**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# OTOMATİK ÜCRETLENDİRME SİSTEMİ VERİLERİ KULLANILARAK İSTANBUL GENELİ TOPLU TAŞIMA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM

**DOKTORA TEZİ**

**Yavuz DELİCE**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Programı: Ulaştırma Mühendisliği**

**MAYIS 2012**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# OTOMATİK ÜCRETLENDİRME SİSTEMİ VERİLERİ KULLANILARAK İSTANBUL GENELİ TOPLU TAŞIMA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM

**DOKTORA TEZİ**

**Yavuz DELİCE**
**(501052401)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Şubat 2011**
**Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Mayıs 2012**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Murat ERGÜN (İTÜ)**
**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Haluk GERÇEK (İTÜ)**
**Prof. Dr. Mustafa ILICALI (BAÜ)**
**Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK (İTÜ)**
**Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY (YTÜ)**

**MAYIS 2012**

***Anneme ve Babama,***

## ÖNSÖZ

İstanbul'da ilk toplu taşımacılık faaliyeti, 1830'lu yıllarda Asya ve Avrupa yakaları arasında kayıklarla başlayan denizyolu taşımacılığıdır. Kentin nüfusu artmaya başladıkça toplu taşımacılık faaliyetlerinin geliştirilmesi de kaçınılmaz olacaktır. İlerleyen senelerde, 1851 yılında kentiçi vapur işletmesi olan Şirket-i Hayriye kurulacak; 1869 yılında Dersaadet Tramvay Şirketi ile yapılan anlaşma sonucu Tophane – Ortaköy Tramvay Hattı hizmete açılacaktır. 1908 yılında ilk özel otomobilin İstanbul'a getirilmesiyle birlikte toplu taşımacılığın yanı sıra özel otomobil kullanımı da başlayacaktır. 1950'li yılların başlarında da kentiçi ulaşımda özel otomobil kullanımı ile ilgili kararlar alınarak; toplu taşımacılıkta kullanılan cadde tramvayları yerlerini özel otomobillere bırakmaya başlamıştır.

Özel otomobil kullanımını teşvik etmek amacıyla yeni yollar, köprü ve viyadükler yapılmıştır. Eş zamanlı olarak toplu ulaşım yatırımları da yapılmış, ancak İstanbul'da yaşayanların gelir düzeylerinin yükselmesiyle birlikte yoğun talep özel otomobil kullanımına yönelik olmuş; ulaşım yatırımları da özel otomobil kullanımını destekler nitelikte yapılmıştır.Bu süreçte toplu taşımacılık hep arka planda kalmıştır İstanbulda. Ta ki kentiçi yollar özel otomobillerle dolup, kentiçi ulaşım durma noktasına gelinceye kadar.

İstanbul'da kentiçi toplu taşımacılığın önemi anlaşıldığında, caddeler otomobillerle, yolların çevreleri ise konut ve ticarethanelerle dolmuş durumdaydı. Ne yollar genişletilerek 1920'li yıllardaki tramvaylar tekrar hizmete alınabilecek; ne de nüfus ve otomobil artışının önüne geçilebilecekti.

1990'lı yılların sonuna doğru yapılan yatırımlarla birlikte İstanbul genelinde toplu taşımacılık yaygınlaşmaya, hızlı ve konforlu taşımacılık sistemleri hizmete girmeye başlamıştır. Kentiçi toplu taşımacılığın önem kazanmasıyla birlikte toplu ulaşım planlama çalışmaları da önem kazanmıştır.

Kentiçi toplu ulaşım planlaması ile mevcut sistemler optimum bir şekilde kullanılırken, yeni toplu ulaşım yatırımları ise daha gerçekçi ulaşım modelleri ile test edilerek uygulanmaya başlanmıştır. Bu ulaşım modellerinin doğruluğu, kent genelinde yapılan hane halkı anketleri sonucunda belirlenen yolculuk talep değerlerinin doğruluğu ile yakından ilgilidir.

Ulaşım modelleri, kentiçi ulaşımın matematik olarak ifade edildiği, hane halkı anketleri yapılarak, o şehirde yaşayanların beyanları ile oluşturulmuş, kent genelinde yapılan perde – kordon araç sayımları ve kentiçi kavşaklarda yapılan özel otomobil sayımları ile özel otomobil yolculuklarının; toplu taşıma araçlarının sayımları ve bu araçlara ilişkin dolulukların tespiti ile de toplu ulaşım yolculuklarının kalibre edilerek, kentiçi yolculuk taleplerini en doğru şekilde yansıtan modellerdir.

Ulaşım modelleri kurulurken coğrafi bilgi sistemi verileri (yol, kavşak, zon, durak, hat vb.) ve anket sonuçlarının analizi ile belirlenen, kentiçi yolculuk taleplerini içeren B-S matrisleri kullanılmaktadır. Özel otomobil ve toplu taşıma yolculuklarına ilişkin talepler için farklı atama yöntemleri ve parametreleri kullanılmaktadır.

Hazırlamış olduğumuz bu çalışmada, toplu ulaşım için B-S matrisi elde etmek üzere, klasik yöntemlere alternatif olabilecek bir yöntem tarif edilmektedir. Klasik yöntemlerde hane halkı anketleri ile toplu ulaşım yolculuk talepleri belirlenmekte iken; önerilen yöntemde otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında, klasik yöntemlerle önerilen yöntem karşılaştırılarak birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları ortaya konulmaktadır. Ayrıca, tez çalışmasının tamamlanma sürecinde, önerilen yöntemle elde edilen B-S matrisine ilişkin yolculukların, belirli yol kesitlerinde, yolculuk hacimleri dikkate alınarak karşılaştırmasını gerçekleştirmek üzere bir ulaşım modeli de kurulmaktadır. Bu modele ilişkin kurulum çalışmaları da B-S matrisini oluşturma adımlarında olduğu gibi detaylı olarak anlatılmaktadır.

Çalışma sonucunda, klasik ve önerilen yöntemle elde edilen toplu ulaşım B-S matrisleri ile yapılan karşılaştırma sonuçları değerlendirilerek, mevcut durum ve ileride yapılacak benzer çalışmalar için önerilerde bulunulmaktadır.

Bu çalışmanın hazırlanması esnasında, maddi ve manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen annem Nejla DELİCE, babam Mustafa DELİCE ve ailemin diğer fertlerine; bu süreçte, yoğun iş temposuna rağmen her konuda yardımcı olan değerli arkadaşım Boğaçhan Murat AKALIN'a ve bu çalışmanın düzenlenmesi konusunda yardımcı olan kuzenim Ahmet Ümit ERCAN'a; gerek yüksek lisans, gerekse de doktora çalışmalarım sırasında değerli vaktini benimle paylaşan, çalışmalarım süresince karşılaştığım zorluklarda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç.Dr. Murat ERGÜN'e sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2012

Yavuz DELİCE

(İnşaat Yüksek Mühendisi)

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

**ÖNSÖZ** ..... v
**İÇİNDEKİLER** ..... vii
**KISALTMALAR** ..... xi
**ÇİZELGE LİSTESİ** ..... xiii
**ŞEKİL LİSTESİ** ..... xv
**ÖZET** ..... xvii
**SUMMARY** ..... xix
**1. GİRİŞ** ..... 1
**2. LİTERATÜR TARAMASI** ..... 5
2.1 Otomatik Ücretlendirme Sistemleri ..... 6
2.1.1 Toplu taşıma uygulamaları ..... 7
2.1.2 Otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin kullanımı ..... 9
2.1.2.1Stratejik düzeydeki çalışmalar ..... 9
2.1.2.2Taktiksel düzeydeki çalışmalar ..... 12
2.1.2.3İşletme düzeyindeki çalışmalar ..... 14
2.1.3 Sistemin ticari açıdan değerlendirmesi ..... 16
2.1.4 Sistemle ilgili değerlendirme ..... 17
2.1.5 Otomatik ücret ödeme araçları ..... 19
2.1.5.1 Manyetik bantlı kartlar ..... 19
2.1.5.2 Akıllı kartlar ..... 20
2.1.5.3 Temas ile iletişim sağlayan akıllı kartlar ..... 20
2.1.5.4 Temas gerektirmeyen kartlar ..... 20
2.1.6 Literatür calışması kapsamında incelenen şehirler ..... 21
2.1.6.1 New York City (Amerika) ..... 21
2.1.6.2 Londra (İngiltere) ..... 26
2.2 B-S Matrisi Tahmin Yöntemlerinin İncelenmesi ..... 30
2.2.1 Otomatik ücretlendirme sistemleri ve GPS verileri kullanılarak SaoPaulo kenti için B-S matrisi tahmini ..... 31
2.2.1.1 Araç takip sistemi verilerinin otobüs duraklarına ait koordinat verileri ile birleştirilmesi ..... 33
2.2.1.2 Araç takip verilerinin biniş verileri ile eşleştirilmesi ..... 35
2.2.1.3 Varış noktasının belirlenmesi ..... 36
2.2.1.4 Bazı analiz notları ..... 37
2.2.1.5 2006 Yılı sonuçlarının analizi ve 1997 yılı B-S matrisi ile karşılaştırılması ..... 38
2.2.1.6 Sonuçlar karşılaştırılırken dikkat edilmesi gereken hususlar ..... 41
2.2.1.7 Sonuçlar ..... 42
2.2.2 Toplu ulaşım planlaması için otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin önemi: Raylı toplu ulaşım sistemi için B-S matrisi tahmini ..... 43
2.2.2.1 B-S matrisine altlık oluşturacak verilerin analizi ..... 43

2.2.2.2 İstasyon bazında giriş-çıkış sayılarının tahmini ..... 44
2.2.2.3 Büyütme faktörünün belirlenmesi ..... 48
2.2.2.4 Satır – sütun dengelemesi ..... 52
2.2.2.5 İşlem sonuçlarının analizi ..... 52
2.2.2.6 Sonuçlar ..... 54
2.2.3 Otomatik veri toplama sistemleri kullanılarak otobüs sistemleri için başlangıç – son matrisi tahmin edilmesi ..... 55
2.2.3.1 Otomatik geçiş verileri ile B-S matrisi belirlenmesi ..... 56
2.2.3.2 Otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak otobüs sistemi için B-S matrisi tahmininde genel yaklaşım ..... 58
2.2.4 İncelenen çalışmaların değerlendirilmesi ..... 67
**3. İSTANBUL TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ ..... 71**
3.1 Toplu Taşıma Sistemi Ağ Yapısı ..... 72
3.2 Mevcut Tarife Sistemi ..... 73
3.3 Mevcut Toplu Taşıma Türleri ..... 73
3.3.1 Otobüs ..... 74
3.3.2 Minibüs ..... 75
3.3.3 Taksi Dolmuş ..... 75
3.3.4 Taksi ..... 76
3.3.5 Servis ..... 76
3.3.6 Raylı sistemler ..... 76
3.3.7 Denizyolu sistemleri ..... 78
**4. B-S MATRİSİ TAHMİNİ İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEM ..... 79**
4.1 Verilerin Hazırlanması ..... 80
4.1.1 Akbil veri kümesinin hazırlanması ..... 80
4.1.2 Araç kalkış verilerinin hazırlanması ..... 82
4.1.3 Hat ve durak verilerinin hazırlanması ..... 84
4.1.3.1 Vektörel verilerin düzenlenmesi ..... 85
4.1.3.2 Sayısal verilerin düzenlenmesi ..... 87
4.2 B-S Matrisi Oluşturma Adımları ..... 90
4.2.1 Araç konumlarının tahmini ..... 90
4.2.2 Yolculuk bitiş noktalarının belirlenmesi ..... 96
4.2.2.1 Yolculuk bitiş noktalarının belirlenmesi ..... 98
4.2.2.2 Veri tabanına yeni alanların eklenmesi ..... 100
4.2.2.3 Verilerin sıralanması ..... 101
4.2.2.4 Geçersiz verilerin silinmesi ..... 102
4.2.2.5 Akbil kullanım zamanları arasındaki farkların araştırılması ..... 103
4.2.2.6 Çoklu akbil basışlarının elenmesi ..... 105
4.2.2.7 Yolculuk başlangıç noktalarının veritabanına girilmesi ..... 107
4.2.2.8 Yolculuk bitiş noktalarının veritabanına girilmesi ..... 108
4.2.2.9 Günün son yolculuğuna ait bitiş noktasının belirlenmesi ..... 109
4.2.2.10 Başlangıç ve bitiş noktası aynı olan ikililerin silinmesi ..... 111
4.2.2.11 Ağırlıklandırma tablosunun hazırlanması ..... 113
4.2.2.12 Ağırlıklandırma işleminin uygulanması ..... 118
4.2.2.13 B-S ikililerinin oluşturulması ..... 119
**5. B-S MATRİSİNİN ATANMASI ..... 121**
5.1 Atama İşleminde Kullanılan Parametreler ..... 123
5.2 Parametrelerin Genelleştirilmiş Maliyetlere Katılım Oranları ..... 125
5.3 Sıkışıklık Parametreleri ..... 125
5.4 Toplu Taşıma Atama Algoritmaları ..... 126

5.5 Atamada Kullanılan Parametre Değerleri ..... 127
5.6 Atama Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... 128
5.7 Yolculuk Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 132
5.8 Duyarlılık Analizi ..... 133
**6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 139**
**KAYNAKLAR ..... 145**
**EKLER ..... 151**
**ÖZGEÇMİŞ ..... 181**

## KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| **ADC** | **:**Automatic Data Collection |
| **AFC** | **:** Automated Fare Collection |
| **APC** | **:**Automatic Passenger Count |
| **AVL** | **:** Automated Vehicle Location |
| **B-S matrisi** | **:**Başlangıç – Son (Origin – Destination) Matrisi |
| **CAD** | **:** Computer – Aided Design |
| **CBS** | **:** Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| **CD** | **:** Completely Documented |
| **CTA** | **:** Chicago Transit Authority |
| **DLR** | **:** Dockland Light Rail |
| **DLRL** | **:** Dockland Light Rail Limited |
| **DXF** | **:** Drawing Exchange Format |
| **EEPROM** | **:** Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory |
| **FG** | **:** Fully Gated |
| **GIS** | **:**Geographical Information Systems |
| **GPRS** | **:** General Packet Radio Service |
| **GPS** | **:** Global Positioning Systems |
| **Ic** | **:** Integrated circuit |
| **Id** | **:** Identity |
| **ID** | **:** Incompletely Documented |
| **IPF** | **:** Iterative Proportional Fitting |
| **İUAP** | **:**İstanbul Ulaşım Ana Planı |
| **JFK** | **:** John F. Kennedy |
| **LBL** | **:** London Busses Limited |
| **LBSL** | **:** London Bus Services Limited |
| **LRT** | **:** Light Rail Transit |
| **LUL** | **:** London Underground Limited |
| **MLE** | **:** Maximum Likelihood Estimation |
| **MTA** | **:** Metropolitan Transport Authority |
| **ND** | **:** Non-Documented |
| **NFG** | **:** Non-Fully Gated |
| **NYC** | **:** New York City |
| **NYCT** | **:** New York City Transit |
| **PATH** | **:** Port Authority Trans – Hudson |
| **PMLE** | **:** PoissonMaximum Likelihood Estimation |
| **ROM** | **:** Read – Only Memory |
| **RTMS** | **:** Remote Traffic Microwave Sensor |
| **RMSE** | **:** Root Mean Square Error |
| **TfL** | **:** Transport for London |
| **UK** | **:** United Kingdom |
| **US** | **:** United States |

