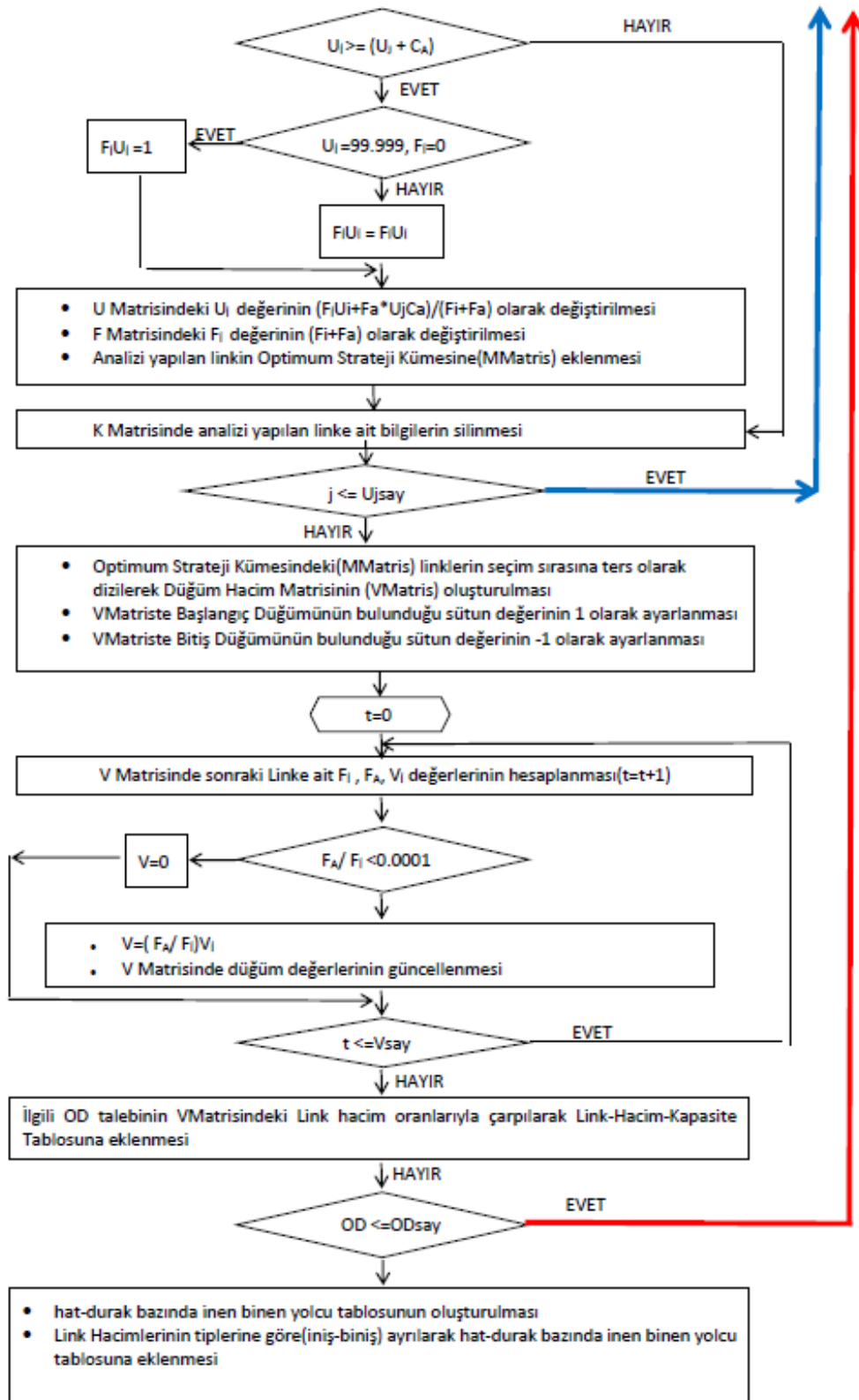
Şekil 5.6 Yazılımda kullanılan örnek toplu ulaşım ağı

Ayrıca örnekte her bir hat için tek bir sefer aralığı değeri bulunurken geliştirilmiş yeni algoritma da ise hatlara ait her bir durak için ayrı ayrı ortalama bekleme süresi değerleri için analiz yapılabilmektedir.

Programın son aşamasına eklenen ilave kısıtlar yardımıyla da hatlara ait iniş ve biniş linklerindeki hacimler hat-durak bazında oluşturulan inen-binen yolcu listesine eklenerek hatlara ait kesimlerdeki yolcu profillerinin de kolayca elde edilmesi sağlanmıştır (Şekil 5.7-Şekil 5.8).



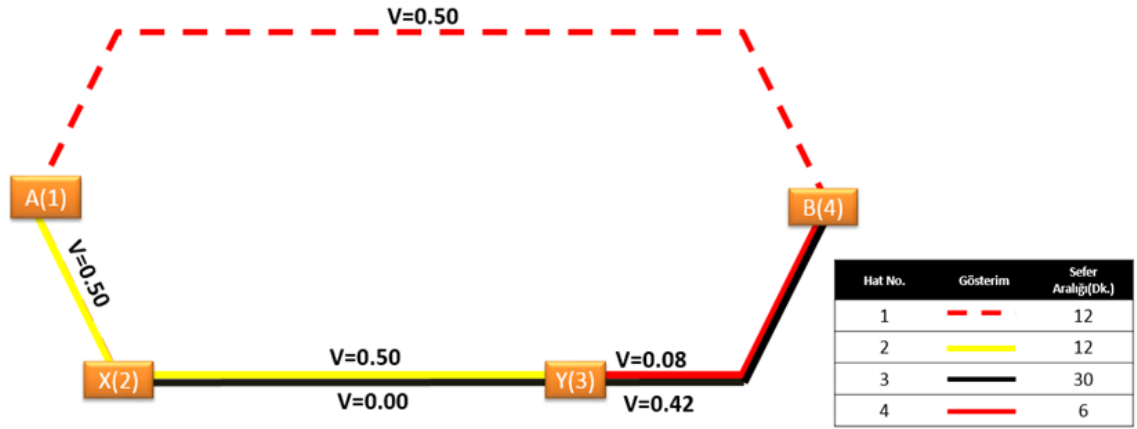
Şekil 5.7 Algoritmaya ait akış şeması(1/2)



Şekil 5.8 Algoritmaya ait akış şeması (2/2)

Spiess ve Florian (1989)'da verilen örnek ağda A başlangıç düğümü ile B bitiş düğümü arasındaki yolculuklara ait optimum güzergahlar belirlenmiştir. MatLAB programlama dilinde geliştirilen modelde link doluluk oranlarının hesaplanabilmesi için hatlarda hizmet veren araçlara ait kapasite değerlerinin de girişi sağlanmıştır. Örnek toplu ulaşım ağındaki dört hatta da 100 kişilik otobüslerle hizmet verildiği ve A -B düğümleri arasında 1000 kişilik bir yolculuk talebi bulunduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Spiess ve Florian (1989) tarafından geliştirilen “Optimum Strateji Yöntemi” ne dayanan atama modelinin MatLAB yazılımına uyarlanmış haline ait elde edilen sonuçlar Spiess ve Florian (1989) tarafından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış değerlerin aynı olduğu görülmüştür. MatLAB programlama dilinde geliştirilmiş algoritmaya ait sonuçlar Tablo 5.5-5.6-5.7-5.8’ de verilmiştir. Optimum strateji kümesindeki linkler ise Şekil 5.9’ da görülmektedir.



* Durak Noktalarındaki parantez içindeki değerler MatLAB yazılımında kullanılan durak kodlarını göstermektedir.

Şekil 5.9 Optimum strateji kümesindeki linkler

Tablo 5.5 Düğümlerin beklenen seyahat sürelerini gösteren UMatrisi

Adım No.	Düğüm Kodları					
	1	2	3	4	2002	3003
0	999999	999999	999999	0	999999	999999
1	999999	999999	999999	0	999999	4
2	999999	999999	19	0	999999	4
3	999999	23	19	0	999999	4
4	999999	23	11,5	0	999999	4
5	999999	23	11,5	0	999999	4
6	999999	23	11,5	0	17,5	4
7	999999	19	11,5	0	17,5	4
8	999999	19	11,5	0	17,5	4
9	30,5	19	11,5	0	17,5	4
10	27,75	19	11,5	0	17,5	4

Tablo 5.6 Düğümlerin sıklık değerlerini gösteren FMatrisi

Adım No.	Düğüm Kodları					
	1	2	3	4	2002	3003
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	999999
2	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	999999
3	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	999999
4	0,00	0,07	0,40	0,00	0,00	999999
5	0,00	0,07	0,40	0,00	0,00	999999
6	0,00	0,07	0,40	0,00	999999	999999
7	0,00	0,23	0,40	0,00	999999	999999
8	0,00	0,23	0,40	0,00	999999	999999
9	0,17	0,23	0,40	0,00	999999	999999
10	0,33	0,23	0,40	0,00	999999	999999

Tablo 5.7  rnek toplu ulaşım ağındaki atama değerlerini gösteren VMatrisi

Adım No.	Düğümlere ait hacim değerleri								
	Başlangıç Düğüm Kodu	Bitiş Düğüm Kodu	Linke atanan hacim oranı	1	2	3	4	2002	3003
0				1	0	0	-1	0	0
8	1	4	0,50	1	0	0	-0,50	0,00	0,00
7	1	2002	0,50	1	0	0	-0,50	0,50	0,00
6	2	2002	0,00	1	0	0	-0,50	0,50	0,00
5	2002	3	0,50	1	0	0,5	-0,50	0,50	0,00
4	3	4	0,42	1	0	0,5	-0,08	0,50	0,00
3	2	3003	0,00	1	0	0,5	-0,08	0,50	0,00
2	3	3003	0,08	1	0	0,5	-0,08	0,50	0,08
1	3003	4	0,08	1	0	0,5	0,00	0,50	0,08

Tablo 5.8 Örnek toplu ulaşım ağındaki atama değerlerine göre link hacimleri ve doluluk oranları tablosu

Hat No.	Başlangıç Düğüm Kodu	Bitiş Düğüm Kodu	Link Seyahat Süresi(dk)	Linke ait Sıklık(f)	Link Kapasite Değeri	Link Hacim Değeri	Doluluk Oranı
1	1	4	25	0,16667	500	500	1,00
2	2	2002	0	0,16667	500	0	0,00
2	2002	2	0	999999	999999	0	0,00
2	1	2002	7	0,16667	500	500	1,00
2	2002	3	6	999999	500	500	1,00
3	3	3003	0	0,06667	200	83	0,42
3	3003	3	0	999999	999999	0	0,00
3	2	3003	4	0,06667	200	0	0,00
3	3003	4	4	999999	200	83	0,42
4	3	4	10	0,33333	1000	417	0,42

5.4 Spiess ve Florian’ ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli’ nin Analiz Bölgesinde Uygulanması

Spiess ve Florian (1989)’ un geliştirdikleri iki aşamalı atama modeli MatLAB programlama dilinde yazılmasından sonra programda girdi olarak kullanılacak verilerin hazırlanması aşamasına geçilmiştir. Program girdileri;

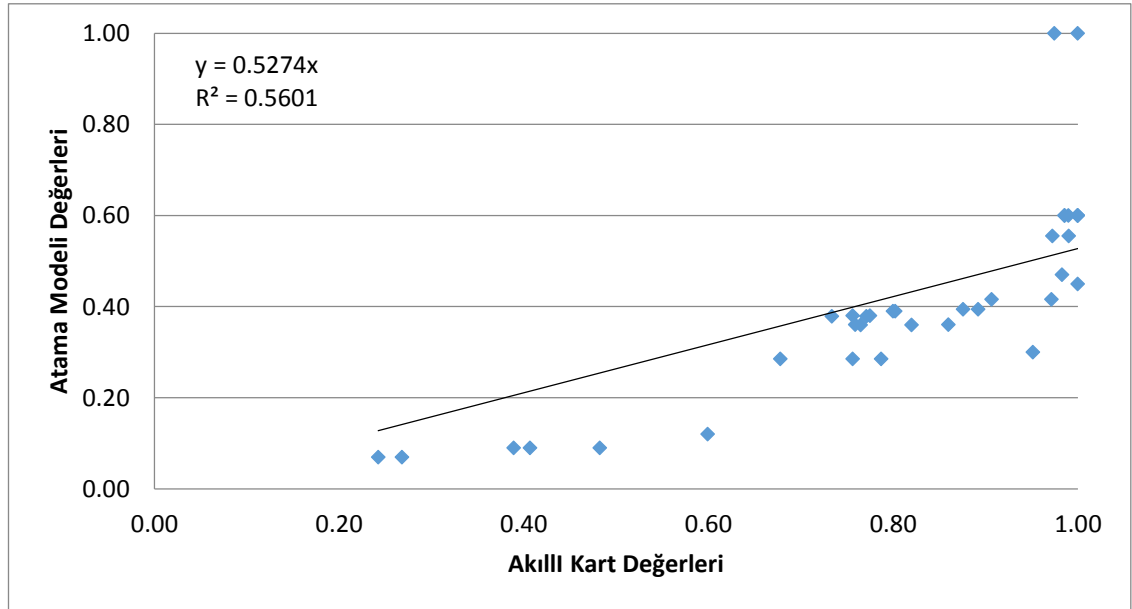
- Otobüs hatlarının kullanmış oldukları duraklara ait liste
- Hatların planlanan sefer aralığı değerleri
- Hatlarda işletilen otobüslere ait teorik kapasite değerleri
- B-V çiftleri ve talep değerleri
- Hat kesimlerine ait seyahat süresi değerleridir.

Tüm bu veriler MS Excel formatında hazırlanarak MatLAB programlama diline çevrilen atama modelinde tanıtılmıştır. Hat kesimlerine ait seyahat süresi değerleri AKÜTSİS’ den elde edilen “durak yoğunluk raporu” kullanılarak belirlenmiş olup iki durak noktası arasındaki hatlara ait seyahat sürelerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama ilgili seyahat süresi değerleri programda girdi olarak kullanılmıştır. Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatıldığı üzere MatLAB programlama dilinde geliştirilmiş yeni algoritma da hatlara ait her bir durak için ayrı ayrı sefer aralığı değeri girilmektedir.

36 adet durak grubu bazında B-V çifti değerlendirmeye alınmış ve B-V çiftine ait rota seçim davranışları Spiess ve Florian (1989)' un atama modeli ile (Kontrol Ataması) hesaplanmıştır. AKÜTSİS verilerinden elde edilen rota seçim değerleri ile kontrol atama modelinden elde edilen rota seçim değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5.9' da ve Şekil 5.10 ile Şekil 5.11' de verilmiştir.

Modele eklenen algoritma ile B-V çifti arasında seyahat eden yolcuların kullandığı her bir rotanın tercih oranının yanı sıra rotaya ait biniş-iniş-aktarma durak bilgileri, ilk bekleme süresi, varsa aktarma bekleme süresi, araç içi süre ve toplam seyahat süresi bilgileri de Excel formatında elde edilmiştir (Tablo 5.10).