## ÇİZELGE LİSTESİ

**Sayfa**

**Çizelge 2.1 :** Stratejik toplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar.... 11
**Çizelge 2.2 :** Taktiksel toplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar. . 13
**Çizelge 2.3 :** İşletme düzeyindeki toplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar..... 15
**Çizelge 2.4 :** Toplu taşıma ücret politikalarına göre pazarlama deneyimleri. ..... 16
**Çizelge 2.5 :** Toplu taşıma ücret dışı politikalara göre pazarlama deneyimleri. ..... 17
**Çizelge 2.6 :** Türlere göre MetroCard kullanılan sistemler. ..... 22
**Çizelge 2.7 :** GPS verilerinde karşılaşılan hata türleri, sayıları ve çözümler. ..... 33
**Çizelge 2.8 :** Otobüslerden raylı sistemlere aktarma yapan yolcu sayıları..... 41
**Çizelge 2.9 :** Bir yolcu için zincirleme yolculuk metodu ile bir günlük yolculuğunizlenmesi..... 57
**Çizelge 2.10 :** Ağ düzeyinde B-S matrisi. ..... 62
**Çizelge 3.1 :** 2006 yılı raylı sistem hatları..... 77
**Çizelge 4.1 :** Otorite alanı için kullanılan kodlama. ..... 81
**Çizelge 4.2 :** İstanbul geneli otobüs seferlerinin saatlik toplam değerleri..... 83
**Çizelge 4.3 :** E-51 Hattına ait hat-durak indeksi..... 88
**Çizelge 4.4 :** E-51 Hattı'na ait duraklar arası süreler. ..... 89
**Çizelge 4.5 :** B-S ikilileri. ..... 119
**Çizelge 5.1 :** Toplu taşıma ile taşınan yolcu sayısı..... 128
**Çizelge 5.2 :** Kesit yolculuklarının karşılaştırılması. ..... 130
**Çizelge 5.3 :** İncelenen otobüs hatları..... 134
**Çizelge 5.4 :** GPS verileri ile model verilerinin karşılaştırılması..... 135
**Çizelge 5.5 :** İncelenen hatlara ilişkin sonuç tablosu..... 137
**Çizelge 5.6 :** İncelenen hatların geçtiği zonlara ilişkin bilgiler. ..... 138
**Çizelge C.1 :** 15M numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.... 160
**Çizelge C.2 :** 15P numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması. .... 162
**Çizelge C.3 :** 15S numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması. .... 164
**Çizelge C.4 :** 15TY numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.. 165
**Çizelge C.5 :** 16 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması. ..... 168
**Çizelge C.6 :** 29C numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması..... 171
**Çizelge C.7 :** 36 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması. ..... 173
**Çizelge C.8 :** 36A numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması. ... 175
**Çizelge C.9 :** 36ES numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması... 177
**Çizelge C.10 :** 43R numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması... 179

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**

**Şekil 2.1 :** Farklı kentlere ait otomatik ücretlendirme araçları. ..... 20
**Şekil 2.2 :** MetroCard satın almak ve yükleme yapmak için sunulan alternatifler.... 23
**Şekil 2.3 :** MetroCard otomatları. ..... 24
**Şekil 2.4 :** Gezici MetroCard satış otobüsü. ..... 24
**Şekil 2.5 :** MetroCard satışı yapan özel gişeler. ..... 25
**Şekil 2.6 :** Oyster Card. ..... 28
**Şekil 2.7 :** Londra trafik bölgeleri..... 28
**Şekil 2.8 :** Oyster bilet gişeleri. ..... 30
**Şekil 2.9 :** GPS kayıtları için "trip" sütunun güncellenmesi. ..... 34
**Şekil 2.10 :** Kuzeybatı bölgesinden başlayan yolculukların karşılaştırılması. ..... 39
**Şekil 2.11 :** 208 numaralı bölgeden diğer bölgelere yolculuk dağılımının karşılaştırılması. ..... 40
**Şekil 2.12 :** Otomatik ücretlendirme sistemi verileri arasındaki ilişki. ..... 44
**Şekil 2.13 :** Kontrollü istasyonlardaki giriş değerlerinin karşılaştırılması. ..... 45
**Şekil 2.14 :** Kontrollü istasyonlardaki çıkış değerlerinin karşılaştırılması..... 45
**Şekil 2.15 :** Otomatik ücretlendirme sistemi verileri ve sayım değerleri arasındaki ilişki. ..... 46
**Şekil 2.16 :** En fazla binişe sahip 200 adet B-S ikilisinin incelenmesi..... 54
**Şekil 2.17 :** Şematik otobüs ağı. ..... 63
**Şekil 2.18 :** Tek hat için kısmi matris. ..... 64
**Şekil 2.19 :** Sanal durak noktaları ve düzenlenmiş IPF yöntemi. ..... 64
**Şekil 2.20 :** Örnek otobüs ağı. ..... 66
**Şekil 2.21 :** Aktarma akımları B-S matrisi. ..... 67
**Şekil 3.1 :** İstanbul toplu taşımacılığının türlere göre dağılımı. ..... 72
**Şekil 3.2 :** İETT otobüsleri. ..... 74
**Şekil 3.3 :** Deniz otobüsü. ..... 78
**Şekil 4.1 :** Ham akbil verisi. ..... 81
**Şekil 4.2 :** ORER veri giriş formu arayüzü. ..... 82
**Şekil 4.3 :** İstanbul geneli otobüs seferlerinin saatlik toplam değerleri..... 84
**Şekil 4.4 :** Toplu ulaşım hatları ve duraklar. ..... 86
**Şekil 4.5 :** İstanbul geneli ulaşım bölgeleri. ..... 87
**Şekil 4.6 :** Araç konumlarını belirlemek üzere hazırlanan yazılım. ..... 92
**Şekil 4.7 :** Ana Program'a ilişkin akış şeması. ..... 93
**Şekil 4.8 :** Araç kalkış saati ve yönünü belirleyen fonksiyona ilişkin kodlar..... 94
**Şekil 4.9 :** Araç kalkış saati ve yönünü belirleyen fonksiyona ilişkin akış şeması. .. 94
**Şekil 4.10 :** Yolculuk başlangıcının hangi ulaşım bölgesine ait olduğunu belirleyen fonksiyona ilişkin kodlar. ..... 95
**Şekil 4.11 :** Yolculuk başlangıcının hangi ulaşım bölgesine ait olduğunu belirleyen fonksiyona ilişkin akış şeması. ..... 96
**Şekil 4.12 :** Koordinat bilgisi girilen Akbil veritabanı. ..... 96
**Şekil 4.13 :** Ana Program'a ilişkin yazılım kodları. ..... 98
**Şekil 4.14 :** Ana Program'a ilişkin akış şeması. ..... 99

**Şekil 4.15 :** Veri tabanına yeni alanların eklenmesine ilişkin kodlar. ..... 100
**Şekil 4.16 :** Veri tabanına yeni alanların eklenmesine ilişkin akış şeması. ..... 100
**Şekil 4.17 :** Sıralama işlemine ilişkin kodlar. ..... 101
**Şekil 4.18 :** Sıralama işlemine ilişkin akış şeması. ..... 102
**Şekil 4.19 :** Geçersiz verilerin silinmesine ilişkin kodlar. ..... 103
**Şekil 4.20 :** Geçersiz verilerin silinmesine ilişkin akış şeması. ..... 103
**Şekil 4.21 :** Zaman farklarının araştırılmasına ilişkin kodlar. ..... 104
**Şekil 4.22 :** Zaman farklarının araştırılmasına ilişkin akış şeması. ..... 105
**Şekil 4.23 :** Çoklu akbil basışlarının silinmesine ilişkin yazılım kodları. ..... 106
**Şekil 4.24 :** Çoklu akbil basışlarının silinmesine ilişkin akış şeması. ..... 106
**Şekil 4.25 :** Yolculuk başlangıç noktalarının taşınmasına ilişkin kodlar..... 107
**Şekil 4.26 :** Yolculuk başlangıç noktalarının taşınmasına ilişkin akış şeması..... 107
**Şekil 4.27 :** Yolculuk bitiş noktasının veritabanına girilmesine ilişkin kodlar..... 108
**Şekil 4.28 :** Yolculuk bitiş noktasının veritabanına girilmesine ilişkin akış şeması. ..... 109
**Şekil 4.29 :** Son yolculuğun bitiş noktasının belirlenmesi için hazırlanan kodlar... 110
**Şekil 4.30 :** Son yolculuğun bitiş noktasının belirlenmesi için hazırlanan akış şeması. ..... 111
**Şekil 4.31 :** Başlangıç ve bitişi aynı olan yolculukların elenmesi için hazırlanan kodlar. ..... 112
**Şekil 4.32 :** Başlangıç ve bitişi aynı olan yolculukların elenmesi için hazırlanan akış şeması. ..... 112
**Şekil 4.33 :** Ağırlıklandırma işlemine ilişkin kodlar..... 116
**Şekil 4.34 :** Ağırlıklandırma işlemine ilişkin akış şeması. ..... 117
**Şekil 4.35 :** Ağırlıklandırma işleminin uygulanmasına ilişkin kodlar. ..... 118
**Şekil 4.36 :** Ağırlıklandırma işleminin uygulanmasına ilişkin akış şeması. ..... 118
**Şekil 4.37 :** B-S ikililerini oluşturmak üzere hazırlanan SQL kodu. ..... 119
**Şekil 4.38 :** B-S ikililerinin matris formunda gösterimi. ..... 120
**Şekil 5.1 :** Hazırlanan modele ilişkin detay görünümü..... 122
**Şekil 5.2 :** Yolculuk üretim değerlerinin oransal dağılımı..... 133
**Şekil 5.3 :** Hatların uydu haritası üzerindeki görünümü. ..... 134

**OTOMATİK ÜCRETLENDİRME SİSTEMİ VERİLERİ KULLANILARAK İSTANBUL GENELİ TOPLU TAŞIMA BAŞLANGIÇ – SON MATRİSİ TAHMİNİ İÇİN BİR YÖNTEM**

## ÖZET

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak, elektronik ücretlendirme sistemleri ve akıllı kart uygulamaları oldukça büyük gelişmeler göstermektedir. Bu konudagelişme yaşanan alanlardan birisi de toplu taşıma ücretlendirme sistemleridir. Toplu taşıma ücretlendirme sistemlerinde yaşanan gelişmeler, gerek kullanıcı gerekse de işletmeci açısından büyük yararlar sağlamaktadır. Ücret ödeme aracı olarak akıllı kartların kullanıldığı bu sistem sayesinde, farklı toplu taşıma türleri arasında bilet entegrasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde, kullanıcıların tüm yolculukları için tek bilet kullanıyor olması, işletmeci açısından da kullanıcı taleplerinin belirlenmesi adına imkan sağlamaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul toplu taşıma sistemi içinkullanıcı taleplerini belirlemek üzere, otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak,Başlangıç – SonMatrisi tahmini için bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında,İstanbul toplu taşıma sistemine ait yolculuk bilgileri, diğer bir deyişle otomatik ücretlendirme sistemine kaydedilen biniş verileri üzerinde çeşitli veri madenciliği çalışmaları uygulanarak, kentiçi yolculuk taleplerinin belirlenmesi adına bir dizi işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlere ilişkin yazılım kodları ve akış diyagramları sunularak, adımlar halinde tariflenmektedir. Ayrıca, çalışma kapsamında, anket verileri ile elde edilen B-S matrisi de incelenerek; her iki yöntem arasındaki farklılıklar, avantaj ve dezavantajlar ortaya konulmaktadır.

Toplu taşımacılık literatürü incelendiğinde, konu ile ilgili benzer çalışmalara rastlanmaktadır. Ancak, bu çalışmanın diğer çalışmalardan en önemli farklarından birisi, incelenen sistemdekitoplu ulaşım araçlarında GPS cihazları bulunmadığından, araç konumlarının tespiti için bir yöntem tariflenmesidir. Diğeri ise çalışma sonucunda elde edilen yolculukların ağırlıklandırılması için yeni bir yöntem geliştirilmesidir.

Araç konumlarının tespiti için önerilen yöntemde,akıllı kart verileri ile kent genelinde bir günde gerçekleşen tüm araç kalkış verileri zaman parametresi dikkate alınarak ilişkilendirilmektedir. Araç konumlarının tespiti ile yolculuk başlangıç noktaları da belirlenmiş olmaktadır. Yolculuk kavramının tariflenmesiyle birlikte, yolculuk bitiş noktalarının tespiti için önerilen yöntem de aşamalar halinde açıklanmaktadır. Tahmin işlemlerinin son aşamasında, İstanbul genelinde elde edilen toplu ulaşım yolculukları ağırlıklandırılarak gerçekleşen değerlerle uyumlu hale getirilmektedir. Ağırlıklandırma işlemi, klasik ağırlıklandırma metodu yerine, her hat

ve her 15 dakikalık zaman dilimi için ayrı ayrı gerçekleştirilerek, daha doğru sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir.

Toplu ulaşım B-S matrisi tahmin çalışmaları tamamlandıktan sonra, 2006 yılı anket verileri analiziyle elde edilen B-S matrisi ile karşılaştırma yapılmaktadır. Sonuç kısmında, İstanbul genelindeki ana ulaşım akslarından seçilen kesitlerdeki toplu ulaşım yolculuk hacimlerinin ve zon bazında yolculuk üretim değerlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili sonuçlarından bahsedilerek; mevcut sistem için yapılan önerilerle birlikte, ileride yapılacak benzer çalışmalar için de tavsiyelerde bulunulmaktadır.

**A METHOD FOR ORIGIN – DESTINATION MATRIX ESTIMATION USING AUTOMATED FARECARD DATA FOR ISTANBUL PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEM**

## SUMMARY

Newly developed electronic technologies like smart cards are getting popular in the e-ticketing market. Use of this technology enables us to trace transit users when they pay fares on transit lines using Automated Fare Collection Systems (AFCS). Today most of the big cities in the world use AFCS. There are in general two different kind of AFCS; Check-in only and check-in-check-out AFCS. The most popular one is the check-in-only AFCS. Check-in-check-out AFCS are used only in some transit lines that use check-out tourniquets in the stations. However in a bus-line it is not possible to use systems like check-out tourniquets. Check-in-only systems are easier to set up, they can be mobile or non-mobile and, therefore, they are more common in the world.

In this study a new method is developed for the estimation of transit O-D Matrices, using AFCS data for the public transportation system in İstanbul. Within the scope of this study, estimated O-D Matrix which is obtained from household surveys' data is used for comparison. Differences between two methods, advantages and disadvantages are reported in the sections of this thesis.

It is possible to find some similar studies on public transportation using AFCS and without using Global Positioning System (GPS) devices; because mostly there are no GPS devices in bus lines. This thesis introduces a new method which is developed for weighting the acquired traced trips data to find the expanded O-D matrix and uses a new positioning method to find the coordinates of different transactions on AFCS data.

In the proposed method for determining vehicle coordinates, smart card data is associated with daily vehicle departure data on the city-wide area with considering busIDs, departure time and place parameters. Outgoing or return line routes are designated from vehicle departure points according to the vehicle coordinates.