Kontrol ataması ile AKÜTSİS verileri ile elde edilen değerler karşılaştırıldığında atama modelinin B-V çiftleri arasındaki yolculukların büyük bir oranını aktarmalı rotalara yönlendirdiği görülmektedir. Ayrıca AKÜTSİS verilerinden elde edilen rota seçim davranışına göre B-V çiftleri arasındaki aktarmalı yolculuklardaki aktarma sayısının en fazla bir olduğu görülmüştür. Ancak atama modelinde B-V çiftleri arasında üç aktarmanın yapıldığı rotalara da yolculuk yüklemesi yapılmaktadır.



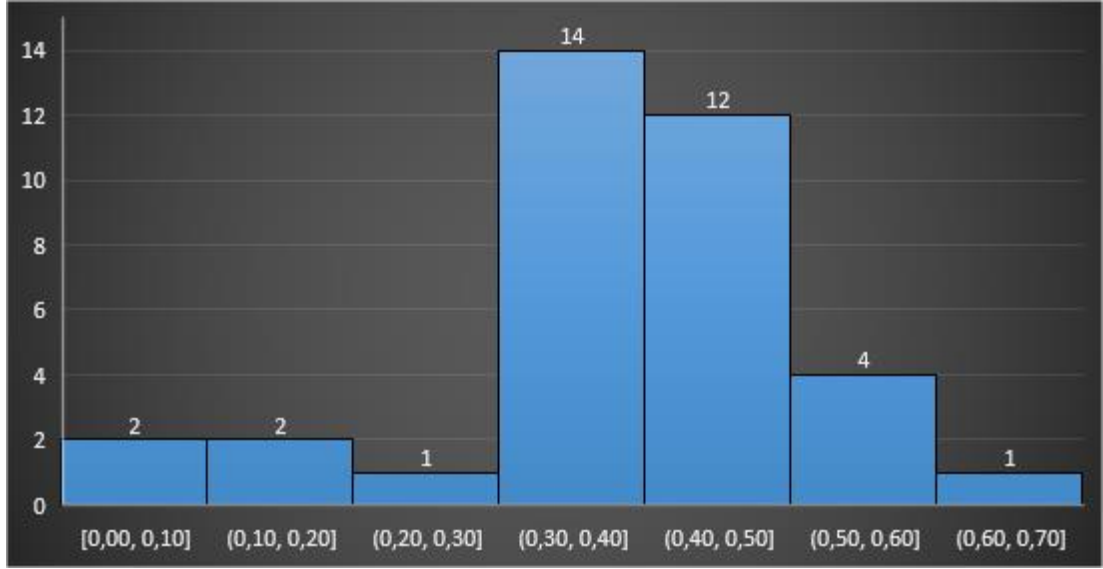
Şekil 5.10 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması

Tablo 5.9 Akıllı Kart verilerinden elde edilen aktarmasız rota seçim değerleri ile kontrol atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçim değerleri

B-V Çifti No.	Başlangıç Durak Atama Durak ID	Varış Durak Atama Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Talep(Kişi)	Akıllı Kart Verisi	Spiess ve Florian Atama Modeli	Atama Modeli ile Akıllı Kart Verisi Fark Değeri
1	117	234	Balçova Anadolu Lisesi	Bahribaba Alt	840	0,97	0,42	0,56
2	117	233	Balçova Anadolu Lisesi	Belediye Sarayı	505	0,99	0,55	0,44
3	117	231	Balçova Anadolu Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	3.711	0,97	0,55	0,42
4	117	226	Balçova Anadolu Lisesi	Karataş	257	0,91	0,42	0,49
5	114	234	Balçova Son Durak	Bahribaba Alt	62	1,00	0,45	0,55
6	114	231	Balçova Son Durak	Dokuz Eylül Rektörlük	295	1,00	0,60	0,40
7	272	234	Esentepeler Kültür Merkezi	Bahribaba Alt	694	0,99	0,60	0,39
8	272	226	Esentepeler Kültür Merkezi	Karataş	77	1,00	0,60	0,40
9	272	219	Esentepeler Kültür Merkezi	Köprü	311	0,99	0,60	0,39
10	272	215	Esentepeler Kültür Merkezi	Güzelyalı	136	1,00	0,60	0,40
11	1	231	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Dokuz Eylül Rektörlük	766	0,99	0,60	0,39
12	184	234	Gursel Aksel	Bahribaba Alt	316	0,97	1,00	0,03
13	184	226	Gursel Aksel	Karataş	113	1,00	1,00	0,00
14	166	234	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	602	0,80	0,39	0,41
15	166	362	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	311	0,39	0,09	0,30
16	166	231	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	532	0,24	0,07	0,17
17	166	226	İş Bankası Evleri	Karataş	105	0,80	0,39	0,41
18	166	219	İş Bankası Evleri	Köprü	258	0,88	0,39	0,48
19	166	215	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	216	0,89	0,39	0,50
20	160	234	İzsu	Bahribaba Alt	285	0,76	0,36	0,40
21	160	362	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	209	0,41	0,09	0,32
22	160	231	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	451	0,27	0,07	0,20
23	160	226	İzsu	Karataş	72	0,82	0,36	0,46
24	160	219	İzsu	Köprü	102	0,86	0,36	0,50
25	160	215	İzsu	Güzelyalı	253	0,76	0,36	0,40
26	170	234	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	296	0,98	0,47	0,51
27	170	231	Maliye Meslek Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	598	0,95	0,30	0,65
28	104	234	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	155	0,79	0,29	0,50
29	104	219	Çocuk Parkı	Köprü	123	0,76	0,29	0,47
30	104	215	Çocuk Parkı	Güzelyalı	90	0,68	0,29	0,39
31	155	234	Uludağ	Bahribaba Alt	784	0,76	0,38	0,38
32	155	362	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	217	0,60	0,12	0,48
33	155	219	Uludağ	Köprü	485	0,77	0,38	0,39
34	155	215	Uludağ	Güzelyalı	308	0,73	0,38	0,35
35	155	231	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	910	0,48	0,09	0,39
36	155	226	Uludağ	Karataş	160	0,78	0,38	0,40
							MAKSİMUM FARK	0,65
							MİNİMUM FARK	0,00
							ORTALAMA FARK	0,40

Tablo 5.10 B-V çiftleri arasında seçim yapılan rotalara ait bilgiler

Başlangıç Duğum Kodu	Bitiş Duğum Kodu	Biniş Sayısı	Rota Seçim Yüzdesi	1.YOLCULUK			2. YOLCULUK			3.YOLCULUK			İlk Bekleme Süresi (dk)	Toplam Bekleme Süresi (dk)	Araç İçi Süre (dk)	Toplam Seyahat Süresi (dk)
				Biniş Durak Kodu	İniş Durak Kodu	Hat No.	Biniş Durak Kodu	İniş Durak Kodu	Hat No.	Biniş Durak Kodu	İniş Durak Kodu	Hat No.				
114	232	1	0,75	114	232	169	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	42,95	45,45
114	232	1	0,25	114	232	269	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	36,96	44,46
115	203	1	0,75	115	203	169	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	46,94	49,44
115	203	1	0,25	115	203	269	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	40,94	48,44
115	229	1	0,75	115	229	169	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	43,29	45,79
115	229	1	0,25	115	229	269	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	37,30	44,80
115	230	1	0,75	115	230	169	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	41,69	44,19
115	230	1	0,25	115	230	269	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	35,70	43,20
153	234	1	0,18	153	234	7	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	41,75	54,25
153	234	1	0,35	153	234	8	0	0	0	0	0	0	6,5	6,5	41,75	48,25
153	234	1	0,23	153	234	209	0	0	0	0	0	0	10	10	41,75	51,75
153	234	1	0,23	153	234	554	0	0	0	0	0	0	10	10	41,75	51,75
159	234	1	0,16	159	234	7	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	34,14	46,64
159	234	1	0,30	159	234	8	0	0	0	0	0	0	6,5	6,5	34,14	40,64
159	234	1	0,19	159	234	209	0	0	0	0	0	0	10	10	34,14	44,14
159	234	1	0,16	159	234	305	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	34,14	46,64
159	234	1	0,19	159	234	554	0	0	0	0	0	0	10	10	34,14	44,14
167	234	1	0,13	167	234	7	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	27,23	39,73
167	234	1	0,26	167	234	8	0	0	0	0	0	0	6,5	6,5	27,23	33,73
167	234	1	0,17	167	234	209	0	0	0	0	0	0	10	10	27,23	37,23
167	234	1	0,13	167	234	305	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	27,23	39,73
167	234	1	0,13	167	234	311	0	0	0	0	0	0	12,5	12,5	27,23	39,73
167	234	1	0,17	167	234	554	0	0	0	0	0	0	10	10	27,23	37,23
170	229	1	0,63	170	229	169	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	36,23	38,73
170	229	1	0,21	170	229	269	0	0	0	0	0	0	7,5	7,5	30,24	37,74
170	229	1	0,16	170	229	554	0	0	0	0	0	0	10	10	36,23	46,23



Şekil 5.11 Atama modelleri ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı

Atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçimi oranları incelendiğinde AKÜTSİS verileri ile % 65' e varan sapmaların olduğu ve bu sapma değerlerinin % 30-% 60 aralığında yoğunlaştığı görülmektedir.

Ayrıca Şekil 5.10' da verilen eğilim çizgisinin AKÜTSİS verileri (x eksen) ve atama modeli sonuçlar (y eksen) değerleri arasında yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturamaması ve regresyon katsayısı (R^2) değerinin de 0,56 olarak hesaplanmış olması atama modelinin mevcut durumu doğru olarak yansıtamadığının göstermektedir.

5.5 Spiess ve Florian' ın (1989) Geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli' nin Başarımının Arttırılmasına Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi

Önceki bölümde anlatıldığı üzere Spiess Ve Florian' ın (1989) geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli ile İzmir Kenti AKÜTSİS' den elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, mevcut durumda yolcular çoğunlukla rota seçim stratejilerine aktarmalı rota seçeneklerini dahil etmemelerine rağmen atama modelinde bunun aksi yönde sonuçlarla karşılaşmıştır.

Bu bağlamda öncelikle yolcuların B-V çiftleri arasında önceden belirlenmiş ve literatürde “Rasyonel hat kümesi” olarak da yer alan hat kümesi ele alınmıştır. Önceki bölümde bahsedildiği üzere AKÜTSİS verilerine göre B-V çiftleri arasındaki aktarmalı yolculuklardaki aktarma sayısının en fazla bir olmasına rağmen atama modelinde B-V çiftleri arasında iki aktarmanın yapıldığı rotalara da “rasyonel hat kümesi” içerisinde yer almaktadır. Düşük oranlarda (%0,1 ve daha az) yolculuk yüklemesi yapılan bu rotaların elenmesi amacı ile maliyet fonksiyonu içerisinde bir dakikalık bir aktarma direnci bileşen olarak yansıtılmış ve atama yeniden yapılmıştır.

Spiess ve Florian’ ın atama toplu ulaşım atama modelinde B-V çifti arasındaki yolculuklar “rasyonel hat kümesi” içerisindeki rotalara rotalardaki hat ya da hatların sıklık değerleri ile doğru orantılı olarak dağıtılmaktadır. Ancak örnek B-V çiftlerindeki yolcuların aktarmalı ya da aktarmasız rotalar arasında dağılım davranışlarının atama modelinde yansıtlamadığı görülmektedir. Bu bağlamda yolcuların rota seçim davranışlarını etkileyebilecek çeşitli parametreler hesaplanmıştır (hat sayısı, hatlara ait ortalama doluluk oranı, ortalama ilk bekleme süresi, en sık hatta ait ilk bekleme süresi) (Tablo 5.11).

Rota seçim davranışlarının karşılaştırılmasında hesap kolaylığı sağlaması açısından AKÜTSİS verileriyle hesaplanan rota seçimlerinde aktarmasız rota seçim oranının % 95 ve üzeri olanlar % 100 olarak revize edilerek ilgili B-V çifti arasındaki yolculukların tamamının aktarmasız rotalarla yapıldığı kabul edilmiştir. Tablo 5.11 bu varsayım ile yeniden incelendiğinde rasyonel hat kümesi içerisinde yer alan aktarmasız hatlara ait en sık hizmet veren hatta ait bekleme süresinin yolcuların rota seçimine büyük bir etkisi olduğu görülmektedir.

Bir başka değişle yolcuların aktarmasız rotaları tercih oranları aktarmasız rota kümesi içerisindeki hat sayısının fazlalığı ya da bu hatların sıklıklarının birleşiminden oluşan ortalama sıklık değeri yerine en sık hatta ait sıklık değerinden etkilenmektedir. Bu husus Tablo 5.12’ de yer alan örnekle detaylandırılabilir.