For reaching a sample trip matrix from the whole AFCS data, a data elimination process is used. This process locates the AFCS data lines where trip destinations are not possible to know. This elimination is done on data lines of the AFCS to the consecutive usage of the same smart card ID in 3 minutes or transfer usage in 90 minutes, single usage of smart card ID in a day and coin usage etc.

After defining the journey concept, the methods of confirming destination point of journey is also explained step by step. In the last stage of the estimation operations, public transportation journeys throughout İstanbul are weighted. This weighting process is based on both line and time intervals together. After finalizing O-D

Matrixestimation, public transport assignment is realized for the whole of İstanbul. Then, the results are compared with the results of assignment by public transport O-D Matrix which is obtained from the household survey data in 2006.

Finally, results of the comparison between classic and proposed methods as volumes of public transportation journeys at the chosen trunk sections. And also, trip production values are compared and shown in the last chapter. Then some proposals are presented for the existing system and also for similar studies in the future.

# 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte çeşitli alanlarda olduğu gibi Ulaştırma Mühendisliği alanında da ciddi gelişmeler kaydedilmiştir. Gerek özel taşımacılıkta, gerekse toplu taşımacılıkta yapılan planlama çalışmaları artık çok daha kolay yapılmakta ve neredeyse kesin sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu gelişmelerin yaşanmasında en önemli etkenlerden birisi küresel konum belirleme sistemlerinin (GPS – Global Postioning System) gelişmesi ve yaygınlaşmasıdır.

Trafik kontrolünün otomatik olarak yapılmasına ve anlık trafik hacimlerinin belirlenmesine imkân sağlayan RTMS (Remote Traffic Microwave Sensor) sistemlerinin kullanılması, tek merkezden trafik yönetimine imkan sağlayan haberleşme sistemleri, talebe göre yeşil süreleriniayarlanabildiği adaptif sinyal sistemleri, otoyol giriş ve çıkışlarında kullanılan otomatik ücretlendirme sistemleri, vb. sistemler, özel taşımacılık ve trafik yönetimi için geliştirilmiş sistemler olarak sıralanabilir. Toplu taşıma sistemlerinde ise yine GPS kullanımı, araç takip sistemleri, şoförsüz kullanılan araçlar, yüksek hızlı sistemler ve bu sistemlerde kullanılan gelişmiş haberleşme ve sinyalizasyon sistemleri ile birlikte otomatik ücretlendirme sistemleri, teknolojinin ilerlemesine paralel olarak geliştirilen sistemler olarak sıralanabilir.

Toplu taşıma sistemlerinde kullanılan otomatik ücretlendirme sistemlerinin, dünya üzerinde çeşitli uygulamaları bulunmaktadır. Genel olarak "smartcard" olarak bilinen elektronik ödeme araçları, ülkemizde ilk olarak İstanbul'da "AKBİL" adıyla uygulanmaya başlanmıştır. Bu uygulama sayesinde, toplu taşıma hatlarında biniş süreleri kısaltılarak hatların daha verimli kullanılması amaçlanmış; aynı zamanda da toplu taşıma içersindeki farklı ulaşım türleri arasında bilet entegrasyonu sağlanarak, daha düşük fiyatlarla diğer toplu taşıma türlerinin kullanılması teşvik edilmiştir. Ayrıca otomatik ücretlendirme sistemleri sayesinde, sahte bilet vs. usulsüz kullanımların önüne geçilerek işletmeci kurumların daha fazla gelir elde etmesi sağlanmıştır.

Otomatik ücretlendirme sistemleri genel olarak, ödeme kartı (akbil) ve ödeme yapılan cihazın (validatör) kullanılması suretiyle oluşturulan ödeme sistemi olarak tanımlanabilir. Bu cihazlar kimi zaman toplu taşıma aracı içersinde, kimi zaman da kapalı sistemler olarak tanımlanan raylı sistemler veya deniz yolu sistemlerinde uygulandığı gibi turnikeler üzerinde yer almaktadır. Cihazlarda depolanan veriler, merkezi bir sisteme aktarılmakta; aktarım işlemi ise GPRS vasıtası ile ya da fiber-optik kablolarla sağlanmakta, kimi zaman da el ile sistem arasında bağlantı kurularak yapılmaktadır.

Otomatik ücretlendirme sistemlerinde, her kullanıcıda bulunan kartlar diğer kartlardan farklı olacak şekilde numaralandırılmıştır (Unique ID – Identity Number). Böylece, kullanıcılar yolculuk süresince yapacakları aktarmalarda daha uygun ücretlendirme uygulamalarından yararlanabilmektedir. Ayrıca, bu kart numaraları sayesinde kullanıcıların hangi zaman diliminde, hangi ulaşım türlerini kullanarak, nereden – nereye yolculuk yaptığını tespit etmek mümkün olmaktadır. Böylece kent genelinde, otomatik ücretlendirme sistemine sahip farklı toplu taşıma türlerine olan talepleri ve toplu ulaşım talep yönleri, günün her saati için belirlenebilmektedir (Cevallos, 2010).

Toplu taşıma kullanıcılarına ait yukarıda bahsi geçen yolculuk bilgileri, planlama çalışmaları yapmak üzere gereken temel girdi verilerini teşkil etmektedir. Otomatik ücretlendirme sistemlerine geçilmeden önce, bu tür veriler yalnızca anket çalışmaları yapmak suretiyle elde edilmekteydi. Anket çalışmaları, oldukça zahmetli, pahalı ve uzun sürelerde tamamlanan çalışmalar olması gibi birçok dezavantajına rağmen alternatifi olmamasından dolayı birçok ülkede tercih edilmektedir. Ayrıca anket çalışmaları, arazi ve ofis çalışmaları şeklinde iki aşamalı olarak düşünüldüğünde, arazi çalışmaları esnasında yanlış veya hatalı beyanlardan dolayı çalışma sonuçları değişebileceği gibi, elde edilen sonuçların ofis ortamında bilgisayara aktarılması sırasında da çeşitli veri giriş hataları yapılacağından, küçük oranlarda da olsa sonuçlar değişecektir. Anket çalışmasında örneklem oranlarının düşük olması (%1-3), beyanlardaki hatalar, vs. nedenlerle, büyütme yapıldığında elde edilen sonuçlar hatalı olabilmekte ve detaylı olarak kalibrasyon çalışmaları yapılması gerekmektedir. Otomatik ücretlendirme sistemi kullanılarak söz konusu verilere, daha kısa sürelerde, daha düşük maliyetlerle, daha gerçekçi ve düşük hata oranları ile ulaşmak mümkün olabilecektir (Wong, Yu, 2010).

İstanbul toplu taşıma sistemi için otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak, B-S matrisi tahmini için bir yöntem geliştirilmesi hedeflenen bu çalışmada başlıcaaltı bölüm bulunmaktadır. Giriş bölümünü müteakiben ikinci bölümde, çalışmada işlenen konu ile benzer çalışmaların incelendiği ve temel farklılıkların ortaya konulduğu literatür taraması bölümü yer almaktadır. Literatür taraması, otomatik ücretlendirme sistemlerinin incelenmesi ve B-S matrisi tahmin yöntemlerinin incelnmesi şeklinde iki ana başlıktan oluşmaktadır.

Üçüncü bölümde, toplu taşıma sistemi ağ yapısı, mevcut tarife sistemi ve mevcut toplu taşıma türleri başlıkları altında İstanbul toplu taşıma sistemi ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, B-S matrisi tahmini için önerilen yöntem tariflenerek; çalışma kapsamında hazırlanan yazılıma ilişkin kodlar detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölüm, verilerin hazırlanması ve B-S matrisi oluşturma adımları olmak üzere iki ana başlık halinde hazırlanmıştır. Bu kapsamda, yolculuk ve aktarma gibi kavramlara ilişkin tarifler verilerek, incelenen yolculuklara ait varış noktalarının tespiti için kullanılan zincirleme yolculuk metodu ve yapılan kabullerle ilgili bilgi verilmektedir. İncelenen diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada değinilen araç konumlarının tahmini ve yolculukların ağırlıklandırılması kısımları da dördüncü bölümde yer almaktadır. Bu bölümde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen B-S matrisi, beşinci bölümde İstanbul ulaşım ağına atanmaktadır.

Beşinci bölümde, toplu taşıma algoritmalarından ve atama işleminde kullanılan parametrelerden bahsedilmiştir. Atama sonucu elde edilen kesit hacimleri, İUAP verilerinden elde edilen kesit hacimleri ve 2006 yılı sayım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bölgesel bazda yolculuk üretim değerleri karşılaştırılarak sonuçları ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Altıncı ve son bölümde ise çalışmanın önemi ve çalışma süresince karşılaşılan zorluklardanbahsedilerek, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca mevcut sistem ile ilgili öneriler yapılarak; gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için de tavsiyelere yer verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın kapsamı bakımından Literatür taraması bölümü, iki ana başlık altında incelenmiştir. Bunlardan ilki, dünya genelinde büyükşehirlerde kullanılan gelişmiş otomatik ücretlendirme sistemlerinin incelenmesi; ikincisi ise,B-S matrisi tahmin yöntemlerinin incelenmesidir.

Otomatik ücretlendirme sistemlerinde kullanılan manyetik kartlardan, sistem yapısı ve haberleşme cihazlarına kadar incelemeler yapılmıştır. Bununla birlikte, geleneksel yöntemlerle (anket verileri kullanılmak suretiyle)B-S matrisi oluşturma yöntemleri ve otomatik ücretlendirme sistemleri kullanılarak B-S matrisi elde etme yöntemleri incelenerek; daha önce benzer konularda yapılan çalışmalar konusunda detaylı bilgiler verilmiştir.

Birçok araştırma dokümanında ve makalede, çeşitli açılardan toplu taşıma B-S matrisi elde etme yöntemleri irdelenmektedir. Bu kaynakların bir kısmında geleneksel anket yöntemlerinden bahsedilirken; bir kısmında da otomatik ücretlendirme sistemleri verileri kullanılarak elde edilen B-S matrisleri hakkında bilgiler bulunmaktadır. İncelenen çalışmaların genelinde, toplu ulaşım araçlarında GPS (Global Positioning Systems – Küresel Konumlama Sistemleri) cihazları kullanıldığı görülmüştür. Böylelikle, araç yerleri kolaylıkla tespit edilmekte; daha az iş gücü ve maliyetle, doğruluk oranı daha yüksek sonuçlara ulaşılabilmektedir (Dessouky, 2003). Literatür çalışması kapsamında, 2006 yılı süresince incelenmiş olan İstanbul İli toplu ulaşım sistemlerinde GPS cihazı bulunmamakta; bu yüzden B-S matrisi tahmini öncesinde araç yerlerinin de tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu durum, literatür taraması boyunca incelenen çalışmalarla, yapacağımız bu çalışma arasındaki önemli farklılıklardan birisini teşkil etmektedir. Ayrıca, literatür taraması kapsamında, başlıca Jane E. LAPPIN (2002); Vittorio Marzano, Andrea Papola, Fulvio Simonelli (2009); Balázs KULCSÁR, Tamás BÉCSI, István VARGA (2005); Otto Anker Nielsen, Christian Overgård Hansen (2008) tarafından hazırlanan çalışmalar olmak üzere, özel otomobil yolculukları ile ilgili matris tahmin ve doğrulama yöntemlerine ilişkin birçok makale ve tez çalışması da incelenmiştir.

## 2.1 Otomatik Ücretlendirme Sistemleri

Ücret toplamak, işletmek ve bu çalışmaları güvenli bir sistem dahilinde yapmak toplu taşıma sistemleri işletmecileri için oldukça önemlidir. Ücret toplama sistemlerindeki gelişmeler ve sisteme destek sağlayan teknoloji ve yazılımlardaki ilerlemeler, ücretlendirme ve yolcu kayıt yapılarının hazırlanmasında ciddi gelişmeleri meydana getirmiştir.

Otomatik ücretlendirme sistemleri, aynı zamanda "Otomatik Veri Toplama Sistemleri" olarak da bilinirler. Bu sistemde, manuel işletme sistemleri, elektronik iletişim, veri işleme ve veri depolama teknikleri ile otomatik sistemlere dönüştürülmüştür. Bu teknolojinin kullanılmasıyla, ücretlendirme işlemleri yolcular için daha kolay, işletmeciler için de daha düşük maliyetli olmaktadır.

Otomatik ücretlendirme sistemleri, emek – yoğun çalışma maliyetlerini düşürerek, para akışında oluşabilecek kaçak riskini de minimize ederek; güvenilirliği arttırmakta, aynı zamanda da karmaşık ücretlendirme tabanlı sistemlerin altyapısını meydana getirerek; mesafeye ya da günün değişik saatlerine göre ücretlendirme imkanı sağlamaktadırlar (Akalın ve Delice, 2009).

Otomatik ücretlendirme sistemleri sayesinde, çok türlü ve birçok farklı işletme tarafından yönetilen entegre ulaşım sistemlerinde, kesintisiz muhasebe ve finansal otomasyon uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir. Otomatik ücretlendirme sistemleri, özellikle araç binişlerinin tek noktadan yapıldığı otobüs gibi toplu taşıma sistemlerinde toplam maliyeti (işletmeci ve yolcu maliyeti toplamı), yolculuk süresini, araç içi veya araç dışı bekleme sürelerini azaltan önemli bir uygulamadır. Toplu taşıma faaliyetlerine ilişkin mikro-ekonomik literatürde, toplu taşıma işletmecileri ile kullanıcı maliyetlerinin en aza indirilmesi, yani toplam maliyetin en aza indirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Tirachini ve Hensher, 2011). Bu çalışmalar kapsamında değerlendirilen en önemli parametreler, araç boyutu (Jansson, 1980; Oldfield ve Bly, 1988; Jara-Díaz ve Gschwender, 2003a), hat yoğunluğu (Kocur ve Hendrickson, 1982; Chang ve Schonfeld, 1991), hat üzerindeki yolculuk başlangıç ve bitiş noktaları (Jara-Díaz ve Gschwender, 2003b) olarak belirlenmiştir. Klasik çalışmalarda kullanılan parametrelerin yanı sıra Tirachini ve Hensher tarafından yapılan araştırma, toplu taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesi

konusunda otomatik ücretlendirme sistemlerinin de mevcut parametler kadar etkili olduğunu açıkça göstermektedir.

Otomatik ücretlendirme sistemleri kullanımdaki ana amaç ücret toplamak olsa da, yolcu binişleri ile birlikte oldukça detaylı bir veri de üretilmiş olmaktadır. Bu veri, toplu taşıma sisteminin uzun vadeli stratejik planlaması için, işletmeciler için oldukça faydalı bilgiler içermektedir. Akıllı kart verisi, uzun dönemli planlama, toplu taşıma ağının geliştirilmesi, yolculuk istatistikleri ve performans göstergelerinin belirlenmesi gibi birçok farklı konunun analizi için bilgi sağlamaktadır (Pelletier, 2011).

Otomatik ücretlendirme sistemleri kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Bu sistemlerle ilgili ilk patent 1968 yılında, mikroçip içeren plastik kart konseptini geliştiren Dethloff ve Grotrupp isimli iki Alman mucit tarafından alınmıştır (Shelfer and Procaccino, 2002). 1970 yılında ise Japonlar kendi akıllı kart sistemlerinin patentlerini almışlardır (Attoh-Okine ve Shen, 1995). 1970 yılı sonunda ise Motorola firması ilk güvenli tekçipli mikro denetleyicileri geliştirmişlerdir (Blythe, 2004).