Tablo 5.11 Aktarmalı ve aktarmasız rotalara ait özellikler

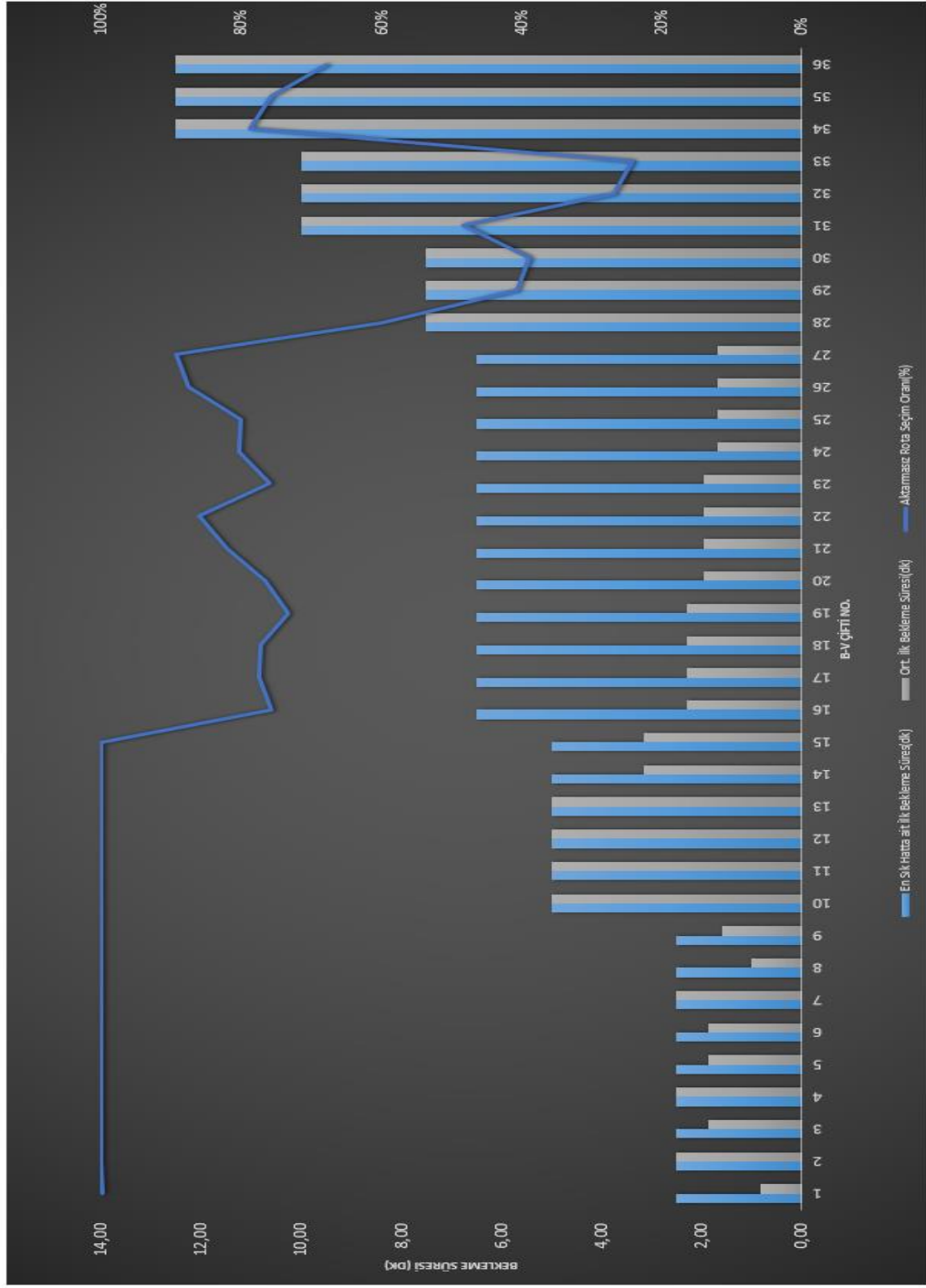
AKTARMASIZ ROTALAR					AKTARMALI ROTALAR									
B-V Çifti Sıra No.	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Rota Seçim Oranı	Hat Sayısı	Hatlara ait Ortalama Dolu luk Oranı	Ort. İlk Bekleme Suresi(dk)	En Sık Hatta ait ilk Bekleme Suresi(dk)	Rota Seçim Oranı	Hat Sayısı	Hatlara ait Ortalama Dolu luk Oranı	Ort. İlk Bekleme Suresi(dk)	En Sık Hatta ait ilk Bekleme Suresi(dk)
1	50142	10020	Balçova Anadolu Lisesi	Bahribaba Alt	0,97	1	0,30	2,50	2,50	0,03	5	0,27	1,78	4
2	50142	10103	Balçova Anadolu Lisesi	Belediye Sarayı	0,99	2	0,30	1,88	2,50	0,01	4	0,25	2,34	4
3	50142	10107	Balçova Anadolu Lisesi	Dokuz Eylül Rektörük Karataş	0,97	2	0,30	1,88	2,50	0,03	4	0,25	2,34	4
4	50142	10148	Balçova Anadolu Lisesi	Karataş	0,91	1	0,30	2,50	2,50	0,09	5	0,27	1,78	4
5	50176	10020	Balçova Son Durak	Bahribaba Alt	1,00	1	0,30	2,50	2,50	0,00	4	0,28	2,02	4
6	50176	10107	Balçova Son Durak	Dokuz Eylül Rektörük	1,00	2	0,26	1,88	2,50	0,00	3	0,34	2,77	4
7	10524	10020	Esentepe Kültür Merkezi	Bahribaba Alt	0,99	1	0,37	5,00	5,00	0,01	1	0,07	7,50	7,5
8	10524	10148	Esentepe Kültür Merkezi	Karataş	1,00	1	0,37	5,00	5,00	0,00	1	0,07	7,50	7,5
9	50885	10107	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Dokuz Eylül Rektörük	1,00	4	0,45	0,84	2,50	0,00	6	0,76	0,98	6,5
10	13185	10020	Gursel Aksel	Bahribaba Alt	0,97	2	0,65	3,15	5,00	0,03	1	0,14	7,50	7,5
11	13185	10148	Gursel Aksel	Karataş	1,00	2	0,65	3,15	5,00	0,00	1	0,14	7,50	7,5
12	50014	10020	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,80	6	0,63	1,68	6,50	0,20	8	0,56	1,10	5
13	50014	40035	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,39	1	0,29	7,50	7,50	0,61	13	0,64	0,73	5
14	50014	10107	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörük	0,24	1	0,66	10,00	10,00	0,76	13	0,59	0,71	5
15	50014	10148	İş Bankası Evleri	Karataş	0,80	6	0,63	1,68	6,50	0,20	8	0,56	1,10	5
16	50026	10020	İzsu	Bahribaba Alt	0,76	5	0,57	1,95	6,50	0,24	8	0,51	1,10	5
17	50026	40035	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,41	1	0,22	7,50	7,50	0,59	12	0,59	0,77	5
18	50026	10107	İzsu	Dokuz Eylül Rektörük	0,27	1	0,57	10,00	10,00	0,73	12	0,53	0,75	5
19	50026	10148	İzsu	Karataş	0,82	5	0,57	1,95	6,50	0,18	8	0,51	1,10	5
20	50006	10020	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	0,98	7	0,64	1,01	2,50	0,02	10	0,54	0,88	4
21	50006	10107	Maliye Meslek Lisesi	Dokuz Eylül Rektörük	0,95	3	0,48	1,58	2,50	0,05	11	0,63	0,67	4
22	50036	10020	Uludağ	Bahribaba Alt	0,76	4	0,42	2,30	6,50	0,24	7	0,29	1,41	7,5
23	50036	40035	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,60	1	0,12	7,50	7,50	0,40	10	0,40	0,99	10
24	50036	10107	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörük	0,48	1	0,39	10,00	10,00	0,52	10	0,33	0,96	7,5
25	50036	10148	Uludağ	Karataş	0,78	4	0,42	2,30	6,50	0,23	7	0,29	1,41	7,5

Tablo 5.12 Aktarmalı ve aktarmasız örnek rotalara ait özellikler

B-V Çifti Sıra No.	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	AKTARMASIZ ROTALAR				
			Rota Seçim Oranı	Hat Sayısı	Hatlara ait Ortalama Doluluk Oranı	Ort. İlk Bekleme Süresi(dk)	En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi(dk)
1	Balçova Anadolu Lisesi	Bahribaba Alt	1,00	1	0,30	2,50	2,50
2	Esentepe Kültür Merkezi	Bahribaba Alt	1,00	1	0,37	5,00	5,00
3	Gürsel Aksel	Bahribaba Alt	1,00	2	0,65	3,15	5,00
4	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,80	6	0,63	1,68	6,50
5	İzsu	Bahribaba Alt	0,76	5	0,57	1,95	6,50
6	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	1,00	7	0,64	1,01	2,50
7	Uludağ	Bahribaba Alt	0,76	4	0,42	2,30	6,50

Tablo 5.12’ de verilen kent merkezinde sonlanan yedi B-V çiftine ait aktarmasız rotalara ait ilk bekleme süreleri incelendiğinde İş Bankası Evleri (1,68 dk) , İzsu (1,95 dk),ve Uludağ (2,30 dk) durak gruplarındaki ortalama ilk bekleme süresi değerlerinin Balçova Anadolu Lisesi (2,50 dk), Esentepe Kültür Merkezi (5,00 dk), Gürsel Aksel (3,15 dk) durak gruplarındaki ortalama ilk bekleme süresi değerlerinden düşük olmalarına rağmen yolcular aktarmasız rotaların yanında aktarmalı rotaları da tercih etmişlerdir. Şekil 5.12’ de verilen grafikte analizi yapılan B-V çiftleri ait en sık hatta ait ilk bekleme süresine göre sıralananmış ve ortalama ilk bekleme süresi değerleri ile aktarmasız rota seçim oranları da grafiğe eklenmiştir.

B-V çiftlerindeki en sık hizmet veren aktarmasız hatta ait bekleme süresi değeri ile yolcuların aktarmasız rota tercih oranları karşılaştırıldığında beş dakikalık teorik ilk bekleme süresinin kritik bir eşik olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 5.13, Şekil 5.12). Önceki bölümlerde ele alınan B-V çiftleri arasındaki güvenilirlik parametrelerinin analizinde de bir B-V çifti arasında hizmet veren aktarmasız hatların sıklık değerlerinin birleşiminden elde edilen birleştirilmiş bekleme süresi değerinin pratikte uygulanmasının mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.12 B-V çiftlerindeki bekleme süreleri ile aktarmasız rota seçim oranları

Tablo 5.13 İlk bekleme süreleri ile aktarmasız rota seçim oranının karşılaştırılması

B-V Çifti Sıra No.	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Aktarmasız Rota Seçim Oranı	En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi(dk)	Rota Seçim Tercihi
1	50885	10107	Fahrettin Altay Aktarma Merkezi	Dokuz Eylül Rektörlük	1,00	2,50	AKTARMASIZ ROTALAR
2	50176	10020	Balçova Son Durak	Bahribaba Alt	1,00	2,50	
3	50176	10107	Balçova Son Durak	Dokuz Eylül Rektörlük	1,00	2,50	
4	50142	10020	Balçova Anadolu Lisesi	Bahribaba Alt	1,00	2,50	
5	50142	10103	Balçova Anadolu Lisesi	Belediye Sarayı	1,00	2,50	
6	50142	10107	Balçova Anadolu Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	1,00	2,50	
7	50142	10148	Balçova Anadolu Lisesi	Karataş	1,00	2,50	
8	50006	10020	Maliye Meslek Lisesi	Bahribaba Alt	1,00	2,50	
9	50006	10107	Maliye Meslek Lisesi	Dokuz Eylül Rektörlük	1,00	2,50	
10	10524	10020	Esentepeler Kültür Merkezi	Bahribaba Alt	1,00	5,00	
11	10524	10148	Esentepeler Kültür Merkezi	Karataş	1,00	5,00	
12	10524	10194	Esentepeler Kültür Merkezi	Köprü	1,00	5,00	
13	10524	10202	Esentepeler Kültür Merkezi	Güzelyalı	1,00	5,00	
14	13185	10020	Gursel Aksel	Bahribaba Alt	1,00	5,00	
15	13185	10148	Gursel Aksel	Karataş	1,00	5,00	
16	50036	10020	Uludağ	Bahribaba Alt	0,76	6,50	AKTARMALI VE AKTARMASIZ ROTALAR
17	50036	10148	Uludağ	Karataş	0,78	6,50	
18	50036	10194	Uludağ	Köprü	0,77	6,50	
19	50036	10202	Uludağ	Güzelyalı	0,73	6,50	
20	50026	10020	İzsu	Bahribaba Alt	0,76	6,50	
21	50026	10148	İzsu	Karataş	0,82	6,50	
22	50026	10194	İzsu	Köprü	0,86	6,50	
23	50026	10202	İzsu	Güzelyalı	0,76	6,50	
24	50014	10148	İş Bankası Evleri	Karataş	0,80	6,50	
25	50014	10020	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,80	6,50	
26	50014	10194	İş Bankası Evleri	Köprü	0,88	6,50	
27	50014	10202	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	0,89	6,50	
28	50036	40035	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,60	7,50	
29	50026	40035	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,41	7,50	
30	50014	40035	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,39	7,50	
31	50036	10107	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	0,48	10,00	
32	50026	10107	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	0,27	10,00	
33	50014	10107	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	0,24	10,00	
34	50224	10020	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	0,79	12,50	
35	50224	10194	Çocuk Parkı	Köprü	0,76	12,50	
36	50224	10202	Çocuk Parkı	Güzelyalı	0,68	12,50	

Bu durum tez çalışmasının dördüncü bölümde ele alınan güvenilirlik analizlerinde elde edilen düşük sefer aralıklı otobüs hatlarında görülen sefer aralığı düzensizliklerinin yolcu davranışlarını etkilemediğini göstermektedir. Katarlanma hareketi yaşansa bile yüksek sıklık değerine sahip hatlarda bekleme süresi değeri düşük olmaktadır. Bu bağlamda düzenli olarak yolculuk yapan kişilerin bu farklılığı bilmelerinden dolayı rota seçimlerini birleştirilmiş bekleme süresi değeri yerine en sık hatta ait bekleme süresine göre belirledikleri sonucuna ulaşılabilir. Tez çalışması kapsamında elde edilen bu e B-V çiftlerindeki en sık hizmet veren aktarmasız hatta ait bekleme süresi değeri atama modeline bir karar verme bileşeni olarak yansıtılmasına karar verilmiştir.

Görüldüğü üzere seçilen 36 adet hat bazında B-V çiftine ait rota seçim davranışı tek bir modelle açıklanamamaktadır. Bu nedenle iki aşamalı bir hesap modeli önerilmiştir. Birinci aşamada B-V çifti arasındaki rasyonel hat kümesi içerisinde yer alan en sık aktarmasız hatta ait bekleme süresi değeri kontrol edilmiştir.

Sonraki aşamada ise B-V çiftlerindeki en sık hizmet veren aktarmasız hatta ait bekleme süresi değerinin beş dakikanın üzerinde olduğu koşullar için yolcuların rota seçim davranışlarının modellenmesi ele alınmıştır.

Tez çalışması kapsamında söz konusu aşama için üç ana yaklaşım kullanılarak analiz yapılmıştır. Bunlar;

1. Üstel Model Yaklaşımı
2. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli Yaklaşımı
3. Lojistik Regresyon Modeli Yaklaşımıdır.

Her bir model yaklaşımı için analiz bölgesinde yer alan yolculara ait rota seçim davranışları elde edilmiş ve AKÜTSİS verilerinden elde edilen düzenli yolculara ait rota seçim davranışları ile karşılaştırılmıştır.

5.5.1 Üstel Model Yaklaşımı

Toplu ulaşım atama modelleri bölümünde bireylerin tercihlerinin modellenmesinin yanı sıra toplu ulaşım atamalarında yolcu gruplarının rota seçiminde de kullanılmaya başlanan lojit model kurgusundan detaylı olarak bahsedilmiştir. Tez çalışması kapsamında lojit modelden esinlenerek geliştirilen üstel model yaklaşımının yolcuların B-V çiftleri arasında belirlenen rasyonel rota kümesi içerisinde seçim oranlarının belirlenmesinde kullanılıp kullanılamayacağı irdelenmiştir.

Öncelikle B-V çiftleri arasındaki yolcuların tüm rota seçim alternatifleri Spiess ve Florian (1989) geliştirdiği atama modeli ile elde edilmiş ve her bir alternatif için bağımsız değişkenlerin değerleri hesaplanmıştır.

Bağımsız değişkenlerin belirlenmesinden sonra üstel model kurgusu kullanılarak yukarıdaki bağımsız değişkenlerin farklı kombinasyonlarını içeren 9 adet farklı model oluşturulmuştur. Her modelde kullanılan değişkenler Tablo 5.14’ de verilmiştir.