Toplu taşıma işletmecilerinin akıllı kart teknolojileri ile ilgilenmeye başlamasıyla birlikte biletli ödeme sistemi yerini otomatik ücretlendirme sistemine bırakmaya başlamıştır. Bu sistemle birlikte güvenilir bir ücret toplama sistemi geliştirilmiş olmasının yanı sıra, toplu ulaşım sistemi daha modern bir görünüm kazanmakta ve işletmecinin yenilikçi ve daha esnek ücretlendirme politikası uygulayabilmesi için gereken ortam sağlanmış olmaktadır (Dempsey, 2008).

### 2.1.1 Toplu taşıma uygulamaları

Toplu taşımada, en revaçta olan standardizasyon kurumları ITSO (Integrated Transport Smartcard Organization, 2009) ve Calypso'dur (Smartcard Alliance, 2009). ITSO, özellikle Londra'da, otobüs işletmecileri, tren işletmecileri, bölgesel ve yerel otoriteler tarafından desteklenen, kar amacı gütmeyen bir teşkilattır.

Otomatik ücretlendirme sistemleri dünya çapında yaygın olarak kullanılanbir uygulamadır. Konsept olarak Avrupa'da, özellikle Fransa, İngiltere ve İtalya'da geliştirilmiştir. Amerika'da New York, Washington, Chicago ve San Francisco başta olmak üzere birçok büyük metropolde otomatik ücretlendirme sistemi uygulamaları bulunmaktadır. Ayrıca, Asya,Avrupa ve Güney Amerika'da akıllı kart kullanımı giderek artmaktadır (Munizaga vd., 2010).

Günümüze kadar, otomatik ücretlendirme sistemleri, birçok platformda tartışma konusu olmuştur. Bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir, Montreal'de uygulanan sistem maliyeti 100 milyon $ CDN civarındadır. Ancak günümüzde bu teknoloji geliştirilmiş ve geçerliliği de kanıtlanmıştır. Uzun dönemli yatırım maliyetlerinin azaltılmış ve ücretlendirme seçeneklerinde esneklik sağlanmış olması ile birlikte, potansiyel bilgi paylaşımı ve iyi bir finans yönetimi sağlamış olması bu uygulamanın olumlu yanları olarak; sistem uygulama maliyetinin yüksek oluşu, karmaşık bir teknolojiye sahip olması ve sosyal kabulün yavaş bir şekilde gerçekleşmesi gibi durumlar ise bu sistemin başlıca olumsuz yanları olarak sıralanabilir. Aşağıda bu sistemin avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir:

**Avantajlar:**

- Veri toplama aşamasında kullanıcının rolü anket sürecine göre en aza indirilmiştir.
- Yolculuk verilerinin kişisel bilgilerle birleştirilmesi ile veri kalitesi ve erişilebilir istatistiki bilgilerin sayısı artmıştır.
- Toplu taşımada değişik ücretlendirme seçeneklerinin uygulanması geliştirilmiştir (Deakin ve Kim, 2001).
- Uygulama maliyeti düşürülmüştür (McDonald, 2000).
- Servis hizmetleri geliştirilmiştir.
- Esnek ücretlendirme politikaları geliştirilebilmektedir.
- Finans yönetimi geliştirilmiştir.
- Kullanıcının toplu taşımadaki yenilikleri ve gelişmeleri daha rahat anlayabilmesine yardımcı olmaktadır (Ibrahim, 2003).
- Ödeme mekanizması ve bilgi akışı geliştirilmiştir (Blythe, 2004).
- Kullanıcıların araçlara biniş süreleri azaltılmıştır (Chira – Chavala ve Coifman, 1996).
- Otobüs şoförlerinin iş yükü azaltılmıştır.

**Dezavantajlar:**

- Yoluculuğun hangi amaçla yapıldığına dair herhangi bir bilgi içermemektedir.

- Kullanıcının nihai yolculuk varış noktası bilinmemektedir.
- Ar-Ge Maliyetleri yüksektir.
- Sistem geliştirme maliyetleri yüksektir.
- Akıllı kart teknolojisine yatırım yapmak yüksek risk içermektedir.
- Sistemin sosyal kabulü yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir.
- Analiz ve kabulleri doğru bir biçimde gerçekleştirebilmek için servis sağlayıcı kurumalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Otomatik ücretlendirme sistemlerinin uygulanabilmesi için çoğu zaman dış kaynak gereksinimi duyulmaktadır (Iseki, 2007). Bunun yanı sıra, otomatik ücretlendirme sistemlerinin kurulumu, yönetilmesi ve işletilmesi için değişik yöntemler kullanılabilir (Transportation Cooperative Research Program, 2006). Bu yöntemler, Hong Kong'da özel bir kuruluş tarafından; Londra'da kamusal tek bir kuruluş tarafından; Singapur'da konsorsiyum şeklinde veya İskandinavya'da olduğu gibi PPP modeli şeklinde uygulanabilir.

### 2.1.2 Otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin kullanımı

Toplu taşımadaki veri kullanımını, Stratejik, Taktiksel ve Operasyonel olmak üzere 3 amaç için gruplayabiliriz.

#### 2.1.2.1 Stratejik düzeydeki çalışmalar

Birçok araştırmacıya göre akıllı kart sistemleri, kullanıcı hareketlerini izleyebilmek için gerekli bir uygulamadır. Çizelge 2.1'de birçok araştırmacının stratejik düzeydeki çalışmalarla ilgili analizleri ve elde ettikler sonuçlar verilmiştir. İncelenen çalışmalar içerisinde, Utsunomiya'ya ait çalışmada kart bilgilerinin ev adresi gibi kişisel bilgi içerdiği görülmüştür. Utsunomiya (2006), diğer araştırmacılardan farklı olarak, yolculuk analizleri yaparken güzergah ve istasyon bilgilerini tam manasıyla elde edebilmiştir.

Akıllı kart verileri ile yapılan stratejik planlama uygulamaları, şu anada endüstride kullanılan metotlara karşı geliştirilmiş bir uygulamadır (Bagchi ve White, 2005). Bu şekilde yapılan çalışmalar, önceki çalışmalara göre daha fazla gözlem seçeneği sağlamaktadır (Agard, 2006). Akıllı kart verileri ile tarih, zaman, ve kart numarası gibi bilgilere ulaşmak mümkündür. Bunun yanı sıra, bazı sistemlerde biniş ve iniş

konumlarına erişmek dahi mümkündür. Yani, bütün istatistiklere ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu sistemlerde genellikle, kart sahibine ilişkin kişisel bilgiler bulunmadığından, bu veriler sosyo-demografik verilerden yoksundur. Bu tür bilgilere, geleneksel hane halkı anketleri ile ulaşılabilmektedir (Trépanier ve Morency, 2010).

**Çizelge 2.1 :**Stratejik toplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar(Pelletier, 2011).

| YAZAR | KULLANILAN VERİ | ANALİZ | FAYDALAR |
|---|---|---|---|
| **Agard et al. (2006)** | Biniş zamanı, tarihi ve yeri | Tipik kullanıcı, yolculuk alışkanlıkları ölçülebilir. Gün, Hafta ya da mevsimlere göre yolculuklardaki değişiklik | Kullanıcı davranışları öğrenilebilir. |
| **Bagchi ve White (2005)** | Zaman, konum ve yolculuk yapısı. Kişisel ve yolculuk verisi. | Yatırım analizi | Zamana göre yolcu davranışındaki tutarlılık incelenebilir. Pazar hedefi oluşturulabilir. |
| **Blythe (2004) Chu ve Chapleau (2008)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri, Tahmini varış noktaları. | Talep Yönetimi. Sefer süresi tahmini. | Toplu taşıma daha çekici hale getirilebilir. Sistem geometrisinde ve sefer saatlerinde düzenleme yapılabilir. Yolculuk anketlerinden daha geniş bilgi sağlanabilir. |
| **Utsunomiya et al (2006)** | Kişisel bilgi, adres bilgisi,biniş noktası ve sıklığı, yolculuk bilgisi | Sistem değişikliklerini bildirmek üzere e-mail sistemi geliştirilebilir. ücret politikası analizi, pazar analizi, Hat yada istasyon kullanımına göre demografik profil analizi. | Kullanıcılar alternatif güzergahlar konusunda bilgilendirilirler. Talep tahmini yapılabilir. Kullanıcı ihtiyacına göre ücretler düzenlenebilir. |
| **Park ve Kim, (2008)** | Geçmişe yönelik veri | Gelecekteki yolculuk eğilimi tahmini, gelecek talep matrisi oluşturulabilir. | Uzun dönemli düzenlemeler yapılabilir. |
| **Trépanier et al (2004)** | Biniş tarihi zamanı ve yeri | Nesneye dayalı ulaşım modeli. Toplu taşıma hatları planlaması | Uzatılacak hatlar belirlenebilir. |
| **Trépanier et al (2009 a,b)** | Biniş tarihi zamanı ve yeri; tahmini varış noktası. | Akıllı kart verileri ile hane halkı anket verilerinin karşılaştırılması | Her iki veri kümesi için de güvenilirlik arttırılır. Anket verileri akıllı kart verileri ile tamamlanır. |
| **Trépanier ve Morency (2010)** | Kartlı binişler, başlama ve bitiş tarihleri | Kullanım ömrünün hesaplanması | Periyodik yolculukların belirlenmesi. |

#### 2.1.2.2 Taktiksel düzeydeki çalışmalar

Taktiksel düzeydeki çalışmalar,Çizelge 2.2'de görüldüğü gibi daha çok toplu taşıma hizmetlerinin düzenlenmesini kapsamaktadır. Toplu taşıma işletmecileri genelde, hafta içi günlerin tamamında benzer sefer programlarını uygularken, bu günler arasındaki binişlerde büyük farklılıklar görülebilmektedir. Bu yüzden, her gün için farklı sefer programları hazırlanabilir (Utsunomiya, 2006). Sıklıkla karşılaşılan bu problem, akıllı kart sisteminden elde edilen veriler sayesinde her hat için ayrıca ele alınabilir (Trépanier, 2007).

Birçok ücretlendirme sisteminde yolculuklar için iniş noktaları belirlenememektedir. Bu yüzden, 2007 yılında Trépanier tarafından hazırlanan algoritma kullanılarak ya da benzeri bir algoritma hazırlanarak iniş noktaları tahmin edilebilir. Böyle bir yöntemle, geçmişe dönük akıllı kart veritabanı kullanılarak, yolculuk başlangıcı ve bitiş noktaları yaklaşık olarak elde edilebilir. Elde edilen sonuç verisi ile de herhangi bir hatta ait yükleme noktaları belirlenebilmektedir. Munizaga (2010), yönleri bilinmeyen metro yolculukları için benzer bir yöntem geliştirmiştir.

Taktiksel düzey çalışmaları kapsamında incelenen diğer bir konu ise aktarma yolculuklarıdır (Hoffman, 2009). Aktarmalara ilişkin elde edilecek doğru bilgi sayesinde planlamacılar, hat geometrisini, sefer aralıklarını ve aktarma yapılan bölgeleri yeniden düzenleyebilirler. Günlük akıllı kart verileri ile de yapılan düzenlemelerin etkileri kolaylıkla ölçülebilmektedir (White, 2010).

**Çizelge 2.2 :**Taktikseltoplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar (Pelletier, 2011).

| YAZAR | KULLANILAN VERİ | ANALİZ | FAYDALAR |
|---|---|---|---|
| **Bagchi and White (2004)** | Yolculuk tarihi ve kişisel bilgiler | Kullanılan otobüs ve aktarma noktalarının belirlenmesiyle yolculukların yeniden yapılandırılması | Toplu taşıma hizmetlerinin düzenlenmesi, veri kalitesinin arttırılması, istatistiki bilgiler oluşturulması. |
| **Blythe (2004)** | Yolcu profili, davranışları ve yolculuk tercihleri | Periyoduk yolculuklar | Kullanıcı ihtiyaçlarını anlamak. |
| **Bagchi and White (2005)** | Başlangıç ve Son | Yolculukları oluşturmak ve incelemek | Toplu taşıma hizmetlerinin düzenlenmesi. |
| **Chapleau and Chu (2007)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri, tahmini iniş noktası, kart tipi | Belirli bir hat için farklı yolcu binişlerinin ve aktarma yolculuklarının analizi. | En fazla biniş yapılan noktaların ve dönüşlü yolculukların tespiti. Otobüs ve metro arasındaki koordinasyonun sağlanması |
| **Hoffman (2009)** | Manyetik kart verisi ve başlangıç noktaları | Aktarma yolculukları hakkında daha fazla bilgi elde etmek için tekrarlı sınıflandırma algoritması | Aktarma yolculuklarını izlemenin eni iyi yolu, akıllı kart verisine uygulanabilir. |
| **Munizaga (2010)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri | Potansiyel varış noktalarının tahmini için algoritma, metro istasyonları için özel algoritma | Detaylı başlangıç – son matrisi oluşturulması. |
| **Utsunomiya (2006)** | Akıllı kart kullanım kayıtları | Yolculuk frekans ve tutarlılığını belirlemek | Toplu taşıma hizmetlerinin düzenlenmesi. |
| **Morency (2006, 2007)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri, tahmini iniş noktası, kart tipi | Hat boyunca analiz, konumsal-zamansal değişkenlik. Durak kullanım frekansı, zamansal değişkenlik | Binişlere göre akıllı kartların sınıflandırılması, kullanıcı davranışlarının belirlenmesi |
| **Seaborn (2009)** | Oyster akıllı kart verisi | Yolculukların belirlenmesi yöntemi | Transferi en aza indirmek için doğrudan bağlantılar ve yeni hatlar |
| **Trépanier (2007)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri, kart tipi | Akıllı kart yolculuklarını inceleyerek en fazla olasılık içeren iniş noktasının tahmini için algoritma | Her sefer için hat yükleme profilinin oluşturulması. |

#### 2.1.2.3 İşletme düzeyindeki çalışmalar

Akıllı kart verileri işletme düzeyindeki çalışmalar kapsamında, her gün, hat ve sefer için işletme programına bağlılık, araç-kilometre ve yolcu-kilometre gibi toplu taşıma sistemine ilişkin performans göstergelerini hesaplamak için kullanılmaktadır (Trépanier, 2009a,b). İşletme programına ne ölçüde riayet edildiği, hat programı ile her durak için araç kalkış zamanlarının karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Bu aşamada, hat boyunca her durakta ilk kullanılan akıllı kart bilgisine ait zaman, otobüsün o durağa varış zamanını vermektedir. Dolayısyla, farklı hat ve araçlar için akıllı kart kullanım zamanlarına ilişkin bilgiler, duraklar için ortalama kalkış zamanlarını vermektedir. Bu veriler aynı zamanda otomatik araç konumunu veren sistemlere ait veriler gibi araç konumlarını izlemeyi de sağlayabilmektedir (Hickman, 2002). Ayrıca bu veriler, ücret tipine ilişkin istatistikleri de içermektedirler. Çizelge 2.3'de işletme düzeyindeki çalışmalarla ilgili örnekler verilmektedir.