Tablo 5.14 Üstel Model içerisinde kullanılan fayda değerleri

Model No.	Kullanılan Değişken
MODEL NO. 1	Rotalara ait Toplam Seyahat Süreleri
MODEL NO. 2	Rotalara ait İlk Bekleme Süreleri
MODEL NO. 3	Rotalara ait Toplam Bekleme Süreleri
MODEL NO. 4	Rotalara ait Aktarmadaki Bekleme Süreleri (Eğer rota aktarmasız ise sıfır alınmıştır.)
MODEL NO. 5	Rotalara ait Toplam Seyahat Sürelerine 2.5 dakikalık aktarma kayıp süre eklenmiştir.
MODEL NO. 6	Rotalara ait Toplam Bekleme Sürelerine 2.5 dakikalık aktarma kayıp süre eklenmiştir.
MODEL NO. 7	Rotalara ait Aktarmadaki Bekleme Sürelerine 2.5 dakikalık aktarma kayıp süre eklenmiştir.
MODEL NO. 8	B-V Çiftleri arasındaki rotalara ait toplam seyahat sürelerinin minimum seyahat süresine oranı
MODEL NO. 9	B-V Çiftleri arasındaki rotalara ait toplam bekleme sürelerinin minimum bekleme süresine oranı

Modellerde yer alan bağımsız değişkenlere göre örnek a B-V çifti için Model fonksiyonu aşağıdaki biçimde oluşturulmuştur.

$$P_{Az} = \frac{\sum_1^i e^{V_{az} \beta}}{\sum_1^i e^{\beta V_{az}} + \sum_1^j e^{\beta V_{al}}} \quad (5.1)$$

Denklem 6.1' deki;

P_{az} ; a B-V çifti arasındaki aktarmasız rota seçim oranını,

V_{az} ; V değişkenine ait aktarmasız rotaların faydasını,

V_{al} ; V değişkenine ait aktarmalı rotaların faydasını

β ; ise sapma katsayısını tanımlamaktadır.

Modellerde yer alan sapma katsayısı tatonman yöntemiyle hesaplanarak model değerleri ile AKÜTSİS değerleri arasındaki farkın kareleri toplamını en aza indiren değerler elde edilmiştir.

Oluşturulan modeller B-V çiftleri için değerlendirildiğinde rotaların aktarmalardaki bekleme süresini dikkate alan Model 4' ün gerçeğe en yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 5.15 ve Tablo 5.16).

Model 4 kullanılarak elde edilen atama değerleri incelendiğinde (Tablo 5.16) AKÜTSİS verisi ile model sonuçları arasında en fazla % 14' lük bir fark olduğu ve ortalama fark değerlerinin ise % 5 civarında olduğu görülmektedir. B-V çiftine ait rota seçim değerleri ile AKÜTSİS verilerinden elde edilen rota seçim değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 5.13 ve Şekil 5.14' de verilmiştir.

Atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçimi oranları incelendiğinde AKÜTSİS verileri ile sapma değerlerinin % 0-%10 arasında yoğunlaştığı görülmektedir.

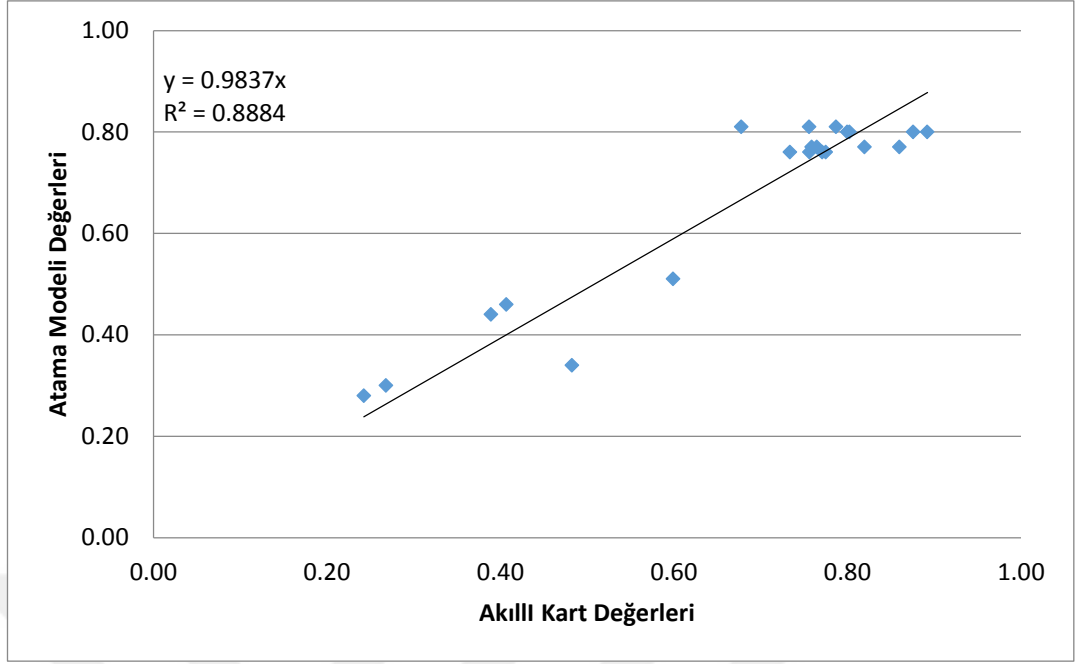
Ayrıca Şekil 5.13’ de verilen eğilim çizgisinin AKÜTSİS verileri (x eksen) ve atama modeli sonuçlar (y eksen) değerleri arasında yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturması ve regresyon katsayısı (R^2) değerinin de yaklaşık 0,88 olarak hesaplanmış olması revize edilmiş iki aşamalı atama modelinin mevcut durumu doğru olarak yansıtabildiğini göstermektedir.

Tablo 5.15 Modellere ait aktarmasız rota seçim oranları

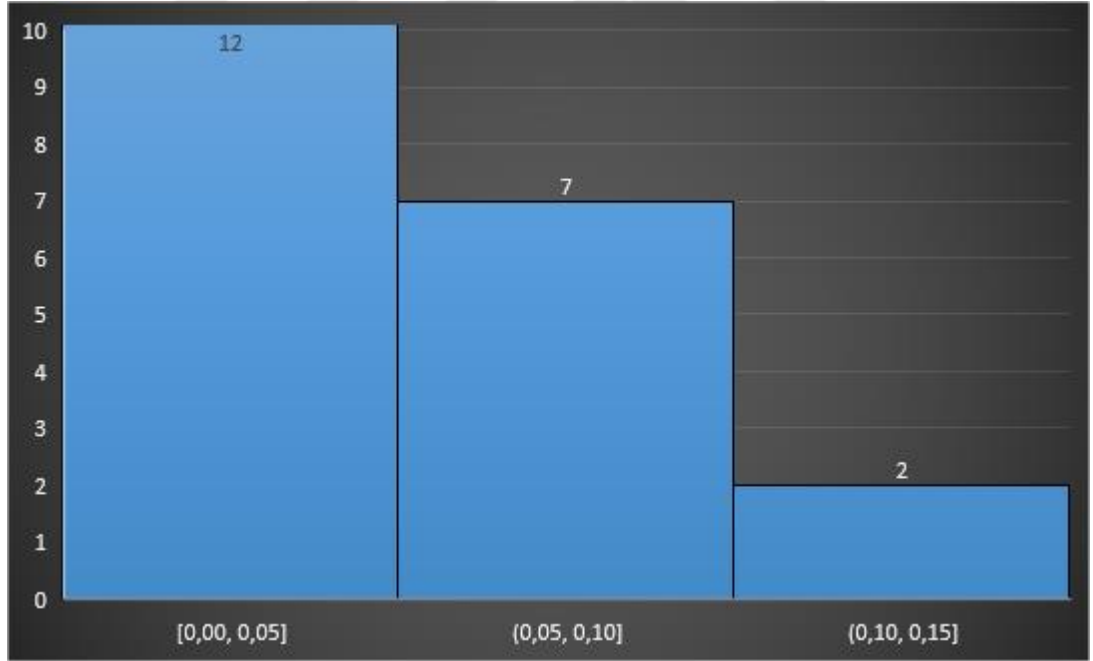
B-V Çifti No.	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4	MODEL 5	MODEL 6	MODEL 7	MODEL 8	MODEL 9
1	50014	10020	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,56	0,02	0,56	0,80	0,56	0,56	0,98	0,11	0,21
2	50014	10194	İş Bankası Evleri	Köprü	0,56	0,02	0,56	0,80	0,56	0,56	0,98	0,11	0,21
3	50014	10202	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	0,56	0,02	0,56	0,80	0,56	0,56	0,98	0,11	0,21
4	50014	40035	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,24	0,06	0,44	0,44	0,24	0,44	0,93	0,08	0,12
5	50014	10107	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	0,01	0,00	0,03	0,28	0,01	0,03	0,86	0,02	0,03
6	50014	10148	İş Bankası Evleri	Karataş	0,56	0,02	0,56	0,80	0,56	0,56	0,98	0,11	0,21
7	50026	10020	İzsu	Bahribaba Alt	0,56	0,02	0,56	0,77	0,56	0,56	0,98	0,09	0,19
8	50026	40035	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,24	0,06	0,44	0,46	0,24	0,44	0,93	0,08	0,13
9	50026	10107	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	0,01	0,00	0,03	0,30	0,01	0,03	0,87	0,02	0,03
10	50026	10415	İzsu	Karataş	0,56	0,02	0,56	0,77	0,56	0,56	0,98	0,09	0,19
11	50026	10194	İzsu	Köprü	0,56	0,02	0,56	0,77	0,56	0,56	0,98	0,09	0,19
12	50026	10202	İzsu	Güzelyalı	0,56	0,02	0,56	0,77	0,56	0,56	0,98	0,09	0,19
13	50036	10020	Uludağ	Bahribaba Alt	0,93	0,15	0,93	0,76	0,93	0,93	0,98	0,08	0,21
14	50036	10194	Uludağ	Köprü	0,93	0,15	0,93	0,76	0,93	0,93	0,98	0,08	0,21
15	50036	10202	Uludağ	Güzelyalı	0,93	0,15	0,93	0,76	0,93	0,93	0,98	0,08	0,21
16	50036	40035	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,61	0,19	0,79	0,51	0,61	0,79	0,94	0,10	0,16
17	50036	10107	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	0,04	0,00	0,11	0,34	0,04	0,11	0,89	0,03	0,04
18	50036	10148	Uludağ	Karataş	0,93	0,15	0,93	0,76	0,93	0,93	0,98	0,09	0,21
19	50224	10020	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,99	0,11	0,11
20	50224	10194	Çocuk Parkı	Köprü	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,99	0,11	0,11
21	50224	10202	Çocuk Parkı	Güzelyalı	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,99	0,10	0,10

Tablo 5.16 Üstel Modeller ile akıllı kartla ücret toplama sistemi verileri farkları

B-V Çifti No.	Başlangıç Durak ID	Varış Durak ID	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	MULTİNOMİNAL LOJİT MODEL								
					MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3	MODEL 4	MODEL 5	MODEL 6	MODEL 7	MODEL 8	MODEL 9
1	50014	10020	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,24	0,78	0,24	0,00	0,24	0,24	0,18	0,69	0,60
2	50014	10194	İş Bankası Evleri	Köprü	0,31	0,85	0,31	0,08	0,31	0,31	0,11	0,77	0,67
3	50014	10202	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	0,33	0,87	0,33	0,09	0,33	0,33	0,09	0,78	0,68
4	50014	40035	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,15	0,33	0,05	0,05	0,15	0,05	0,54	0,31	0,27
5	50014	10107	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	0,23	0,24	0,21	0,04	0,23	0,21	0,62	0,22	0,21
6	50014	10148	İş Bankası Evleri	Karataş	0,24	0,78	0,24	0,00	0,24	0,24	0,18	0,69	0,59
7	50026	10020	İzsu	Bahribaba Alt	0,20	0,74	0,20	0,00	0,20	0,20	0,22	0,67	0,58
8	50026	40035	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,16	0,35	0,03	0,05	0,16	0,03	0,52	0,32	0,28
9	50026	10107	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	0,26	0,27	0,24	0,03	0,26	0,24	0,60	0,25	0,24
10	50026	10415	İzsu	Karataş	0,26	0,80	0,26	0,05	0,26	0,26	0,16	0,73	0,63
11	50026	10194	İzsu	Köprü	0,30	0,84	0,30	0,09	0,30	0,30	0,12	0,77	0,67
12	50026	10202	İzsu	Güzelyalı	0,20	0,73	0,20	0,01	0,20	0,20	0,22	0,67	0,57
13	50036	10020	Uludağ	Bahribaba Alt	0,17	0,61	0,17	0,00	0,17	0,17	0,22	0,67	0,55
14	50036	10194	Uludağ	Köprü	0,16	0,62	0,16	0,01	0,16	0,16	0,21	0,69	0,56
15	50036	10202	Uludağ	Güzelyalı	0,19	0,59	0,19	0,02	0,19	0,19	0,25	0,65	0,52
16	50036	40035	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,01	0,41	0,19	0,09	0,01	0,19	0,34	0,50	0,44
17	50036	10107	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	0,44	0,48	0,37	0,14	0,44	0,37	0,41	0,45	0,44
18	50036	10148	Uludağ	Karataş	0,15	0,63	0,15	0,02	0,15	0,15	0,20	0,69	0,56
19	50224	10020	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	0,78	0,79	0,78	0,02	0,78	0,78	0,20	0,67	0,68
20	50224	10194	Çocuk Parkı	Köprü	0,75	0,76	0,75	0,05	0,75	0,75	0,23	0,64	0,65
21	50224	10202	Çocuk Parkı	Güzelyalı	0,67	0,68	0,67	0,13	0,67	0,67	0,31	0,58	0,58
MAKSİMUM FARK					0,78	0,87	0,78	0,14	0,78	0,78	0,62	0,78	0,68
MINIMUM FARK					0,01	0,24	0,03	0,00	0,01	0,03	0,09	0,22	0,21
ORTALAMA FARK					0,29	0,62	0,29	0,05	0,29	0,29	0,28	0,59	0,52



Şekil 5.13 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması



Şekil 5.14 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı

5.5.2 Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli Yaklaşımı

Çoklu regresyon bir sürekli bağımlı değişken ile bir dizi bağımsız değişken arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çoklu regresyon ile bir dizi değişkenin, belirli bir çıktıyı ne kadar iyi açıklayabildiği ve bir dizi değişkenin içindeki hangi değişkenin çıktıyı en iyi şekilde açıklayabildiği konularının analizi yapılabilmektedir (Pallant, J, çev., 2017).

Çoklu doğrusal regresyon modelinde bağımlı değişken y ile m adet bağımsız değişken ise $x_1, x_2, \dots, x_m$ ile simgelenirse y regresyon denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir (Bayazıt ve Oğuz, 2005)

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_m x_m \quad (5.2)$$

Çoklu regresyon analizi; bağımsız değişkenlerin modele aynı anda dahil edildiği standart çoklu regresyon tekniği, bağımsız değişkenlerin analizi yapan kişi tarafından belirlenen sıralı olarak dahil edildiği sıralı çoklu regresyon tekniği ve bağımsız değişkenlerin modele girilerek belirli istatistikî kriterlere göre programın hangi değişkenin hangi sıra ile modele dahil olacağına karar vermesine olanak sağlayan basamaklı çoklu regresyon (öne doğru seçme, arkaya doğru silme ve basamaklı) tekniği ile yapılabilmektedir (Pallant, J, çev., 2017).