**Çizelge 2.3 :**İşletme düzeyindeki toplu ulaşım planlaması konusunda hazırlanan çalışmalar(Pelletier, 2011).

| YAZAR | KULLANILAN VERİ | ANALİZ | FAYDALAR |
|---|---|---|---|
| **Attoh-Okine and Shen (1995)** | Kişisel bilgi ve ücretler | Ödeme | Algılama maliyetlerinin düşürülmesi |
| **Chapleau and Chu (2007)** | Biniş tarihi, zamanı ve yeri | Tespit etmek, sayısallaştırmak, hata analizi ve verideki tutarsızlığı araştırmak | Önerilen sistemin geliştirilmesi ve doğrulanmış veri elde edilmesi |
| **Deakin and Kim (2001)** | Kullanım kayıtları ve kişisel veriler | Gün içersinde farklı zamanlara güre ücretlendirme yapısının uygulanması | Ücret algılamasında esneklik sağlanması |
| **Deakin and Kim (2001)** | Yolculuk Bilgi Servisi verileri | Planlanan ve gerçekleşen durumların karşılaştırılması | Kullanıcılara, yolculuktan önce seçim yapabilmeleri için alternatif yol bilgisi sağlayabilir |
| **Morency (2007), Trépanier (2009a,b)** | Biniş tarihi, zamanı ve konumu. Tahmini iniş noktaları ve kart tipi | Otobüsleri izleyerek toplu taşıma kullanıcı davranışlarının analizi | Performans göstergeleri ve İşletme programına ne ölçüde uyulduğunun tespiti |
| **Park and Kim (2008)** | Kişisel veri ve otobüs hareket verisi | Kullanıcı karakteristiğinin tanımlanması (aktarma noktası, biniş zamanı, kullanıcı tipi vs.) | Kullanıcı alışkanlıklarının daha iyi anlaşılması |
| **Reddy (2009)** | Sadece biniş içeren otomatik ücretlendirme sistemi verisi | İşletmeyle ilgili birkaç istatistiki çalışma | Performans göstergelerini hesaplamak için ihtiyaç duyulan maliyeti düşürür |
| **Trépanier and Vassiviére (2008)** | Biniş tarihi, zamanı ve konumu. Tahmini iniş noktaları ve kart tipi | Araç kareketleri için işletmeyle ilgili birkaç istatistiki çalışma | Toplu taşıma sistemi en alt seviyede düzenlenir. Veri kaybı varsa veya veriler doğru değilse, yetersiz olan ekipman tespit edilir. |

### 2.1.3 Sistemin ticari açıdan değerlendirmesi

Otomatik ücretlendirme sistemleri, ticari uygulama potansiyeli açısından henüz detaylı olarak incelenmemiştir. Genel olarak incelendiğinde, 2 tip ticari yaklaşımdan söz edilebilir. Birincisi, idare veya toplu taşıma işletmecileri tarafından yayınlanan ücret politikaları ile bağlantılı bir yaklaşım izlenebilir. Bu durumda, akıllı kart kullanımını teşvik etmek için, ücret indirimi veya toplu kart yüklemelerinde indirim uygulanması gibi promasyonlar düşünülebilir (Çizelge 2.4). Akıllı kartlar aynı zamanda en uygun ücretten yararlanma olanağı sağlayabilmektedir. Yolcu biniş ve iniş noktaları elektronik olarak tespit edilebiliyorsa, mesafeye göre ücretin hesaplanması oldukça kolay olmaktadır. Böylece Hollanda ve Seoul'de uygulanan "önce yolculuk, sonra ödeme" uygulaması gibi, kullanıcılara özel tarifeler hazırlanabilir (Cheung, 2006).

**Çizelge 2.4 :**Toplu taşıma ücret politikalarına göre pazarlama deneyimleri (Pelletier, 2011).

| YER | DENEYİM | ETKİLER |
|---|---|---|
| **New York (Lueck, 1998; Newman, 1998** | Metro ve Otobüs arasında ücretsiz aktarma, 15$'dan fazla yükleme yapıldığında %10 indirim uygulanmakta. | 1 yıl içerisinde Otobüs binişleri %30, Metro binişleri ise %17 oranında artış gösterdi. |
| **Washington (Layton, 2000)** | 15$'dan fazla yükleme yapıldığında %10 indirim uygulanmakta, düşük ücret programı, negatif bakiye uygulaması | Kullanıcıların %23'ü abone sistemine geçti. |
| **London (Smart Card Allience, 2009)** | Oyster kart ile e-cüzdan uygulaması. Bakiye koruma programı. | 2.1 milyon kart çıkarılmış |
| **Hong Kong (Meadowcroft, 2005)** | %10 indirim uygulaması. Teşvik edici uygulamalar: bakiye korumai negatif bakiye ve otomatik yükleme | Mevcut değil |
| **The Netherlands (Cheung, 2006)** | "Önce yolculuk, sonra ödeme" programı. En iyi fiyat uygulaması. | Etkileri henüz hesaplanamamış |
| **Seoul (Smart Card Alliance, 2009)** | Ulaşım türü, mesafe ve kullanıcı tipine göre (yetişkin, çocuk, öğrenci) değişken ücretlendirme sistemi Ücretsiz aktarma. | Akıllı kart kullanım oranı, Otobüsler için %90'ın üzerinde, Metro için ise %75 oranına gelmiştir. |

İkinci yaklaşım ise, akıllı kart kullanıcılarına özel bir tarife uygulamak yerine başka ticari faydalar sağlanabilir. Örneğin, İngiltere'de akıllı kart kullanıcıları, eczanelerde %10 daha az ödemektedirler (Davis, 1999). Kullanıcılar akıllı kartları ile otopark ve telefon ücreti ödemenin yanı sıra alışveriş dahi yapabilmektedirler (Çizelge 2.5)

**Çizelge 2.5 :**Toplu taşıma ücret dışı politikalara göre pazarlama deneyimleri (Pelletier, 2011).

| YER | DENEYİM | ETKİLER |
|---|---|---|
| **Brussels (Belgium), Lisbon (Portugal), Konstanz (Germany), Paris (France), Venice (Italy) (CNA, 2009)** | Calypso akıllı kart çoklu kullanım | Maliyet azaltılması, esnek ücretlendirme uygulamaları ve kar artışı. |
| **United Kingdom (Davis, 1999)** | Eczanelerde bağlılık programı, alışverişlerde %4 bonus kazanma. | Akıllı kart sahipleri diğer müşterilere göre %10 daha fazla harcama yapmışlar. |
| **Hog Kong (Meadowcroft, 2005)** | Akıllı kartlar ile yiyecek içecek otomatlarından alışveriş yapılabilmektedir. Otopark ve telefon ücretleri ödenmetedir. | Kart kullanımı Metroda %86, otobüslerde ise %60-70 oranlarına gelmiştir. |
| **The Netherlands (Cheung, 2006)** | Akıllı kart kişiselleştirilmemiş, böylece birden fazla kişi tarafından kullanılabilir. | Kullanım frekansı %18'den %28'e yükselmiştir. |
| **Singapore (SCA, 2009)** | Akıllı kartlar, toplu taşıma sistemi dışında, resoranlar ve kütüphaneler gibi diğer katılımcı kuruluşlarda da geçerlidir. | İlgi uyandırmaktadır. Sistemler arasında geçişlerde kullanıcılara zaman kazandırmaktadır. |

### 2.1.4 Sistemle ilgili değerlendirme

Literatür taraması kapsamında yapılan incelemeler ışığında, araştırmacıların ve toplu taşıma işletmecilerinin, otomatik ücretlendirme sistemleri uygulamalarında karşılaşabilecekleri zorlukları şöyle sıralayabiliriz:

**Teknolojik gelişmeler**

Otomatik ücretlendirme cihazları teknolojik gelişmelerin paralelinde ilerki yıllarda daha da gelişecektir. Böylelikle daha sağlıklı ve güvenilir veriye ulaşmak mümkün olacaktır. Mikroçip, kart ve kart okuyucuların fiyatlarının da düşmesi beklenmektedir. Maliyetlerin düşmesiyle birlikte, bu sistemler işletmeciler arasında daha fazla kabul görmeye başlayacaklardır.

**Veri doğrulama**

Akıllı kart sistemleri karmaşık ve çok büyük sayılarda veri üretmektedirler. Basi veritabanı doğrulama mantığına ilaveten, üretilen verinin doğrulanması, sadeleştirilmesi ve geliştirilmesi için daha fazla kurala ihtiyaç duyulacaktır.

**Ekonomik uygunluk**

Diğer bilgi sistemlerinde olduğu gibi, otomatik ücretlendirme sistemlerinin faydalarını ve bu sistemlerden elde edilen kazançları tahmin etmek oldukça güçtür. Ücret yönetimi, personelin yeniden yapılandırılması, sistemdeki kaçakların azaltılması ve diğer potansiyel kazanımları daha iyi değerlendirebilmek için otomatik ücretlendirme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

**Yolculuk doğrulaması**

Her biniş için kullanılan akıllı kartlar, biniş konumu ile ilgili detaylı bilgi içeriyor olmalarına rağmen yolculuk detaylarıyla ilgili bilgi içermemektedirler. Yolculuklara ilişkin varış noktaları ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmadığında, çeşitli algoritmalar vasıtasıyla iniş noktaları tahmin edilebilmektedir.

**Yeni model yaklaşımları**

Her bağımsız yolculuğa ait mevcut veri için "Totally Disaggregate Approach" gibi yeni bir yönteme ihtiyaç duyulacaktır. Çünkü klasik modellerdeki çözünürlük böyle ayrıntılı bir düzeyde olmayacaktır. Bu manada yapılacak ilk iş, anaonim (gizliliği sağlanmış) veritabanı ile uygun sosyo – demografik bilgilerin ilişkilendirilmesidir. Böylece bu büyük veri kümesi içersinden baz modelleri kalibre etmek mümkün olacaktır.

**Analizin yeni yöntemi**

Sürekli olarak erişilebilir durumda olan seyahat davranışı veritabanı, yeni analiz metodunun kaynağını oluşturmaktadır.

Önümüzdeki yıllarda toplu taşıma ücretlendirme konusunda en yaygın yöntem olarak otomatik ücretlendirme sistemleri kullanılacaktır. Milyonlarca akıllı kart, gelecek vaat edenpotansiyeliyle, stratejik, taktiksel ve operasyonel amaçlar için günlük veri kaynağı yaratmış olacaktır. Sistem bütününde gizlilik sorunu aşılır ve yeterli güvenlik önlemleri alınırsa, plancılar ve araştırmacılar, toplu taşıma kullanıcı davranışını daha iyi anlamak, toplu taşıma sistemini geliştirmek ve sürdürülebilir ulaşımdaki rolünü arttırmak üzere sürekli bir veri kaynağına sahip olacaklardır.

### 2.1.5 Otomatik ücret ödeme araçları

Otomatik ücretlendirme araçları, okunabilir ve yazılabilir formatta veri depolama işlevine sahip manyetik şeritli kartlar, akıllı kartlar, bu kartları temin ve dolum yapmak için kullanılan araçlar, merkezi işletim/veri depolama sistemi ve merkezi sistemle iletişimi sağlayan kart okuyucu araçlardan (validatör) oluşmaktadır.

- Manyetik Bantlı Kartlar (Magnetic Stripe Cards)
- Akıllı Kartlar (Smart Cards)
- Temas İle İletişim Sağlayan Akıllı Kartlar–(Contact-Type Integrated Circuit Smart Cards)
- Temas Gerektirmeyen -Uzaktan Algılanan- Kartlar (Proximity Cards)

#### 2.1.5.1 Manyetik bantlı kartlar

Otomatik ücretlendirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Boyut olarak kredi kartı standartlarında olan bu tip kartların bir yüzünde, araçlarda ya da istasyonlarda bulunan cihazların (validatör) dijital veriyi okuyabileceği şekilde hazırlanan manyetik bantlar bulunmaktadır. Düşük maliyetli, kullanımı kolay ve yüksek kullanıcı memnuniyetiyle başarısı kanıtlanmış bu kartlar, dünya genelinde bir çok toplu taşıma işletmecisi tarafından kullanılmaktadır (Şekil 2.1).

Manyetik bantlar, kağıt, ince ya da kalın plastik malzemeden üretilen kartların üzerine basılmak suretiyle üretilir. Bu tip kartlar genelde sadece okunabilir (read-only) türde kartlar olarak kullanılırlar.Manyetik bantlı kartlar aynı zamanda, okunup-yazılabilen kartlar olarak da kullanılma özelliğine sahiptirler. Bu özellik sayesinde, farklı türler arası yolculuklarda ya da mesafeye göre ücretlendirme uygulanan sistemlerde, yapılan yolculuk karşılığında ödeme yapılarak kalan miktar kart içersinde tutulmaktadır. bu sistemlerde ücretlendirme ve “biniş yeri” verisinin yanı sıra “iniş yeri” verisi de karta işlenmiş durumdadır.

**Şekil 2.1:** Farklı kentlere ait otomatik ücretlendirme araçları.

### 2.1.5.2 Akıllı kartlar

Entegre devre (integrated circuit - IC) kartları olarak da adlandırılan bu tip kartlar, manyetik kartlara benzer şekildedir. Ancak, veri iletişimi için şerit bilgi bantları yerine kart içerisine yerleştirilmiş mikro bilgisayar çipleri kullanılmaktadır. Akıllı kart kullanılan sistemlerde de okuyucu bir cihaza ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat, kart ile okuyucu arasındaki iletişim şekli farklılık göstermektedir.

### 2.1.5.3 Temas ile iletişim sağlayan akıllı kartlar

Bu tip entegre devre kartları, elektronik olarak programlanabilen-silinebilen (EEPROM) ve sadece okunabilen hafızalara (ROM) ek olarak mikro işlemci de içermektedirler. EEPROM, karta yüklenen para bilgisini tutmakta; ROM ise veri şifreleme özelliği ile güvenlik ve veri şifreleme özelliği sağlamak üzere kart numarası ile birlikte, mikro işlemcinin işletim programını da tutmaktadır.

### 2.1.5.4 Temas gerektirmeyen kartlar

Temas gerektirmeyen kartlar, daha çok kimlik belirleme amaçlı olarak kullanılırlar. Bu tip kartlar basit olarak, kart sahibinin okuyucu ünite çevresinde olduğunu, giriş ya da çıkış yaptığını belirlemeye yaramaktadır. Anahtarsız giriş sistemlerinde ve personel bilgilerini tespit etme amaçlı kullanılırlar.

Toplu taşıma uygulamalarında ise, işletme kabiliyetini arttırmak üzere, zaman ya da mesafe bazlı ücretlendirme sağlamak üzere ve farklı ulaşım türleri ya da farklı işletmecilere sahip sistemler arası transfer kabiliyeti sağlamak üzere kullanılmaktadırlar.

Diğer otomatik ücret ödeme araçlarını ise şöyle sıralayabiliriz:

- Para Depolayabilen Yolculuk Kartları – Value Fare Cards
- Yolcu Hesabına Bağlı Ödeme Sistemleri – Fare Systems Based on Passenger Accounts
- Çoklu Kullanım Özelliği Bulunan Elektronik Jetonlar – Multi-Use Electronic Coins

### 2.1.6 Literatür calışması kapsamında incelenen şehirler

Çalışma kapsamında dünya genelinde, otomatik ücretlendirme sistemi kullanan birçok kente ait toplu taşıma sistemi incelenmiştir. İncelenen kentler başlıca, Washington, DC (USA), Londra (İngiltere), Ankara (Türkiye), Adana (Türkiye), Sttutgart (Almanya), Karlsruhe (Almanya) ve Brussels (Belçika) olarak sıralanabilir. Farklı ücretlendirme sistemleri kullanan bu kentlerde yapılmak istenen temel olarak, kullanımı kolay, pratik ve güvenlik seviyesi yüksek bir sistemle hizmet vermektir. Amaçlar ortak olduğu için sistemler arasındaki benzerlikler normal karşılanabilmektedir. Örneğin, Ankara ve Brussels ile New York ve Londra kentlerinin kullandığı sistemler arasındaki benzerlikler hemen fark edilmektedir. İncelenen sistemler arasında en gelişmiş olanları New York ve Londra kentlerine ait otomatik ödeme sistemleridir. Kentte yaşayan kullanıcılarla birlikte, kent dışından gelen kullanıcılar bile kolayca sisteme adapte olabilmektedir. Çalışma kapsamında, bu iki kente ait otomatik ücretlendirme sistemleri hakkında detaylı bilgi verilecektir.

#### 2.1.6.1 New York City (Amerika)

New York City, en gelişmiş toplu taşıma ve ücretlendirme sistemlerine sahip olan şehirlerden birisidir.Kent içi toplu ulaşım sistemlerinin işletmesi Metropolitan Transportation Authority'ye (MTA) bağlı olan MTA New York City Transit (NYCT) tarafından yapılmaktadır. NYCT, kent genelinde farklı ulaşım sistemleri işletmesi yapan birimlerden oluşmaktadır. Bu birimleri şöyle sıralayabiliriz:

- MTA Staten Island Railway
- MTA Long Island Rail Road
- MTA Long Island Bus
- MTA Metro-North Railroad

- MTA Bridges and Tunnels
- MTA Capital Construction

New York City Transit, 24 saat boyunca hizmet veren, dünyadaki en geniş metro ve otobüs araç filosuna sahip toplu taşıma işletmesidir. Kullanılan araçlarda, konfor ve güvenlik ön plana çıkmaktadır. Tüm araçlarda gelişmiş klima sistemleri bulunmaktadır. 2008 yılı itibariyle New York City Transit sistemleri kullanılarak günlük yaklaşık 7 milyon, senelik 2 milyarın üzerinde yolculuk yapılmaktadır. Ayrıca, 20 ana departmanda yaklaşık 47.000 çalışanı istihdam etmektedir.

MTA, otomatik ücretlendirme sistemlerini ve farklı toplu ulaşım modları arasındaki entegrasyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir.Kentiçi otobüs sistemleri ve raylı sistemlerde ücretlendirme aracı olarak MetroCard kullanılmaktadır. MetroCard ile yapılan yolculuklarda sistemler arası aktarma süresi 2 saat olarak belirlenmiştir. 2 saat içerisinde yapılan ikinci binişlerden ücret alınmamaktadır.

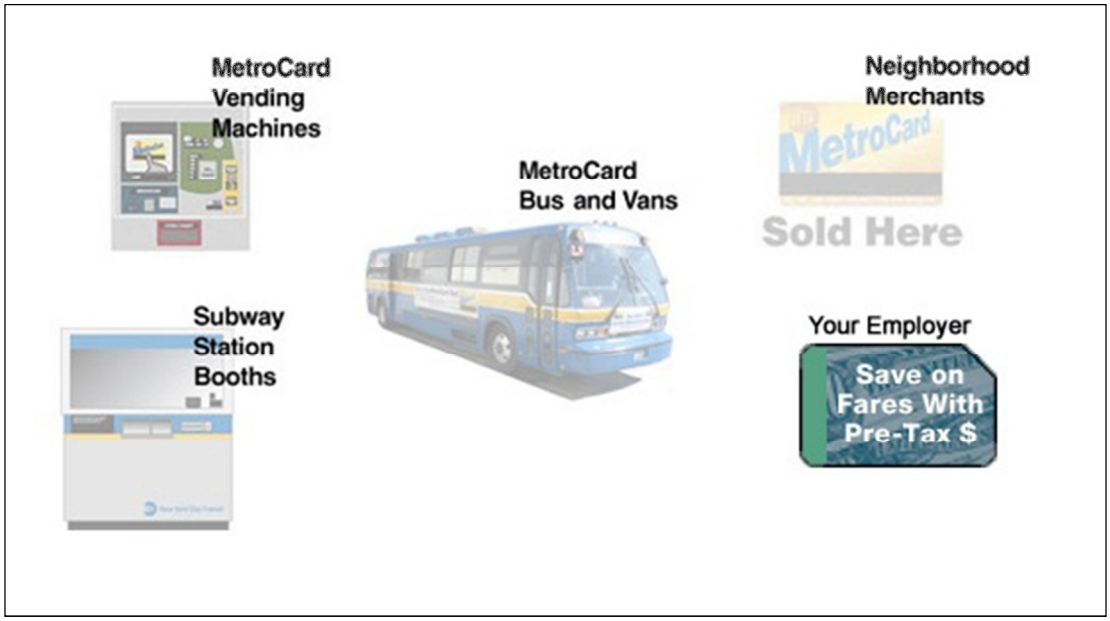
Çalışma kapsamında incelenen ücretlendirme sistemleri arasında en gelişmiş sistemlerden birisi MetroCard sistemidir. MetroCard sistemi detaylı olarak incelendiğinde diğer sistemlere olan üstünlüğü açıkça görülmektedir.Sistemde, Kontörlü (Regular) MetroCard ve Sınırsız (Unlimited) MetroCard olmak üzere iki tür akıllı kart kullanılmaktadır. Sınırsız MetroCard, 1 günlük, 7 günlük, 14 günlük ve 30 günlük sınırsız; 7 günlük ekspres otobüs ve 10 binişlik JFK-AirTrain kartları olmak üzere altı kullanım alternatifi sunmaktadır.Ayrıca söz konusu kartlar indirimli ve abonman olmak üzere de sınıflandırılarak bazı sistemler için sınırlandırmalar getirilmiştir. Kontörlü ve Sınırsız MetroCard kullanım yerleri Çizelge 2.6'da belirtilmiştir.

**Çizelge 2.6:**Türlere göre MetroCard kullanılan sistemler (Url-1).

| | Kontörlü | Sınırsız |
|---|---|---|
| MTA Long Island Bus | X | X |
| MTA Staten Island Railway | X | X |
| MTA Bus Company | X | X |
| All PATH* stations | X | |
| JFK-AirTrain | X | |
| Westchester Bee Line Buses | X | X |
| Roosevelt Island Tram | X | X |

X: Kullanılan sistemleri göstermektedir.
* Port Authority Trans-Hudson

MetroCard satın almak ve dolum yapmak için oldukça geniş alternatifler bulunmaktadır. Şekil 2.2'de görüleceği üzere, MetroCard Otomatları, Metro İstasyon Gişeleri, Otobüsler/Gezici Satış Araçları, MetroCard Bayileri ve Çeşitli Firmalar başlıca alternatifler olarak sıralanabilir. Ayrıca internet üzerinden de MetroCard satın alınarak para yüklemek mümkündür.




**Şekil 2.2:**MetroCard satın almak ve yükleme yapmak için sunulan alternatifler (Url-1).

MetroCard otomatları (MetroCard Vending Machines), iki tür olarak belirlenmiştir. Bunlar:Nakit, kredi kartı ve ATM/debit kart kullanılabilen içerisinde para kasası bulunan büyük tipler ve sadece kredi kartı ile atm/debit kartların kullanıldığı kiosk şeklinde tasarlanan otomatlardır (Şekil 2.3). Engelli kullanıcıların da rahatlıkla kullanabilecekleri şekilde tasarlanan (sesli ve görsel uyarıları bulunan) otomatlardan,uluslar arası geçerliliği olan tüm kredi kartları ile de güvenli bir şekilde MetroCard temin edilebilmektedir.

**Şekil 2.3:**MetroCard otomatları (Url-1).

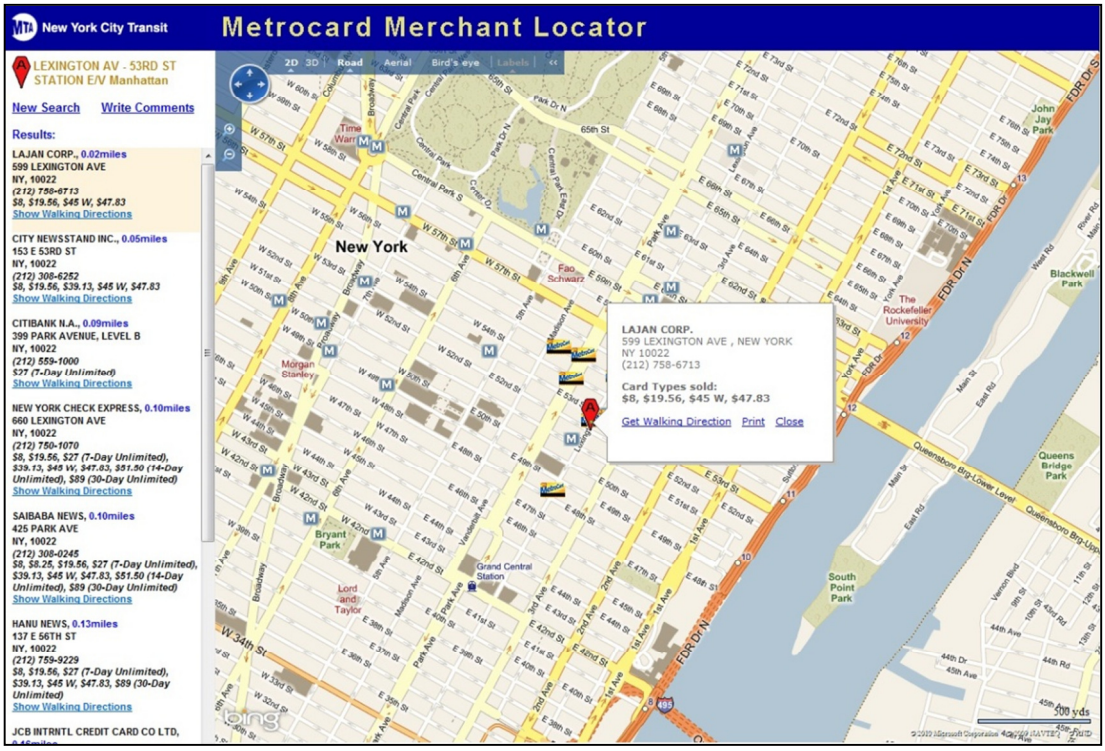
Metro istasyonlarında bulunan gişelerden, 1 günlük sınırsız kullanım kartının dışında tüm MetroCard türleri satın alınabilmektedir. Bu gişelerden sadece nakit para ile MetroCard almak mümkündür.

New York City'ye bağlı 5 bölge genelinde (Manhattan, Brooklyn, Bronx, Queens, Staten Island) gezici otobüs ve minibüsler aracılığı ile de MetroCard satış ve yükleme işlemleri yapılabilmektedir (Şekil 2.4). Bu araçlar genelde, şehir merkezleri, alışveriş merkezleri ile ana otobüs hat ve güzergahları üzerinde bulunmaktadırlar. MetroCard satışı yapan otobüslerin bir kısmı ise belirlenen bir program dahilinde hareket etmektedirler. Hareket programları internet üzerinden detaylı bir şekilde kullanıcılara ulaştırılmaktadır.

**Şekil 2.4:**Gezici MetroCard satış otobüsü (Url-1).

Metropolitan Transportation Authority'ye bağlı olarak hizmet veren kart satış gişelerinin yanısıra, bayilik sistemiyle çalışan özel kart satış gişeleri de bulunmaktadır. Özel gişelerde tüm MetroCard tipleri satılmamaktadır. Kullanıcı,

İnternet üzerinden bulunduğu bölgeyi girerek, en yakın bilet satış gişesini -hangi tip MetroCard satıldığı bilgisi ile birlikte- tespit edebilmektedir (Şekil 2.4).




**Şekil 2.5:** MetroCard satışı yapan özel gişeler (Url-1).

NYC genelinde uygulanan Federal vergi kanunları, işverenlerden, toplu ulaşım harcaması olarak gösterilen giderlerden, belli miktarlara kadar vergi almamaktadırlar. Bu şekilde, işverenlerin çalışanlarına servis araçları sağlamaları yerine, toplu ulaşım sistemlerini teşvik etmeleri konusunda fırsatlar yaratılmaktadır. Bu sistem sayesinde işverenler için ilave giderler engellenerek, çalışanlar için de ulaşım masrafları ilave gelir olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, 30 günlük sınırsız MetroCard ile yolculuk yapan bir kullanıcı, aylık 89$ yerine 59.55$ ödemektedir. İşveren açısından incelendiğinde ise çalışan kişi başına senelik 211$ kazanç sağlanabileceği ortaya çıkmaktadır.

MetroCard koruma programı sayesinde, kredi kartı debit veya ATM kartları ile satın alınan 7 günlük, 14 günlük ve 30 günlük sınırsız kartların kaybedilmesi ya da çalınması durumunda müşteri hizmetlerini arayarak, kartta kalan bakiyenin yeni alınacak karta yüklenmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca, MetroCard için otomatik yeniden doldurma sistemi geliştirilmiştir. Kalan bakiye tüm yüklemenin %10'u seviyesine geldiğinde otomatik olarak yükleme yapılmaktadır (Url-1).

### 2.1.6.2 Londra (İngiltere)

Oldukça gelişmiş bir toplu taşıma ağına ve işletmesine sahip olan Londra kentinde, kent içi toplu taşımacılık hizmetleri, Transport for London'a (TfL) bağlı olarak çalışan birçok özel şirket tarafından sağlanmaktadır. Örneğin, otobüs işletmesi incelendiğinde, 33 bölgeye ayrılan Londra kenti genelinde 18 farklı özel kuruluş tarafından hizmet verilmektedir. Raylı sistemlerde ise, cadde tramvayı işletmesi yine TfL'ye bağlı özel bir kuruluş olan "Docklands Light Railway Limited - DLRL" tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca engelli kullanıcılara yönelik olarak geliştirilen "Dial-a-Ride" sistemi sayesinde kapıdan kapıya (door-to-door) erişim hizmeti yine TfL'ye bağlı özel kuruluşlar tarafından verilmektedir. Tüm Londra kentinin toplu taşıma organizasyonunu, altyapısını ve planlamasını yürüten TfL,bünyesinde birçok ulaşım türünü/otoritesini barındırmaktadır. TfL'nin kurumsal yapısı şu şekilde gösterilebilir:

- Crossrail Limited
- Docklands Light Railway Limited
- London Buses Limited
- London Bus Services Limited (LBSL)
    - London Dial-a-Ride Limited
    - UK Tram Limited
- London River Services Limited
- London Transport Museum Limited
    - London Transport Museum (Trading) Limited
- London Underground Limited
- LUL Nominee BCV Limited
    - Metronet TMU Limited
- LUL Nominee SSL Limited
    - Metronet REW Limited
- Rail for London Limited
- Tramtrack Croydon Limited
    - Tramtrack Lease Financing Limited
    - Tramtrack Leasing Limited
- Transport for London Finance Limited
- Victoria Coach Station Limited

Londra'nın toplu ulaşım ağı, dünyanın en geniş otobüs taşımacılığına sahip ağlardan biridir. Hafta içi günlerde, 700 farklı hatta hizmet veren, 6.800'den fazla otobüs, yaklaşık 6 milyon yolcu taşımaktadır. Dinamik bir yapıya sahip olan otobüs işletmeciliği, büyümeye devam eden Londra Kenti'nin isteklerini karşılayabilecek kabiliyettedir. Her sene otobüs hizmetlerinin 1/5'i yeniden ihale edilerek, talepler karşısında sistemin sürekli güncellenmesi sağlanmaktadır.