Çoklu Doğrusal Regresyon model kurgusunda öncelikle B-V çiftleri arasındaki aktarmalı/aktarmasız rotalara ait aşağıdaki veriler bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

- Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi
- Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık
- Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi
- Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık

Tez çalışması kapsamında yapılan güvenilirlik analizlerinde ilk durağa olan mesafenin güvenilirliği etkilediği sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu bağlamda başlangıç noktasının ilk durağa ortalama uzaklık değerleri (aktarmalı ve aktarmasız hatlar için ortalama değerler) güvenirliliğin rota seçimine etkisinin değerlendirilmesi için doğrusal regresyon modelinde bağımsız değişkenler içerisinde yer. Almaktadır.

Çoklu doğrusal regresyon modelin bağlı değişkeni ise B-V çiftleri arasındaki aktarmasız rota seçim oranıdır.

Modele ait değişkenlerin belirlenmesinden sonra SPSS programında modellerin istatistiki analizi yapılmıştır. Programda bağımsız değişkenlerin girişinde birçok yöntem alternatifi bulunmakta olup bağımsız değişken sayısının az olmasından dolayı “ENTER” yöntemi (standart çoklu regresyon) kullanılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5.17 ve Tablo 5.18’ de verilmiştir.

Tablo 5.17 Doğrusal regresyon modeli sonuçları

Model Özeti ^b					
Model	R	R Kare	Ayarlanmış R Kare	Tahminin Standart Hatası	
1	0.966 ^a	0.934	0.917	0.0570	
Anova					
Model	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Anlamlılık
Regresyon	0.735	4	0.184	56.567	0.000
Artık	0.052	16	0.003		
Toplam	0.787	20			

Tablo 5.18 Doğrusal regresyon modeline ait katsayılar

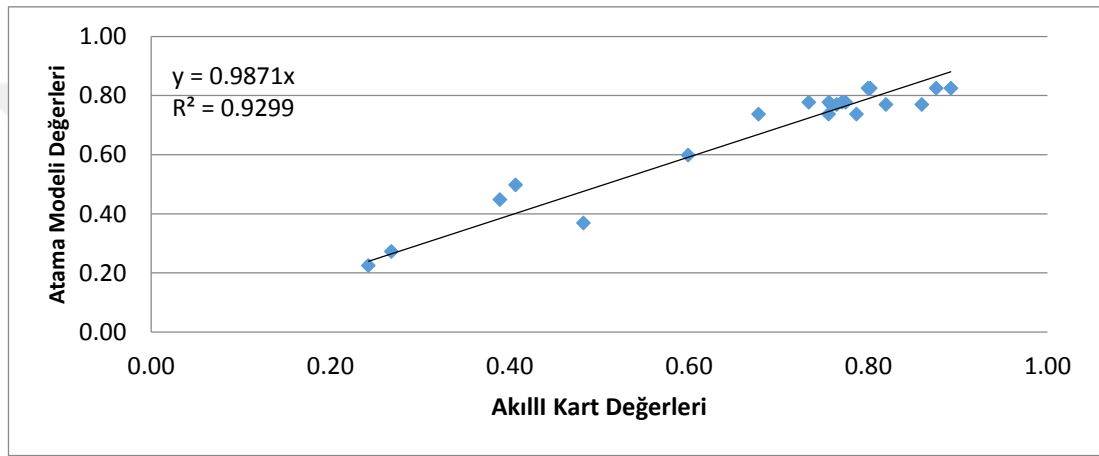
Katsayılar	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Anlamlılık
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	.925	.169		5.464	.000
Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi	-.087	.012	-1.879	-7.518	.000
Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi	.163	.023	1.172	7.173	.000
Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık	-.017	.005	-.838	-3.097	.007
Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık	.013	.006	.408	2.322	.034

Anova testi sonuçları incelendiğinde F anlamlılık değerinin oldukça küçük olması genel olarak analizin istatistiki açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca modelde kullanılan dört bağımsız değişkene ait t istatistiği değerlerinin (mutlak değer olarak) yüksek değerler alması ve P istatistiği değerinin 0,05’ den küçük olması iki değişkenin de modelde kullanılabileceğini göstermektedir.

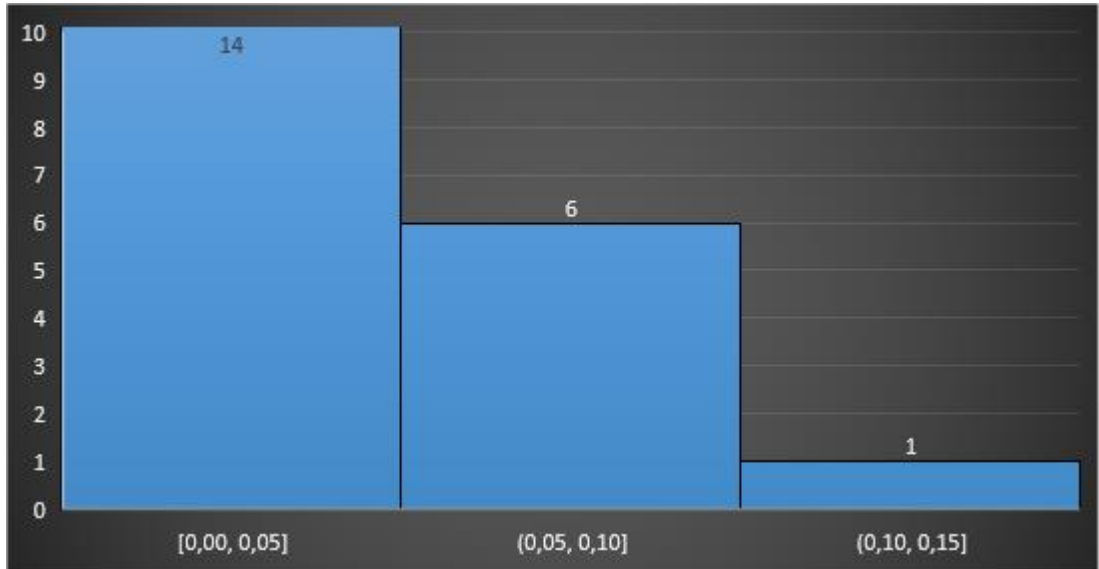
Bağımsız değişkenlere ait katsayılar incelendiğinde aktarmasız seçeneklere ait bekleme süresi ve ilk durağa olan uzaklık değerlerinin yolcuların aktarmasız seçim tercih oranlarını negatif yönde etkilediği görülmektedir. Aktarmasız rotalara ait ilk bekleme süresine ait katsayının negatif işaretli olması da aktarmasız rotalara ait bekleme süresi değerleri ile aktarmasız rota seçim oranının ters orantılı olarak değiştiğini göstermektedir. Yolcu davranışları açısından da aktarmasız hatlara ait bekleme süresindeki artışın tercih oranını azaltacağı açıktır. Bu bağlamda regresyon denklemi şu şekilde yazılabilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Aktarmasız Rota Seçim Oranı} = & 0.925 - 0.087 (\text{Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi}) \\ & + 0.163 (\text{Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi}) - 0.017 \\ & (\text{Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık}) + 0.013 (\text{Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık}) \end{aligned} \quad (5.3)$$

Ayrıca Şekil 5.15’ de verilen eğilim çizgisinin AKÜTSİS verileri (x eksen) ve atama modeli sonuçlar (y eksen) değerleri arasında yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturması ve regresyon katsayısı (R^2) değerinin de 0,94 olarak hesaplanmış olması revize edilmiş modelinin mevcut durumu doğru olarak yansıtabildiğini göstermektedir. Atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçimi oranları incelendiğinde AKÜTSİS ile sapma değerlerinin % 0-0%0,10 arasında yoğunlaştığı ve sadece bir B-V çiftinde % 11 civarında sapma değeri olduğu görülmektedir (Şekil 5.16).



Şekil 5.15 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması



Şekil 5.16 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı

5.5.3 Lojistik Regresyon Modeli Yaklaşımı

Doğrusal regresyon yöntemi veri analizleri yapılmasında kullanılan çok önemli bir araçtır. Araştırmacılar bağımsız değişken ile bir ya da birden çok bağımsız değişken arasında bir fonksiyon elde edilmesine çalışmaktadır. Uygun modelin bulunmasından sonra değişkenler en küçük kareler yönetimi ile hesaplanmaktadır.

Ancak doğrusal regresyon yönteminde kullanılan varsayımların (bağlı değişkenin kategoriler/gruplar içermesi, bu durumda doğrusallık ve normallik varsayımları karşılanamamaktadır.) karşılanamaması durumunda en küçük kareler yöntemi kullanım hale gelmektedir. Bu durum bir lojistik regresyonun maksimum olasılık tahmini ile düzeltilmektedir (Menard, 2002). En geniş bakış açısı ile maksimum olasılık tekniğinde bilinmeyen parametreler gözlenen veri setinin elde edilme olasılığı maksimize ederek elde edilmektedir. Bu yöntemin uygulanması için maksimum olasılık fonksiyonu kurulmalıdır. Bu fonksiyon, gözlenen verilerin olasılığını bilinmeyen parametreleri içeren bir fonksiyon olarak açıklamaktadır (Hosmer ve Lemeshow, 2000).

Lojistik regresyon; iki ya da daha fazla kategoriye (0/1/2 v.b) sahip veri gruplarının testi için kullanılmaktadır. Modellerde kullanılan bağımlı değişkenler kategorik, bağımsız değişkenler ise hem kategorik hem de sürekli yapıda olabilmektedir (Pallant, J, çev., 2017) (Şen, 2016). Bağımsız değişken iki kategoriden oluşuyorsa iki sonuçlu (Binary) lojistik regresyon, bağımsız değişken iki kategoriden fazla ise çok sonuçlu (Multinomial) lojistik regresyon olarak adlandırılmaktadır (Şen, 2016).

Lojistik regresyonun doğrusal regresyondan farklı bağımlı değişkenin kategorik yapıda olması nedeniyle bağlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin aranmamasıdır. Bu bağlamda modellerde bağımlı değişkenin logaritmik dönüşümü yapılmış hali yer almakta olup bağımsız değişkenin kategoride yer alma olasılığı aşağıdaki biçimde ifade edilebilmektedir (Şen, 2016).

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n)}} \quad (5.4)$$

Risk oranı (Odd Ratio), lojistik regresyon analizinde önemli bir kavramdır. Bağlı değişkendeki birim değişim sonucunda oluşan olasılık değişimini olarak tanımlanmaktadır. Doğrusal regresyondaki b katsayısı ile benzerlik göstermektedir. Risk oranı, temel olarak regresyondaki kategorik bağlı değişkenin oluşma olasılığının oluşmama olasılığına oranı olarak açıklanabilmektedir (Şen, 2016).

Lojistik regresyonda doğrusal regresyona benzer biçimde bağımsız değişkenlerin modele aynı anda dahil edildiği (ENTRY) ya da basamaklı olarak (STEPWISE) olarak dahil edildiği yöntemler bulunmaktadır (Şen, 2016).

Lojistik regresyonda da doğrusal regresyonda olduğu gibi modelin ve modelde yer alan katsayıların kullanılabilirliğini açıklayan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan temel olanı yukarıda bahsedildiği üzere modelin en küçük kareler yöntemi yerine maksimum olabilirlik yöntemiyle kurulmasıdır. Doğrusal regresyonda kullanılan t testi yerine lojistik regresyonda Wald testi kullanılmaktadır (Şen, 2016). Wald testi modelde her değişkenin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Wald testinde bir z istatistiği hesaplanmaktadır. Sonraki aşamada ise z değerinin karesi alınarak chi-kare dağılımı ile Wald istatistiği elde edilmektedir (Logistic Regression, bt). Modelin uygun olup olmadığına ise ki-kare testi ile karar verilmektedir (Şen, 2016).

Hosmer ve Lemeshow testi ile de kategorilerdeki veri sıkları gözlenen ve model değerleri ile kıyaslanarak analizi yapılan veri setinin regresyon modeline uygunluk derecesinin belirlenmektedir. Bu analiz yöntemi sonucunun, analizi yapılan veri sayısına bağlı olarak olumlu ya da olumsuz sonuçlar verebileceği unutulmamalıdır. Hosmer ve Lemeshow testinin anlamsız sonuç elde edilmesi ($p > 0,05$) model ile veri grubunun uyumlu olduğu göstermektedir.

Tez çalışmasında Lojistik Regresyon kurgusunda Çoklu Doğrusal Regresyon model kurgusunda da kullanılan rotalara ait aşağıdaki veriler bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

- Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi
- Aktarmasız En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi
- Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık
- Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi
- Aktarmalı En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi
- Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık
- Aktarmalı Hatlara ait En Az Bekleme Süresi

Bağımlı değişken olarak ise her bir B-V çifti arasındaki aktarmalı ve aktarmasız yolculuk sayısı ise kategorik olarak (aktarmasız=1 aktarmalı=0) olarak modele dahil edilmiştir. Örneğin 100 kişinin yolculuk yaptığı bir B-V çifti arasında aktarmasız rota seçim oranı %70 ise 70 kişi için (aktarmasız=1) 30 kişi için ise (aktarmalı=0) kategorileri oluşturulmuştur. Regresyon analizinin tüm B-V çiftlerini eşit oranda temsil etmesinin sağlanması amacıyla tüm B-V çiftleri arasında 10 birim yolculuk sayısı bulunduğu varsayımı yapılmıştır.

Modele ait değişkenlerin belirlenmesinden sonra SPSS programında modelin istatistiki analizi yapılmıştır. Programda bağımsız değişkenlerin girişinde birçok yöntem alternatifi bulunmakta olup tez çalışması kapsamında “FORWARD WALD” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde model içinde bulunan değişkenler SPSS programı tarafından Wald testine tabi tutularak hangi değişkenin model içerisinde yer alacağı program tarafından belirlenmektedir. Analiz sonuçları Tablo 5.19 ve Tablo 5.20’ de verilmiştir.

Tablo 5.19’ da modelde sadece sabit olduğunda elde edilen sonuçlar yer almaktadır. Sabit Wald testine göre anlamlıdır. Tüm istatistik satırı incelendiğinde ise ki kare değerinin anlamı olduğu görülmektedir.

Bu durum sütunlarda yer alan değişkenlerin modele eklenmesinin modelin etkinliğini anlamlı olarak arttıracaklarını göstermektedir.

Tablo 5.19 Programın ilk adım sonucu

Denklemdaki Değişkenler							
		B	S.E.	Wald	df	Anlamlılık	Exp(B)
Adım 0	Sabit	.609	.144	17.750	1	.000	1.838
Denklemden Yer Almayan Değişkenler							
					Ki-Kare	df	Anlamlılık
Adım 0	Değişkenler	Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi			7,557	1	,006
		Aktarmasız En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi			2,306	1	,129
		Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Durağa Uzaklık			3,203	1	,074
		Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi			7,064	1	,008
		Aktarmalı En Sık Hatta ait İlk Bekleme Süresi			2,620	1	,106
Tüm İstatistik					27.333	5	.000

Tablo 5.20 Sonuç modelinde yer alan değişkenler

Denklemdaki Değişkenler						
		B	S.E.	Wald	df	Anlamlılık
Adım 2	Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi	-.198	.045	19.482	1	.000
	Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi	.519	.135	14.877	1	.000
	Sabit	.877	.270	10.574	1	.001

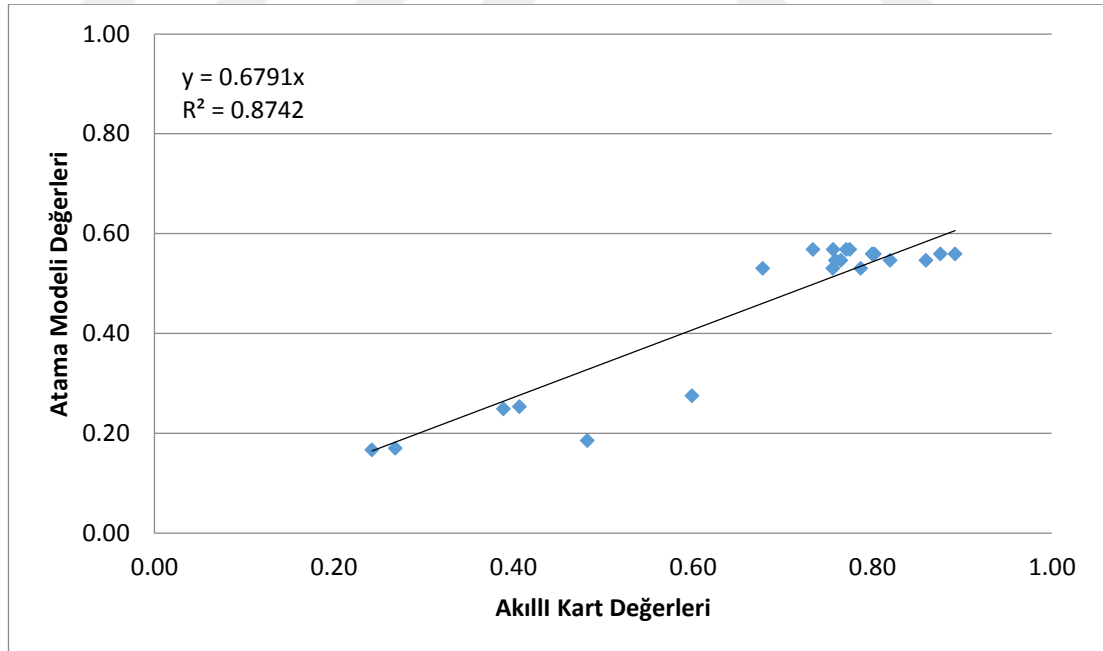
SPSS programı tarafından Aktarmasız ve Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süreleri değişkenleri anlamlı bulunmuş ve modele dahil edilmiştir. Diğer değişkenler program tarafından elenmiştir. Genel olarak ise modelin % 70 oranında temsil yeteneğine sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Bağımsız değişkenlere ait katsayılar incelendiğinde yine doğrusal regresyon modelindeki benzer şekilde aktarmasız rotalara ait ilk bekleme süresine ait katsayının negatif işaretli olarak elde edilmiştir. Yolcu davranışları açısından da aktarmasız hatlara ait bekleme süresindeki artışın tercih oranını azaltacağı açıktır. Bu bağlamda regresyon denklemi şu şekilde yazılabilmektedir.

Aktarmasız Rota Seçim Oranı =

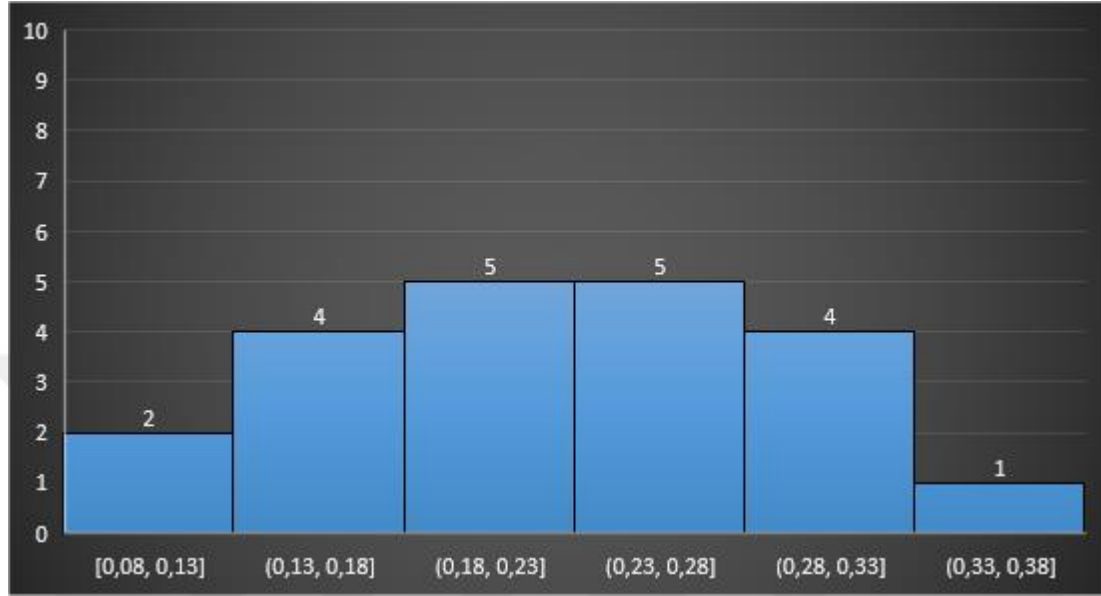
$$\frac{1}{1 + e^{-(0.877 - 0.198 \text{ Aktarmasız Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi} + 0.519 \text{ Aktarmalı Hatlara ait Ortalama İlk Bekleme Süresi})}} \quad (5.5)$$

Şekil 5.17’ de verilen eğilim çizgisinin AKÜTSİS verileri (x eksen) ve atama modeli sonuçları (y eksen) değerleri arasında yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturması ve regresyon katsayısı (R^2) değerinin de 0,87 olarak hesaplanmış olması lojistik regresyon modelinin doğrusal regresyon modelinde göre daha düşük bir etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.17 B-V çiftlerindeki aktarmasız rota seçim oranlarının karşılaştırılması

Şekil 5.18 incelendiğinde atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçimi oranları incelendiğinde AKÜTSİS verileri ile sapma değerlerinin % 10 ile %0,33 arasında yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 5.18 Atama modeli ile akıllı kart verisi arasındaki farkların dağılımı

5.5.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

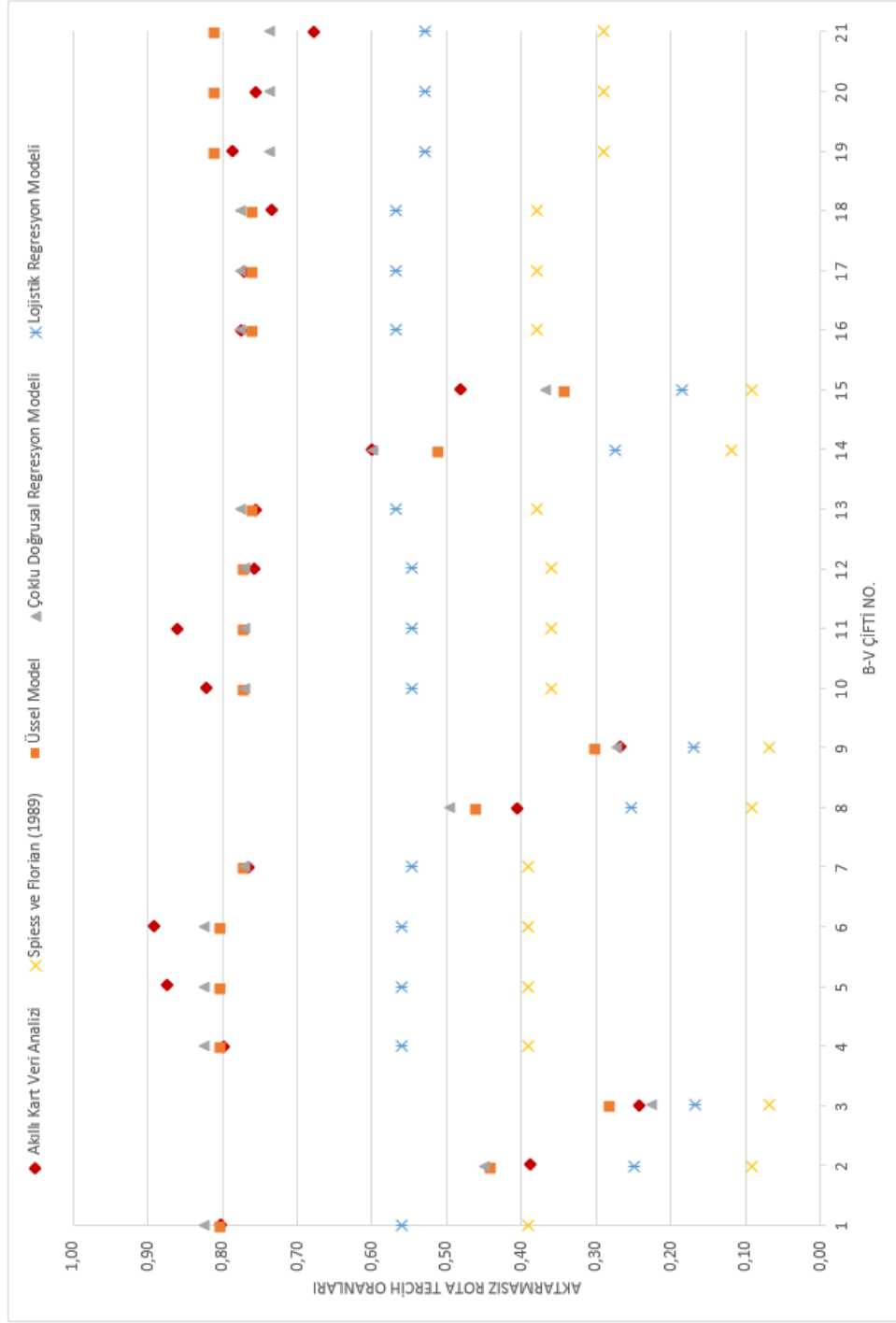
Literatür taramasında da görüldüğü üzere toplu ulaşım atama modellerinde yolcuların rota seçimlerinin modellenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler yolcuların karar verme mekanizmasını açıklama yetersiz kalabilmektedir. Tez kapsamında İzmir Kenti AKÜTSİS verisinden elde edilen yolcuların rota seçim kararları kullanılarak Spiess ve Florian' ın (1989) geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli' ne yolcuların rota seçimlerini daha gerçekçi bir şekilde tanımlayacak ilave kısıtlar eklenerek üç temel model yaklaşımı geliştirilmiştir.

Tablo 5.21' de Üstel Model, Doğrusal Regresyon yaklaşımı ve Lojistik Regresyon Yaklaşımı ile elde edilen rota seçim oranlarının kullanılarak Spiess ve Florian (1989) Atama Modeli ve AKÜTSİS verileri ile karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 5.22 ve Şekil 5.19’ da da görüldüğü üzere tez çalışması kapsamında geliştirilen üstel model, çoklu doğrusal regresyon modeli ve lojistik regresyon modeli yardımıyla elde edilen B-V çiftlerine ait aktarmasız rota seçim oranları karşılaştırıldığında Çoklu Doğrusal Regresyon Modelinin gerçeğe en yakın sonuçları verdiği görülmektedir.

Tablo 5.21 Model sonuçları

B-V Çifti Sıra No.	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Akıllı Kart Veri Analizi	Spiess ve Florian(1989)	Üssel Model	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	Lojistik Regresyon Modeli
1	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,80	0,39	0,80	0,82	0,56
2	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,39	0,09	0,44	0,45	0,25
3	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	0,24	0,07	0,28	0,22	0,17
4	İş Bankası Evleri	Karataş	0,80	0,39	0,80	0,82	0,56
5	İş Bankası Evleri	Köprü	0,88	0,39	0,80	0,82	0,56
6	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	0,89	0,39	0,80	0,82	0,56
7	İzsu	Bahribaba Alt	0,76	0,39	0,77	0,77	0,55
8	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,41	0,09	0,46	0,50	0,25
9	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	0,27	0,07	0,30	0,27	0,17
10	İzsu	Karataş	0,82	0,36	0,77	0,77	0,55
11	İzsu	Köprü	0,86	0,36	0,77	0,77	0,55
12	İzsu	Güzelyalı	0,76	0,36	0,77	0,77	0,55
13	Uludağ	Bahribaba Alt	0,76	0,38	0,76	0,78	0,57
14	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,60	0,12	0,51	0,60	0,27
15	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	0,48	0,09	0,34	0,37	0,18
16	Uludağ	Karataş	0,78	0,38	0,76	0,78	0,57
17	Uludağ	Köprü	0,77	0,38	0,76	0,78	0,57
18	Uludağ	Güzelyalı	0,73	0,38	0,76	0,78	0,57
19	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	0,79	0,29	0,81	0,74	0,53
20	Çocuk Parkı	Köprü	0,76	0,29	0,81	0,74	0,53
21	Çocuk Parkı	Güzelyalı	0,68	0,29	0,81	0,74	0,53