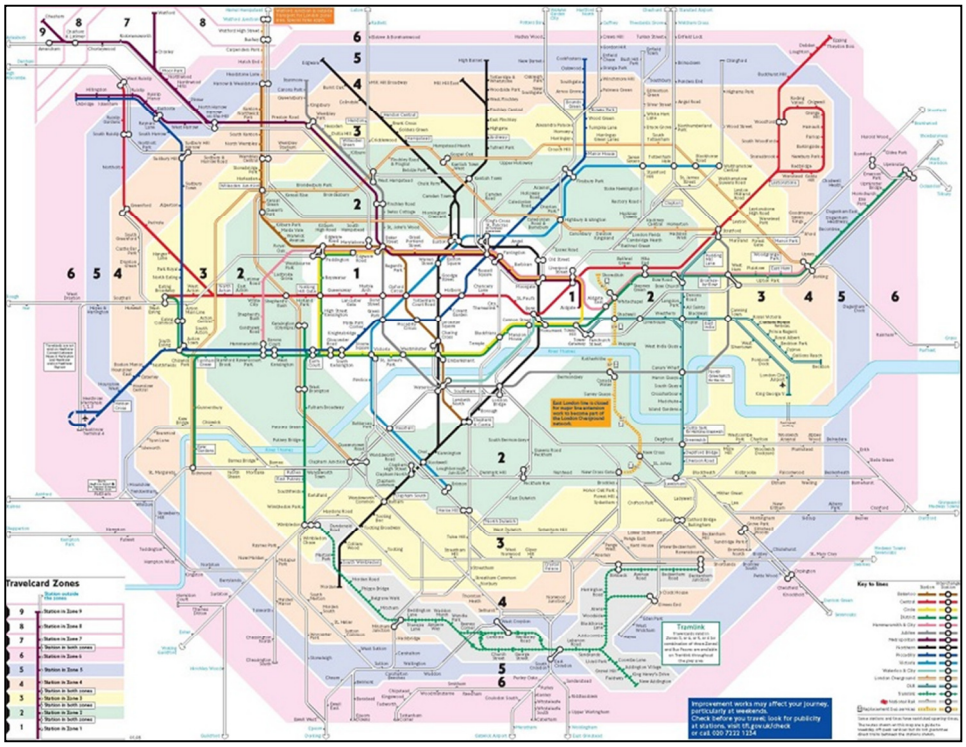
Otobüs taşımacılığı, hatların planlanması, hizmet kalitesinin belirlenmesi ve korunması "London Busses Limited (LBL)" şirketinin sorumluluğu altındadır. Otobüs hizmetleri, LBL şirketinin taşeronu konumunda bulunan özel işletmeci firmalar tarafından sağlanmaktadır.

"London Busses" Şirketi, güvenlik, yüksek hizmet kalitesi ve güvenilirliğin sürekli olması için performans göstergelerini yayınlamaktadır. Aynı zamanda, toplu taşıma ağına ait performans istatistikleri ile kullanıcılardan gelen şikayet ve önerileri kullanarak sistemi sürekli geliştirmektedirler. Sistem olarak, tüm çalışma yılı 3 aylık periyotlara ayrılarak, her periyot değeri bir önceki sene aynı döneme gelen periyot değeri ile karşılaştırılarak performans ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde değerleri karşılaştırmak üzere hemen hemen aynı trafik ve hava şartları sağlanmış olmaktadır. Aynı zamanda her çeyrek periyot için yolcu anketi yapılarak veri toplanmakta; bu verilerde yine bir önceki senenin aynı dönem periyodu ile karşılaştırılmaktadır. Anket ve performans göstergeleri ile ilgili çalışmalar sonuç olarak raporlanmakta ve "London Busses Limited"yönetimine sunulmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen gelişmiş otomatik ücretlendirme sistemlerinden birisi yukarıda da bahsedildiği üzere New York City'de kullanılan MetroCard sistemi idi. Londra'da kullanılan Oyster Card sistemi de başarılı bir otomatik ücretlendirme sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.6).

**Şekil 2.6:**Oyster Card(Url-2).

Oyster Card, temas gerektirmeyen mikroçipli kartlar sınıfına girmektedir. Oyster Card, sezonluk yolculuk kartı olarak kullanılırken aynı zamanda para depolayabilmektedir. Böylece, herhangi bir ulaşım bölgesi (zon) için alınan yolculuk kartı, bölge dışında da sadece binişlerde ödeme yapmak (pay as you go) üzere de kullanılabilmektedir. Oyster Card kullanıcıları, TfL internet sitesinden hesap açmak suretiyle otomatik yükleme yapabilmektedirler. Top-Up sistemi olarak bilinen bu sistem sayesinde, Oyster Card'da depolanan para miktarı 5 Pound'un altına düştüğünde, internet sitesinde belirtilen miktar kadar otomatik yükleme yapılmaktadır. Otomatik yükleme için 20 ve 40 Pound olmak üzere iki yükleme seçeneği bulunmaktadır.




**Şekil 2.7:** Londra trafik bölgeleri (Url-2).

Oyster Card ile sezonluk yolculuk, Londra toplu taşıma sistemlerinin büyük bir kısmında geçerlidir. Otobüs, metro, tramvay, hafif raylı sistemler (DLR), tekneler ve şehirlerarası tren hatlarının bazı istasyonları için Oyster Card kullanılabilir. Bunların dışında, binişte ödeme yapılarak da toplu taşıma araçları kullanılabilmektedir.

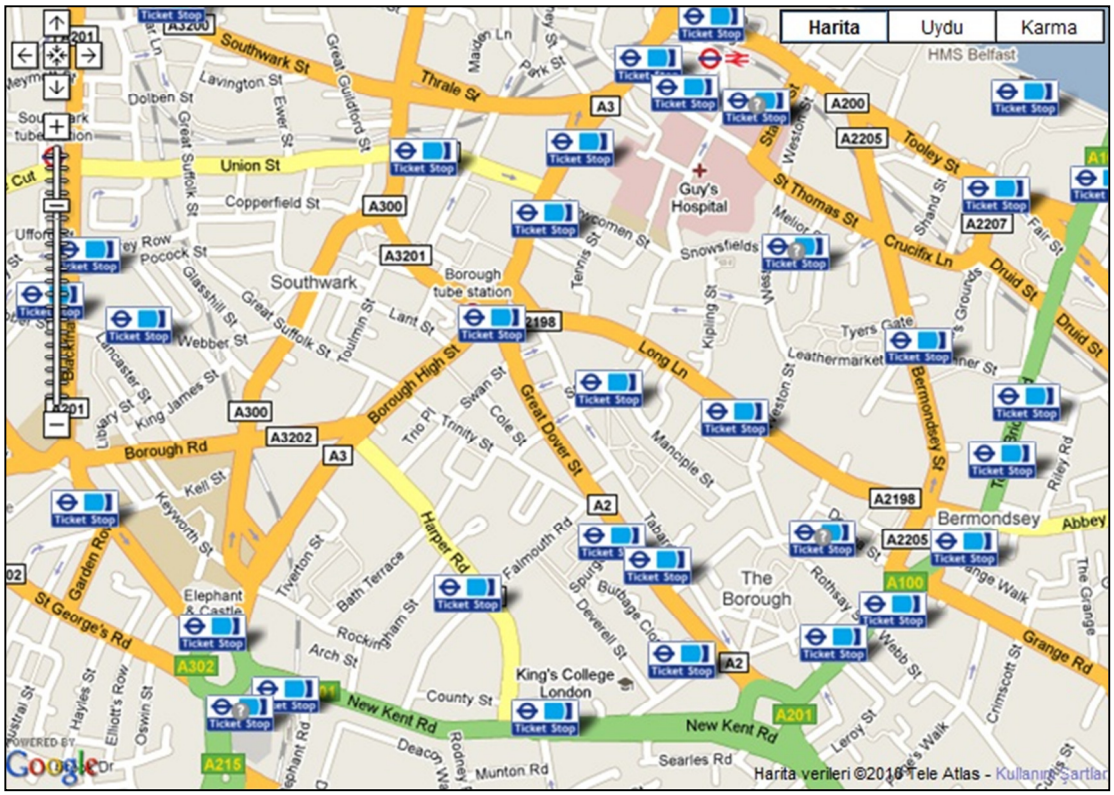
Oyster Card sistemi ile mesafe bazlı ücretlendirme (touch in and out) uygulanmaktadır. Bu ücretlendirme sistemi, Metro (Tube), Hafif Raylı Sistem (DLR), Yüzeysel Metro (London Overground) ve Şehirlerarası Raylı Sistemlerde (National Rails) geçerli; otobüs ve tramvay hatlarında ise geçerli değildir. Kullanıcı, sezonluk yerine kontörlü Oyster Card kullanıyorsa, yolculuk başlangıcında ve sonunda Oyster Card'ı "sarı" validatörlere okutmak suretiyle mesafeye bağlı ücretlendirme sistemi üzerinden ödeme yapabilir. Yolculuk başlangıcında, karttan en yüksek ulaşım bedeli olan 6,50 Pound alınmakta; yolculuk bitiminde kart tekrar okutulduğunda geri ödeme yapılmaktadır. Ayrıca, sistem içerisindeki bazı hatlarınkullanımı daha düşük fiyatlarla ücretlendirilmektedir. Bu hatların kullanıldığını belirlemek üzere aktarma yapılan bazı istasyonlardaki "pembe" validatörlere kartı okutmak yeterlidir. Böylece otomatik ücretlendirme sistemi hangi hattı kullandığınızı belirlemiş olacaktır.

Londra toplu ulaşım sistemlerinde gelişmiş bir ücretlendirme politikası uygulanmaktadır. Şehir merkezinden başlayarak dışa doğru halkalar halinde trafik bölgeleri oluşturulmuştur (Şekil 2.7). TfL ücretlendirme politikasına göre, söz konusu trafik bölgelerine, hafta içi/sonu günlere, günün değişik saatlerine, kullanılan toplu ulaşım hatlarına, yolculuk süresine, kullanıcının yaş grubuna, çalışan/öğrenci/işsiz gibi sosyal sınıflara göre de farklı ücretler belirlenmektedir.

Oyster Card kullanılarak gerçekleştirilen otomatik ücretlendirme sisteminin, kullanıcılar için en faydalı özelliklerinden birisi de tavan fiyat (price capping) uygulamasıdır. Bu uygulama sayesinde gün içerisinde kontörlü kart ile yapılan yolculuklarda, Oyster Card'dan, en fazla 1 günlük sınırsız seyahat ücreti alınmaktadır. Kontörlü Oyster Card kullanımı bir günlük sınırsız seyahat ücretini geçtiğinde, sonraki binişlerde ücret alınmamaktadır.

Oyster Card satın almak için birçok alternatif sunulmaktadır. Londra'da yaşayan kullanıcılar, TfL internet sitesinden (www.tfl.gov.uk) kayıt yaptırarak Oyster Card temin ederken; Londra dışında yaşayanlar ya da turistler de, aynı internet sitesi

üzerinden Oyster Card satın alabilmektedir. Londra dışından satın alan kullanıcılar için 63 ülkeye kart gönderilmektedir. Ayrıca, Londra Seyahat Bilgi Merkezleri'nden, Oyster Bilet Gişeleri'nden ve istasyonlardan da Oyster Card temin edilmektedir (Şekil 2.8).




**Şekil 2.8:** Oyster bilet gişeleri(Url-2).

## 2.2 B-S MatrisiTahmin Yöntemlerinin İncelenmesi

Son yıllarda gelişmeye başlayan otomatik ücretlendirme sistemlerinden B-S matrisi elde etme çalışmaları ilk olarak 1980 yılında Bay Area Rapid Transit (BART) tarafından yapılmıştır. Sonrasında 1984 yılında Buneman, sadece raylı sistemleri içeren kapalı bir toplu taşıma sisteminin performans ölçümü için bir çalışma yapmıştır. Söz konusu sistemde giriş ve çıkışlarda kart okutulduğu için, B-S matrisi sistem genelinde zaten elde edilmiş olmaktadır. İlerleyen yıllarda, Chicago Transit Authority (Url-3) ve New York City Transit (Url-4) tarafından, açık sistemler için B-S matrisi belirlemek üzere uygulama geliştirme çalışmalarına başlanmıştır. Açık sistemlerde yolcular, sistemden çıkarken kart okutmamaktadırlar. Bu yüzden varış noktalarının tespiti için bazı algoritmalar geliştirilerek, sistem kullanıcıların takibi

mümkün olmuştur. CTA ve NYCT tarafından yapılan çalışmalar başlangıçta raylı sistem tabanlı çalışmalardı(Zhao vd., 2007). Sonrasında bu kurumlar, otobüslerden gelen verileri de sağlıklı bir şekilde kullanmak üzere, toplu taşıma araçlarında "Araç Takip Sistemlerini" (Automated Vehicle Location – AVL) yaygınlaştırarak, düşük hata oranlarıyla B-S matrisi üretmeye başlamışlardır. Cui (2006), bu sistemlere ilişkin verileri kullanarak, bir otobüs hattı için uygulama geliştirme çalışmaları yapmıştır.

Literatür çalışması kapsamında, otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak B-S matrisi oluşturulması konusunda, 2006 yılından günümüze kadar farklı ulaşım türleri için benzer kabuller yapılarak çalışmalar yapıldığını görülmektedir. 2006 yılından önce yapılan çalışmalar nispeten teorik düzeyde; sonraki çalışmalar ise GPS cihazları kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte uygulama örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yukarıda bahsedilen çalışmaların dışında, yine Gordillo (2006)tarafındanLondra raylı sistem hatları için B-S matrisi tahmin çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca, Farzin (2007)tarafından Sao Paulo kenti otobüs sistemleri ve BRT hatları için B-S matrisi tahmin çalışmaları yapılmıştır. Yine Morency vd. (2007) tarafından akıllı kart verilerinin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarliteratür taraması aşamasında incelenmiş olup; yapılacak çalışmaya yardımcı olacak nitelikte olanlar (Cui (2006),Gordillo (2006) ve Farzin (2007)'eait çalışmalar) detaylı olarak incelenecektir.

### 2.2.1 Otomatik ücretlendirme sistemleri ve GPS verileri kullanılarak SaoPaulo kenti için B-S matrisi tahmini

Farzin (2007) tarafından yapılan bu çalışmada otomatik ücretlendirme sistemleri (Automated Fare Collection – AFC) verileri kullanılarak Sao Paulo genelinde B-S matrisi tahmin çalışmaları incelenmiştir.