Şekil 5.19 Model sonuçlarının karşılaştırılması

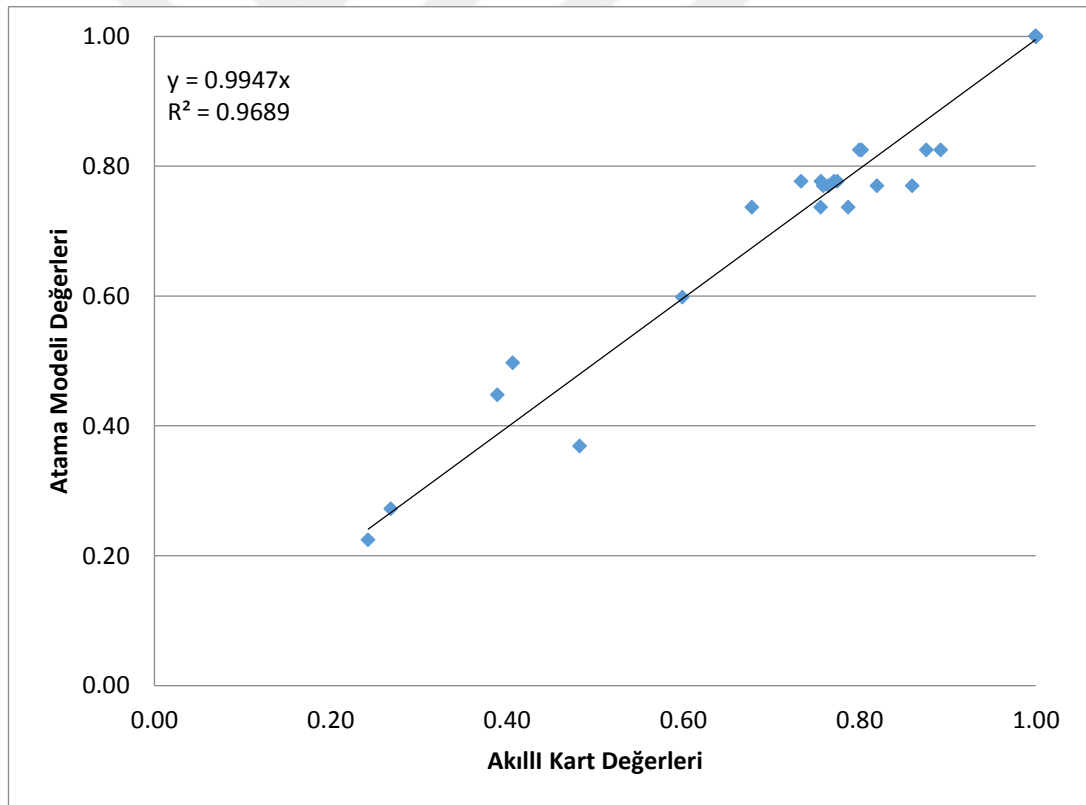
Tablo 5.22 Model sonuçlarının karşılaştırılması

B-V Çifti Sıra No.	Başlangıç Hat Ortamı Adı	Varış Hat Ortamı Adı	Spiess ve Florian(1989)	Üssel Model	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	Lojistik Regresyon Modeli
1	İş Bankası Evleri	Bahribaba Alt	0,41	0,00	0,02	0,24
2	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,30	0,05	0,06	0,14
3	İş Bankası Evleri	Dokuz Eylül Rektörlük	0,17	0,04	0,02	0,08
4	İş Bankası Evleri	Karataş	0,41	0,00	0,02	0,24
5	İş Bankası Evleri	Köprü	0,49	0,08	0,05	0,32
6	İş Bankası Evleri	Güzelyalı	0,50	0,09	0,07	0,33
7	İzsu	Bahribaba Alt	0,37	0,01	0,00	0,22
8	İzsu	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,32	0,05	0,09	0,15
9	İzsu	Dokuz Eylül Rektörlük	0,20	0,03	0,00	0,10
10	İzsu	Karataş	0,46	0,05	0,05	0,27
11	İzsu	Köprü	0,50	0,09	0,09	0,31
12	İzsu	Güzelyalı	0,40	0,01	0,01	0,21
13	Uludağ	Bahribaba Alt	0,38	0,00	0,02	0,19
14	Uludağ	Dokuz Eylül Eğitim Fakültesi	0,48	0,09	0,00	0,32
15	Uludağ	Dokuz Eylül Rektörlük	0,39	0,14	0,11	0,30
16	Uludağ	Karataş	0,40	0,02	0,00	0,21
17	Uludağ	Köprü	0,39	0,01	0,01	0,20
18	Uludağ	Güzelyalı	0,35	0,03	0,04	0,17
19	Çocuk Parkı	Bahribaba Alt	0,50	0,02	0,05	0,26
20	Çocuk Parkı	Köprü	0,47	0,05	0,02	0,23
21	Çocuk Parkı	Güzelyalı	0,39	0,13	0,06	0,15
MAKSİMUM FARK			0,50	0,14	0,11	0,33
MİNİMUM FARK			0,17	0,00	0,00	0,08
ORTALAMA FARK			0,39	0,05	0,04	0,22

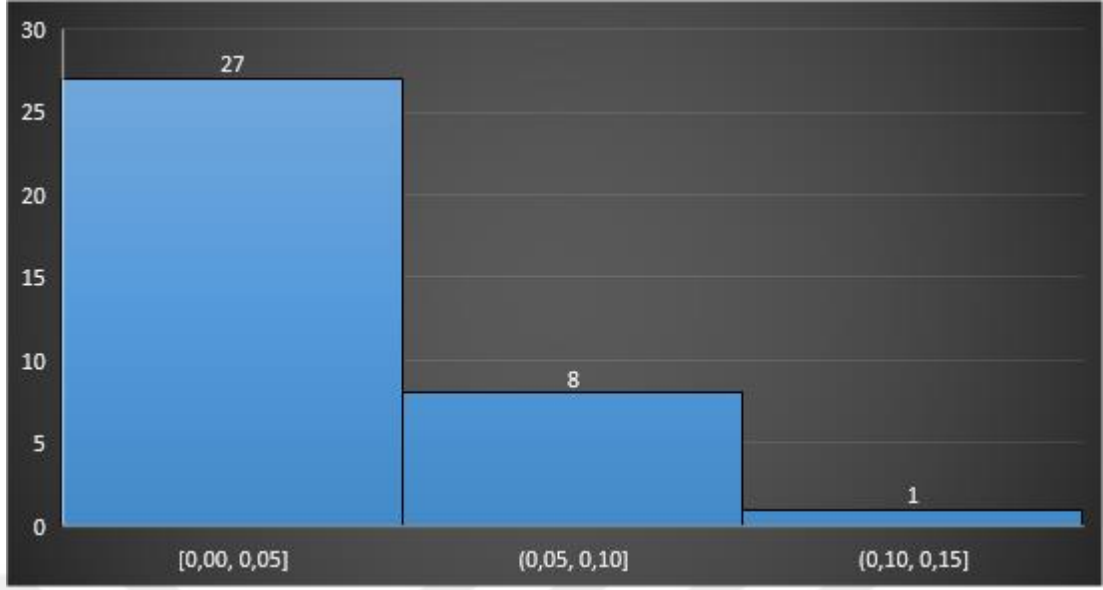
Bilindiği üzere geleneksel dört aşamalı talep tahmin modellerinin üçüncü aşamasını oluşturan “türel dağılım” aşamasında verilen başlangıç ve varış noktaları arasındaki yolculukların ne kadarının hangi ulaşım türü ile gerçekleştirilmekte olduğu belirlenmekte olup son aşama olan “atama” aşamasında ise bu yolculukların ağ üzerindeki rotalara dağıtımı yapılmaktadır.

Bu noktadan hareketle tez kapsamında belirlenen analiz bölgesi içerisinde yer alan başlangıç varış çiftleri arasında seyahat eden yolcuların kullanacakları “**Rasyonel Rotalar Kümesi**” Spiess ve Florian’ ın geliştirmiş olduğu strateji tabanlı atama modeli ile hesaplanmış ve yolcuların aktarmasız seçeneklerin yanı sıra aktarmalı seçenekleri de tercih edip etmeyecekleri belirlenmiştir.

Sonraki aşamada ise eğer yolcular seçim stratejileri içerisinde aktarmalı seçenekleri de dahil ediyor ise çoklu doğrusal regresyon modeli yardımı ile durakta bekleyen yolculukların ne kadarının aktarmalı ne kadarının aktarmasız rota seçeneklerini tercih edecekleri hesaplanmıştır. Bu bağlamda iki aşamalı olarak geliştirilen atama modeli ile elde edilen rota seçimlerinin AKÜTSİS verileri ile karşılaştırılması Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’ de verilmiştir.



Şekil 5.20 Birleştirilmiş Model sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.21 Birleştirilmiş Model sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 5.20’ de verilen eğilim çizgisinin AKÜTSİS verileri (x eksen) ve atama modeli sonuçlar (y eksen) değerleri arasında yaklaşık 45 derecelik bir açı oluşturması ve regresyon katsayısı (R^2) değerinin de 0,97 olarak hesaplanmış olması revize edilmiş modelinin mevcut durumu doğru olarak yansıtabildiğini göstermektedir. Atama modelinden elde edilen aktarmasız rota seçimi oranları incelendiğinde AKÜTSİS verileri ile sapma değerlerinin % 0-0%0,10 arasında yoğunlaştığı ve sadece bir B-V çiftinde % 11 civarında sapma değeri olduğu görülmektedir.

Tez çalışmasında ayrıca Başlangıç-Variş çiftleri arasında seyahat eden yolcu rota seçimleri incelendiğinde temel olarak sefer aralıklarında işletim faktörlerinden kaynaklı yaşanan sapma değerlerinin rota seçim değerlerini etkilemediği gözlemlenmiştir. Sefer aralıklarında yaşanan sapma değerleri yerine teorik sefer aralığı değeri esas rota seçim karar unsuru olarak ortaya çıkmıştır.

Bu bağlamda Geliştirilen hesap modeli aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

1. Seçilen B-V noktaları arasında yolcuların kullanabilecekleri rota alternatifleri (Rasyonel Rota Kümesi) Spiess ve Florian (1989) geliştirmiş olduğu strateji tabanlı atama modeli ile hesaplanır.
2. Rota kümesi içerisinde sadece aktarmasız ya da sadece aktarmalı alternatifler yer alıyorsa yolcular Spiess ve Florian (1989) geliştirmiş olduğu strateji tabanlı atama modeline göre seçeneklere dağıtılır.
3. Rota kümesi içerisinde hem aktarmasız hem de aktarmalı alternatifler yer alıyorsa aktarmasız rota seçenekleri arasındaki en sık hatta ait bekleme süresi değerinin beş dakikadan fazla olup olmadığı kontrol edilir.
4. Eğer aktarmasız rota seçenekleri arasındaki en sık hatta ait bekleme süresi değeri beş dakikadan az ise yolcular sadece aktarmasız rotalara dağıtılır.
5. Eğer aktarmasız rota seçenekleri arasındaki en sık hatta ait sefer aralığı değerinin beş dakikadan fazla ise yolcuların aktarmasız ve aktarmalı rota seçim oranları Doğrusal Regresyon Modeli ile belirlenerek yolcular rotalara dağıtılır.

5.6 Geliştirilmiş Toplu Ulaşım Atama Modeli' nin Getirdiği Yeniliklere Yönelik Değerlendirme

Toplu ulaşım atama modellerinin; duraklar arası kesimlerden aynı ya da farklı rotaları kullanan ve farklı sıklık değerlerini kullanan birçok toplu ulaşım hattının hizmet vermesi bu bağlamda yolcuların çok sayıda seçim imkanına sahip olması gibi özellikleri sebebiyle trafik atama modellerine göre karmaşık yapısı bulunmaktadır.

Literatür taramasında da görüldüğü üzere toplu ulaşım atama modellerinde yolcuların rota seçimlerinin modellenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle İzmir gibi büyük kentlerde yolcular çok sayıda yüksek sıklığa otobüs hattının yanı sıra deniz ulaşımı ve raylı sistem hatları arasında da seçimi yapabilmektedir.

Bunun yanı sıra yolcuların oluşturulan aktarma merkezleri ile aktarmalı ulaşım da teşvik edildiği ve belirli süre boyunca aktarmalarda ücret alınmadığı, aktarmalı ve aktarmasız seçenekler arasında ücret olarak farkın olmaması da toplu ulaşım atama modellerinde kullanılan klasik yöntemlerin yolcuların karar verme mekanizmasını açıklama yetersiz kalmasına neden olabilmektedir.

Örneğin tez çalışmasında B-V çiftlerindeki en sık hizmet veren aktarmasız hatta ait bekleme süresi değeri ile yolcuların aktarmasız rota tercih oranları karşılaştırıldığında beş dakikalık teorik ilk bekleme süresinin kritik bir eşik olduğu ve toplu ulaşım atama modellerinde kullanılan B-V çiftleri arasındaki güvenilirlik parametrelerinin analizinde de bir B-V çifti arasında hizmet veren aktarmasız hatların sıklık değerlerinin birleşiminden elde edilen birleştirilmiş bekleme süresi değerinin pratikte uygulanmasının mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır.

Bu bağlamda İzmir Kenti AKÜTSİS verileri ile seçilen B-V çiftlerinde yolcuların rota seçim davranışları elde edilmiş ve Spiess ve Florian' ın (1989) geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli' ne yolcuların rota seçimlerini daha gerçekçi bir şekilde tanımlayacak ilave kısıtlar eklenmiştir. Geliştirilmiş atama modeli ile hem AKÜTSİS verilerinin atama modellerinde etkin bir biçimde kullanım olanakları arttırılmış hem de İzmir benzeri kentlerde klasik atama modellerinin etkinliğinin arttırılması için bir yöntem önerisi sunulmuştur.

Tüm karar verme süreci tek bir model ile ele alınmamış ve yolcuların hizmet aldıkları duraktan geçen hatların özelliklerine göre aşamalı model kurgusu oluşturulmuştur. Bu şekilde karmaşık rota seçim davranışları kolaylıkla ve gerçeğe yakın bir şekilde modellenebilmiştir.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada yapılan analizler sonucunda geliştirilen değerlendirme ve öneriler maddeler halinde aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

Bilindiği üzere Toplu ulaşım B-V matrisi ancak klasik dört aşamalı talep modelinin ilk üç aşaması tamamlandıktan sonra elde edilebilmekte, bunun için de hane halkı ulaşım anketleri ve türel dağılım da dâhil olmak üzere çok büyük maliyet ve emek gerektiren aşamalar uygulanmaktadır. Bu nedenden dolayı hane halkı anketlerinin kısa zaman periyotlarında güncellenmesi mümkün olamamaktadır. Ayrıca hane halkı anketlerindeki örneklem oranı %4'ü geçememektedir. Oysa AKÜTSİS verileri her gün sistem tarafından otomatik olarak toplanmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Bu veriler istenildiği zaman periyodik olarak kısa sürede ve her hangi bir ek maliyet gerekmeden analiz edilebilmektedir.

Bu bağlamda öncelikle tez çalışmasında kullanılan 2012 Kasım ve Aralık ayları itibariyle İzmir AKÜTSİS Sisteminin genel yapısı ve AKÜTSİS' den elde edilebilen veri grupları detaylı olarak anlatılmıştır. Sonraki aşamada “AKÜTSİS Verileriyle B-V Matrisi ve Yolcu Rota Seçimi Hesap Modeli” nin temel yapısı açıklanmıştır. İzmir Kenti AKÜTSİS biniş verisi seti kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Hesap modeli yardımıyla durak/istasyon/iskele noktalarında yolculuklarına başlayan günlük **538.361** kişinin yaklaşık % 40'na ait (**210.537 kişi**) hedef (varış) noktası hesap hesaplanmıştır. Tek biniş yapan kişiler analiz harici tutulduğunda bu oran yaklaşık % 50' ye ulaşmaktadır.

Sonraki aşamada AKÜTSİS verilerinden elde edilen B-V matrisi İzmir Ulaşım Ana Planı (İUAP, 2009) kapsamında oluşturulan merkez kent analiz bölgeleri bazında revize edilerek edilen sonuçlar yine İUAP (2009) çalışması kapsamında kentte yapılmış hane halkı anketinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Toplam talebin dağılımındaki farklar incelendiğinde AKÜTSİS ile hane halkı anketi arasında ortalama %0,47 oranında ve en fazla ise yaklaşık % 5 oranında fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda toplam talebin dağılımı açısından her iki veri grubunun da birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bağlamda toplu ulaşım işletmecileri bölgeler arasındaki toplu ulaşım taleplerinin dağılımının belirlenmesinde ve buna bağlı olarak yapılacak kısa ve orta vadeli güzergâh düzenlemelerinin atama modellerine yansıtılarak sonuçların karşılaştırılmasında AKÜTSİS verisinden elde edilen B-V matrisi, kullanılabilecektir. Ancak hane halkı anketleri kapsamında analiz bölgelerindeki örneklem sayılarının nüfusa bağlı olarak değişmesinin daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonraki aşamada AKÜTSİS verileri kullanılarak elde edilebilen güvenilirlik parametreleri geliştirilen hesap modeli kullanılarak otobüs hatları içerisinden seçilenler için hesaplanmış, elde edilen sonuçların SPSS paket programı ile istatistiki analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu hattın sıklık değerinin hat durak sayısındaki artışın ve hattın kent merkezindeki yoğun trafik yüküne sahip arterleri kullanmasının düzensizliği etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda özellikle yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kentlerimizde tüm yerleşim birimlerinden kent merkezine doğrudan ulaşım hizmet sağlayan hatlar oluşturulması yerine semt-aktarma merkezi bağlantılı hatlar oluşturularak yüksek sefer sıklığına sahip aktarma merkezi-kent merkezi bağlantılı “ana arter hatları” oluşturulmasının güvenilirliği yüksek bir toplu ulaşım hizmeti sağlanması için bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Toplu ulaşım planlamasının en önemli bileşenlerinden biri de, yolcuların başlangıç noktasından bitiş noktasına gitmek için seçtikleri güzergâhı tahmin etmektir. Bu tahmin, literatürde son 40 yıl içinde belli başlı bir araştırma konusu haline gelen toplu ulaşım atama modellerinin kullanımına dayanmaktadır.

Yakın geçmişteki çalışmalarda yolcu davranışlarının daha iyi açıklanmasına yönelik çeşitli yaklaşımlarının da kullanılmasıyla güzergâh tahmininde kayda değer gelişmeler elde edilmiştir (Ceder, 2007). Ancak farklı yaklaşımların kullanıldığı modellerde birbirlerinden çok farklı sonuçlar elde edilmektedir.

Klasik dört aşamalı ulaşım talep modelinin son aşamasını oluşturan atama modelleri, tüm talep model geliştirme çalışmalarının hedeflediği temel çıktıyı oluşturmaktadır. Çünkü toplu ulaştırma sistemlerine ilişkin düzenlemeler ve ilave yatırımlar için verilen kararlar, büyük ölçüde toplu ulaşım ataması sonuçlarına bağlıdır.

Özellikle İzmir gibi büyük kentlerde yolcular çok sayıda yüksek sıklığa otobüs hattının yanı sıra deniz ulaşımı ve raylı sistem hatları arasında da seçimi yapabilmektedir. Bunun yanı sıra yolcuların oluşturulan aktarma merkezleri ile aktarmalı ulaşım da teşvik edildiği ve belirli süre boyunca aktarmalarda ücret alınmadığı, aktarmalı ve aktarmasız seçenekler arasında ücret olarak farkın olmaması da toplu ulaşım atama modellerinde kullanılan klasik yöntemlerin yolcuların karar verme mekanizmasını açıklama yetersiz kalmasına neden olabilmektedir.

Tez çalışmasında B-V çiftlerindeki en sık hizmet veren aktarmasız hatta ait bekleme süresi değeri ile yolcuların aktarmasız rota tercih oranları karşılaştırıldığında beş dakikalık teorik ilk bekleme süresinin kritik bir eşik olduğu ve toplu ulaşım atama modellerinde kullanılan B-V çiftleri arasındaki güvenilirlik parametrelerinin analizinde de bir B-V çifti arasında hizmet veren aktarmasız hatların sıklık değerlerinin birleşiminden elde edilen birleştirilmiş bekleme süresi değerinin pratikte uygulanmasının mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır.

Bu durum tez çalışmasının dördüncü bölümde ele alınan güvenilirlik analizlerinde elde edilen düşük sefer aralıklı otobüs hatlarında görülen sefer aralığı düzensizliklerinin yolcu davranışlarını etkilemediğini göstermektedir.

Katarlanma hareketi yaşansa bile yüksek sıklık değerine sahip hatlarda bekleme süresi değeri düşük olmaktadır. Bu bağlamda düzenli olarak yolculuk yapan kişilerin bu farklılığı bilmelerinden dolayı rota seçimlerini birleştirilmiş bekleme süresi değeri yerine en sık hatta ait bekleme süresine göre belirledikleri sonucuna ulaşılabilmektedir.

Bu bağlamda İzmir Kenti AKÜTSİS verileri ile seçilen B-V çiftlerinde yolcuların rota seçim davranışları elde edilmiş ve Spiess Ve Florian' ın (1989) geliştirdikleri Strateji Tabanlı Toplu Ulaşım Atama Modeli' ne yolcuların rota seçimlerini daha gerçekçi bir şekilde tanımlayacak ilave kısıtlar eklenmiştir. Geliştirilmiş atama modeli ile hem AKÜTSİS verilerinin atama modellerinde etkin bir biçimde kullanım olanakları arttırılmış hem de İzmir benzeri kentlerde klasik atama modellerinin etkinliğinin arttırılması için bir yöntem önerisi sunulmuştur.

Yapılan çalışma ile kent içi toplu ulaşım sistemlerinde sıklıkla kullanılan AKÜTSİS verilerinin ulaşım planlanması açısından daha fonksiyonel hale gelmesi sağlanabileceği böylece toplu ulaşım planlamasında kullanılabilecek birçok bilgiye ek bir maliyet gerektirmeden daha kısa sürede ulaşabileceği ortaya çıkarılmıştır.

Tıkanıklık ya da yoğunluk etkisi, trafik atama modellerinde yol kesimlerini kullanan araç sayısının artışına bağlı olarak kesim seyahat sürelerindeki artış olarak yansıtılmaktadır. Seyahat sürelerindeki artış nedeniyle genelleştirilmiş maliyet değişmekte bu bağlamda sürücülerin rota seçimleri farklılaşmaktadır. Toplu ulaşım atama modellerinde ise kesimlerdeki seyahat süreleri sabit olmakla beraber gecikmeler yolcuların biniş-iniş hareketlerini gerçekleştirdiği durak noktalarında ve yolcuların aktarma hareketleri sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda toplu ulaşım hatlarının yoğunluk/kalabalıklık değerleri modellere duraklarda yolcuların yoğun hatları tercih etmemesini sağlayacak çeşitli fonksiyonlarla yansıtılabilmektedir.

İlerleyen aşamalarda literatürde trafik atamaları için çeşitli parametreleri içeren seyahat süresi fonksiyonları da kullanılarak fonksiyonlarının, toplu ulaşım hatlarına ait kesimlerdeki doluluk değerlerini duraklardaki sefer aralığı değerlerinin değişimin açıklanabilmesi için kullanımının araştırılması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Barry, J., Newhouser, R., Rahbee, A., & Sayeda, S. (2002). Origin and destination estimation in New York City with automated fare system data. *Journal of Transportation Research Board*, 1817, 183-187.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, Y. B. (2005). *Mühendisler için istatistik*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis* (2. Edition). Newyork: Springer.
- Chen, X., Yu, L., Zhang, Y., & Guo, J. (2009). Analyzing urban bus service reliability at the stop, route, and network levels. *Transportation Research Part A*, 43, 722-734.
- Ceder, A. (2007). *Public transit and operation. theory, modelling and practice* (1st ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Currie, G., Douglas, N. J., & Kearns, I. (2012). An assessment of alternative bus reliability indicators. *Australasian Transport Research Forum 2012 Proceedings*, 28 - 30 September 2011, Perth, Australia, 14.06.2015.
- Deri, A. (2012). *Akıllı Kart Verileri Kullanılarak Toplu Ulaşım Yolculuk Talebinin Belirlenmesi Ve Sefer Çizelgeleme Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Florian, M., & Constantin, I. (2011). Logit choices in strategy transit assingment. *CIRRELT Interuniverisity Research Center on Enterprise Networks, Logistics and Transportation*, 2011-53.

Hallenbeck, M., & Briglia, P. (bt). CEE 582 Introduction to ITS.
<http://player.slideplayer.com/16/5023209/#>, 28.04.2018.

Hosmer, W. D., & Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression*, (2nd ed.).
Canada: John Wiley & Sons Inc, 31.03.2018,
http://resource.heartonline.cn/20150528/1_3kOQSTg.pdf

İUAP (2009). *İzmir ulaşım ana planı*. İzmir: İzmir Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı.

İzmir Büyükşehir Belediyesi, ESHOT Genel Müdürlüğü [ESHOT] (2009). *Eshot Genel Müdürlüğü 2010-2014 Stratejik Planı Raporu*. İzmir: Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.

Kho, Y. S., Park, S. J., Kim, H. Y., & Kim, H. E. (2005). A development of punctuality index for bus operation. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 492 – 504, 14.06.2015, http://www.easts.info/online/journal_06/492.pdf.

Kocaman, B., Kumbar, S., Tezer, T., ve Yılmaz, Ö. (2011). Toplu ulaşımda performans ölçümü ve performans göstergelerinin belirlenmesi: Kocaeli Uygulaması, *TRANSİST 2011, 2. Toplu Ulaşım Haftası, 4. Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, Bildiriler Kitabı*, 230-244.

Li, D., Lin. Y., Zhao, X., Song, H., and Zou, N. (2011). Estimating a transit passenger trip origin-destination matrix using automatic fare collection system. *Database Systems for Advanced Applications Lecture Notes in Computer Science*, 6637, 502-513.

Liu, R., & Sinha, S., (2007). Modelling urban bus service and passenger reliability. *The Third International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR), The Hague-The Netherlands*.

Liu, Y., Bunker, J., & Ferreira, L. (2010). Transit users' route-choice modelling in transit assignment: A review. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 30, (6), 753-769.

Logistic Regression. (bt) 31 Mart 2018,
<http://userwww.sfsu.edu/efc/classes/biol710/logistic/logisticreg.pdf>

Menard, S. (2002). *Applied logistic regression analysis* (2nd ed.). United States of America: Sage Publications. 21.03.2018.
https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=EAI1QmUUsbUC&oi=fnd&pg=PR5&dq=stepwise+logistic+regression+analysis&ots=4UDLMtXDP&sig=70bOHAcHc956WFVGPh6auwcDjdg&redir_esc=y#v=onepage&q=stepwise%20logistic%20regression%20analysis&f=false

Meyer, M., & Miller J. E. (2001). *Urban transportation planning*, (Second Ed.). New York: Mc Graw Hill.

Munizaga, A. M., & Palma, C. (2012). Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C*, 24, 9–18.

Nassir, N., Khani, A., Lee, S. G., Noh, H., & Hickman, M. (2011). Transit stop-level O-D estimation using transit schedule and automated data collection system. *90th TRB Annual Meeting*, January 23-27, 2011.

Nielsen, O. A. (2000). A stochastic transit assignment model considering differences in passengers utility functions. *Transportation Research*, 3, (5), 377–402.

Nguyen, S., & Pallottino, S. (1988). Equilibrium traffic assignment for large scale transit networks. *European Journal of Operational Research*, 37, (2), 176–186.

NZ Transport Agency research report 527. (2013). *Improving Bus Service Reliability 2013*. Wellington, New Zealand, 14 Mart 2015, <http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/527/docs/527.pdf>.

Oort, V. N., & Nes, V. R. (2009). Regularity analysis for optimizing urban transit network design. *Public Transport, Springer*, (1), 155–169.

Oppenheim, N., (1995). *Urban travel demand modelling*, from individual choices to general equilibrium. New York: John Wiley & Sons Inc.

Oral, Y. M. (2012). Şehirsel yerleşme alanlarında ulaşım ve trafik planlaması açısından talep yönetimi ve akıllı ulaşım sistemleri ilişkisi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri Çalıştayı, 25 Mayıs 2012, İstanbul*.

Ortuzar, D. J., & Willumsen, G. L. (2011). *Modelling transport*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Pallant, J. (2017). *SPSS kullanma kılavuzu*. (2. baskı) (Balcı, S., ve Ahi, B. Çev.). Ankara: Anı Yayıncılık. (Orijinal çalışma basım tarihi 2015).

Patterson, Z. (2010). Public transportation modeling in montreal an entirely disaggregate approach. *AMT, Agence métropolitaine de transport, Montreal*. 11 February 2010.

PTV Vision (2011). *VISUM 12 – Fundamentals*. Karlsruhe: PTV Vision.

Si, B., Zhong, M., Liu, J., Gao, Z., & Wu, J. (2013). Development of a transfer-cost-based logit assignment model for the Beijing rail transit network using automated fare collection data. *Journal of Advanced Transportation*, 47, 297–318.

Spiess, H., & Florian, M. (1989). Optimal strategies: A new assignment model for transit networks. *Transportation. Research. Part B*, 23B, (2), 83-110.

Strathman, G. J., Dueker, J. K., Kimpel, T., Gerhart, R., Turner, K., Taylor, P., et al. (1999). Automated bus dispatching, operations control, and service reliability: baseline analysis. *Transportation Research Board 78th Annual Meeting*, January 10-14, 1999 Washington DC, 14.06.2015, <http://www.upa.pdx.edu/CUS/publications/docs/PR105.pdf>

Şen, S. (2016). Kategorik veri analizi 10. sunum. 31. Mart 2018, <https://sedatsen.files.wordpress.com/2016/11/10-sunum.pdf>

TCRP (2003a). *Transit cooperative research program report 100 transit capacity and quality of service manual (2nd ed.)*. Washington DC: Transportation Research Board.

TCRP (2003b). *Transit cooperative research program report 88, a guidebook for developing a transit performance-measurement system*. Washington DC: Transportation Research Board.

Trepanier, M., Tranchant, N., & Chapleau, R.(2007). Individual Trip Destination Estimation in a Transit Smart Card Automated Fare Collection System, *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*.11(1), 1-14.

Turnquist, M. A., & Bowman, L. A. (1980). The effects of network structure on reliability of transit service. *Transportation Research 14B*, 79-86.

Uniman, L. D., Attanucci, J., Mishalani, G. R., Wilson, M. H. N. (2010). Service reliability measurement using automated fare card data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2143, (1), 92-99, 14.06.2015, <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/69631#files-area>.

Wilson, H. M. N. (2009). Improving transit system performance with the benefit of automatic data collection systems, *University of Minnesota Industrial Engineering Department Seminar March 4, 2009*.

Yoon, R. H., Sohn, K., & Lee, C. (2003). Optimal strategies: A new transit trip assignment algorithm with capacity constraints. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5.