Sao Paulo kenti, yaklaşık 11 milyon nüfusu ile Güney Amerika'nın en kalabalık kenti olmasının yanısıra İstanbul toplu ulaşımına benzer özellikler taşımaktadır. Sao Paulo yönetimi, özel otomobil kullanımının her geçen gün artmasıyla ortaya çıkan sıkışıklığı gidermek üzere 2001 yılında toplu ulaşım sistemlerine büyük yatırımlar yapmıştır. Bu yatırımlar kapsamında transfer noktaları oluşturularak BRT sistemleri yaygınlaştırılmıştır. Ayrıca toplu ulaşım sistemlerinin daha efektif kullanımı için AFC ve 2004 yılında da AVL sistemleri uygulanmaya başlanmıştır. Otomatik

ücretlendirme sistemleri başlıca, hakedişlerin hazırlanması, gözetim ve denetim amacıyla kurulmasının yanısıra, planlama konusunda da ciddi miktarda veri kaynağı oluşturmuştur.

Sao Paulo kentinde otobüs taşımacılığı, toplu taşıma sistemlerinin omurgasını oluşturmaktadır. 2002 yılı verilerine göre toplu ulaşım sistemleri kullanılarak günde 11.5 Milyon yolculuk yapılmaktadır. Yolcuların %75'i elektronik kart kullanarak yolculuk yapmaktadırlar.

Sao Paulo kenti için yapılan bu çalışmada, otomatik ücretlendirme sistemine ait veriler Oracle 9i veritabanı programı kullanılarak; araç takip sistemine ait veriler ise SQL Server programı kullanılarak depolanmıştır. Yazılım geliştirmek üzere, SQL Server programında bulunan veriler, Orcale 9i programına aktarılmıştır. Yazılım geliştirme dili olarak PL/SQL kullanılmıştır. Ayrıca, satır formatındaki GPS verilerinden araç kalkış yerlerini belirlemek üzere de bazı çalışmalar yapılmıştır.

Çalışmada, B-S matrisi ve veri setlerinin ilişkilendirilmesinden önce veri setlerinin sadeleştirilerek, sadece gerekli alanların tutulduğu yeni bir veri kümesinin oluşturulması ilk adım olarak sunulmuştur. Sonrasında ise ulaşım bölgelerine (zon) ilişkin yolculuk değerlerinin belirlenme yöntemleri anlatılmıştır. Bu değerler belirlenirken izlenilen adımlar şunlardır:

1- Her GPS verisi için en yakın otobüs durağını belirlemek üzere, enlem/boylam (latitude/longitude) formatındaki durak koordinatları ile GPS verileri birleştirilmiştir.

2- Zaman bazlı olarak belirli bir otobüse binmek suretiyle sisteme giriş yapan her yolcu verisi, en yakın otobüs durağı ile ilişkilendirilerek; söz konusu veritabanlarının birleştirilmesi ile her kullanıcı için biniş yapılan bölgeler belirlenmiştir.

3- Chicago Transit Agency için geliştirilen sonuçlandırma teknikleri kullanılarak (zincirleme yolculuk metodu), her yolculuk başlangıç noktası için varış zonları belirlenmiştir.

#### 2.2.1.1.Araç takip sistemi verilerinin otobüs duraklarına ait koordinat verileri ile birleştirilmesi

**Verilerin sadeleştirilmesi**

Öncelikle otobüs duraklarına ait tabloyu oluşturmak üzere, kent genelinde oluşturulan bölgelerle, otobüs duraklarına ait veriler bir coğrafi bilgi sistemleri (CBS) programı vasıtasıyla coğrafi olarak birleştirilmiştir. Coğrafi birleştirmenin sonucunda elde edilen tablo, yazılım geliştirmek üzere Oracle sistemine aktarılmıştır. Sonrasında araç takip verilerini hazırlamak üzereGPS cihazından gelen hatalı verileri ayıklamak için "trip" sütunu eklenmiştir. GPS verileri içerisinde rastlanılan hatalar genellikle, tekrarlı sinyal alınması ve sinyal verileri arasında atlama şeklinde olmaktadır. Belirlenen hatalı veriler silinerek GPS verileri sadeleştirilmiştir. Yaklaşık 1400 otobüste bulunan GPS cihazlarından günlük 3.3 milyon kayıt alınmaktadır. Hatalar giderildikten sonra geriye kalan kayıt sayısı ise 2.2 milyon civarındadır. Sadeleştirme işlemleri sırasında 3 tip hata ile karşılaşılmış olup; hatalara göre kayıt sayıları ve çözüm yöntemleri Çizelge 2.7'degösterilmiştir.

**Çizelge 2.7 :**GPS verilerinde karşılaşılan hata türleri, sayıları ve çözümler (Farzin, 2007).

| Tekrarlı Veri Bulunan Alanlar | Fiziksel Durum | Tekrarlı Veri Sayısı | Çözüm |
|---|---|---|---|
| Vehicle, Line, Direction, Time, Lat/Lon | Tekrarlı iletim | 74.000 | Tekrarlı veri elenir, böylece geriye 1 orijinal kayıt kalmış olur |
| Vehicle, Line, Direction, Time (Farklı Lat/Lon konumları için) | Sinyal sıçraması ile çoklu iletim ve konum verisi oluşması | 125.000 | İptal. Sadece otobüs duraklarına yakın olan iletimler tutulacak ve hangi iletimin doğru olduğunu belirlemek üzere önemli artışlar ayrılacak |
| Vehicle, Line, Direction, Lat/Lon (Farklı – ardışık – iletim zamanı için) | Otobüsün bir noktada fazlaca beklemeye devam etmesi ile sinyal gönderilmeye devam edilmesi | 1.01 milyon | Sadece ilk geliş zamanı tutulacak, aynı araca ait diğer kayıtlar silinecek |

Çizelge 2.2'degörülen 3. durum için, otobüs belli bir noktada uzun bir süre durduğu zaman, GPS sinyalleri kaydetmeye devam etmektedir. Otobüsün beklediği noktaya geldiğinde, almış olduğu ilk sinyal geçerli olarak kabul edilerek, diğerleri silinmiştir. Ancak otobüsün başka bir yolculuk esnasında aynı noktadan geçebileceği göz

önünealınarak bir algoritma hazırlanmıştır (Şekil 2.9). Böylelikle toplam verinin yaklaşık 1/3'ünü oluşturan hatalı veri temizlenmiştir.

1) GPS iletim tablosunu tüm erişilebilir alanlarla birlikte al
2) İletim verilerini artan şekilde sırasıyla:
    a. Araç numarasına,
    b. Hat numarasına,
    c. İletim zamanına göre sırala.
3) Her kayıt için, aşağıdaki gibi değerleri kontrol et ve geçerli yolculuk numarasını ata:
    a. Eğer Araç ya da Hat değişirse, geçerli yolculuk numarasını 1 olarak düzenle
    b. Değilse ve yön değişirse (g-d) geçerli yolculuk numarası "önceki yolculuk numarası+1" e eşit olur
    c. Değilse, geçerli yolculuk numarasını, en son belirlenen yolculuk numarası olarak ata
    d. Yolculuk numarası değerini geçerli yolculuk numarası olarak güncelle
    e. Sonraki veri kaydına geç ; tekrarla
4) Tabloyu kaydet ve çık

**Şekil 2.9:** GPS kayıtları için "trip" sütunun güncellenmesi (Farzin, 2007).

**Verilerin birleştirilmesi**

Hazırlanan durak tablosu ve sadeleştirilen araç takip tablosu enlem/boylam koordinat değerleri kullanılarak birleştirilecektir. CBS program performansı göz önüne alındığında, bu işlem için elde bulunan coğrafi yapıdaki veri kümesi çok fazla kayıt içerdiğinden, veri kümesini çalışılabilir boyutlara getirmek üzere birleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu aşamada Oracle 9i programı için yazılım geliştirilerek 100-115m. yarıçapında alanlar için durak yerleri ile AVL verisi eşleştirilmiştir.

Birleştirme işlemi süresince, 1 araç takip verisi, 2 ya da daha fazla GPS verisi ile eşleştirilmiş olabilir. Yakın duraklar genelde aynı zonda oldukları için bu kabul edilebilir bir durumdur. Eğer aynı araç için, 2 ya da daha fazla GPS kaydı tek bir durak ile eşleştirilecekse, en yakın kayıt eşleştirme için seçilmektedir. Eğer birden fazla ise, zaman bazlı olarak en erken olan kayıt eşleştirme için seçilecektir. İşlem sonunda duraklarda eşleşmeyen GPS kayıtları varsa, otobüsün o duraklarda durmadığı kabul edilmiştir.

Oracle 9i programında coğrafi tampon bölgenin (buffer area) oluşturulması için, Denklem 2.1'de görülen formül uygulanmıştır.

$$(|t.lat - s.lat| + |t.lon - s.lon|) \leq 0.001 \quad \textbf{(2.1)}$$

t.lat : Biniş yapıldığı andaki koordinatın enlem değeri

s.lat : Otobüs durağına ait koordinatın enlem değeri

t.lon : Biniş yapıldığı andaki koordinatın boylam değeri

s.lon :Otobüs durağına ait koordinatın boylam değeri

Formüldeki 0.001, 0.001 dereceyi göstermektedir. Sao Paulo'da boylamın (longitude) 1 derecesi, 101.8km.'ye; enlemde (latitude) ise 1 derece 111.4km.'ye denk gelmektedir. Bu yüzden boylamın 0.001 derecesi 101.79m.'ye; enlemin 0.001 derecesi ise 111.43m.'ye tekabül etmektedir. Enlem ve boylam arasındaki fark hesaplandığında, eğer fark 0,001 dereceden küçükse, mesafe 111.4 metreye eşit yada küçük olacaktır. Sao Paulo'da durak platformları 100 metre civarındadır. Bu yüzden 0.001 derece değeri, kabul edilebilir bir sınır değeri göstermektedir.

#### 2.2.1.2.Araç takip verilerinin biniş verileri ile eşleştirilmesi

Bu aşamada, her GPS verisi ile otobüs durakları tablosu ilişkilendirilmiş durumda ve aynı zamanda otobüs durakları da bölgelerle eşleştirilmiş durumdadır. Bir yolcunun sisteme girmesiyle hangi bölgeden giriş yaptığı belirlenebilir durumdadır.

**Verilerin sadeleştirilmesi**

İlk aşamada olduğu gibi, verileri sadeleştirmek üzere gereksiz satır ve sütunlar silinmelidir. Öncelikle, araç takip verileri ile durak verilerinin ilişkilendirilmesiyle oluşturulan veri kümesinden çeşitli alanlar kaldırılacaktır. Kullanılacak olan alanlar şunlardır: "Vehicle", "Time of Transmission", "Trip Number" ve "Zone". Benzer şekilde toplulaştırma yapılarak (spesifik durak bilgilerinin silinerek, bölgelerle ilişkilendirilenlerin tutulması işlemi) veri kümesi sadeleştirilmiştir. Bu aşamada sadece farklı bölgeler arası yolculuk yapan hatlar dikkate alınmıştır. Ayrıca, otomatik ücret toplama sisteminden gelen verilerde sadece; "Card ID", "Bus ID", "Transfer Number" ve "Time/date" alanları kalacak şekilde sadeleştirme yapılmıştır.

Yolculuk başlangıç noktasını gösteren binişler "Transfer Number" alanından tespit edilerek, sıfır değeri alması durumunda tutularak, diğer satırlar silinmiştir. Sonuçta, yolculuk izini belirlemek için, "Transfer Number" alanı kullanılarak daha kapsamlı bir B-S matrisi elde edilebilir. Ancak bu aşamada sadece başlangıç noktaları kullanılmıştır. Araç takip sistemine ait verilerin yaklaşık 1/3'ü aktarma içermektedir. Bu orandaki kayıt silindiğinde, sadece yolculukları gösteren 6.3 milyon kayıt geriye

kalmaktadır. Bu işlemden sonra “Transfer Number” alanı artık çok gerekli değildir; araç takip verilerinde sadece “Card ID”, “Bus ID” ve “Time/date” alanları tutulacaktır. Ayrıca yapılan işlemlerde sadece araç takip ekipmanına sahip olan otobüsler için biniş kayıtları dikkate alınmış olup; sonuçta işlem yapılacak 658.000 otomatik ücretlendirme verisi geriye kalmıştır.

**Veri madenciliği**

Otomatik ücretlendirme ve araç takip sistemlerine ait tablolar birleştirme işlemi için hazır hale getirilmiştir. Birleştirme işleminde, Chicago Transit Agency için hazırlanan yazılım geliştirilerek kullanılmıştır. Her yolcu binişi için, otomatik ücretlendirme ve araç takip veri setlerinin birleşimi için biniş yapılan araç spesifik olarak belirlenmiştir. Sonrasında ise, binişten hemen önceki GPS verisi ile eşleştirilmiştir. Bu araç takip kaydı, kart girişi yapıldığında otobüsün hangi bölgede olduğunu ve ilgili bölgenin hangi kart girişi ile eşleştirileceğini gösterecektir. Eğer, süre bir saati geçtiyse ve bu süre zarfında kart girişi ile bölgebilgisi birleştirilmediyse en son araç takip kaydı kullanılacaktır. Bazı otobüslerde GPS cihazı düzgün bir şekilde çalışmadığından, ancak, 505.000 biniş kaydı ile araç takip kaydı birleştirilebilmiştir.

### 2.2.1.3.Varış noktasının belirlenmesi

Ulaşım zonlarıyla ilişkilendirilen otomatik ücretlendirme sistemi verileri hazırlandıktan sonra, yolculuk varış noktalarını belirlemek üzere bu adımda, incelenen diğer çalışmalarla benzer kabuller yapılmıştır. Bu kabullerden ilki, “bir yolculuğun başlangıç noktası, bir önceki yolculuğun bitiş noktasıdır.”; ikincisi ise “günün ilk yolculuğunun başlangıç noktası, her zaman günün son yolculuğunun bitiş noktası olmalıdır” kabulüdür. Varış noktasının tespiti için bu kabullere dayanan yazılım hazırlanmış olup; gün boyu yapılan yolculuk sayısı bu kabullerde dikkate alınmamıştır.

Gelinen aşamada, toplam yolculuk değeri dikkate alınarak B-S matrisi oluşturulabilir. Bu matris gün boyu birden fazla yapılan yolculuk bilgilerini içermektedir. Ancak, işlem yapılan örneklem yolculukları, günlük toplam yolculuk sayısına genişletilmelidir.

Varış noktası bilinmeyen yolculukların sisteme katılması için basit bir yöntem izlenmiştir. Bu yönteme göre;her başlangıç bölgesi için, varış bölgesi belirlenen tüm

yolculuklar toplanmış ve belirlenemeyen bölgelere, ilk elde edilen matris (seed matrix) oranlarına göre dağıtım yapılmıştır. Bu dağıtımdan sonra, tüm başlangıç bölgeleri için varış zonları belirlenmiş olmaktadır. Elde edilen matris aslında 505.000 adet kayıt için kesinlik taşımaktadır. Eğer tüm veri kümesi sorunsuz bir şekilde kullanılabilseydi, aynı işlemleri milyonlarca kayıt için benzer bir yöntemle geliştirerek, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilirdi. Ayrıca, tüm otobüslere araç takip sistemi yüklenerek, daha kesin sonuçlara ulaşmak mümkün olabilir.

#### 2.2.1.4.Bazı analiz notları

Sonuçları elde ederken,model kurulum sürecinde muallakta kalan bazı konuları yeniden gözden geçirmek gerekebilir. Bu kapsamda ve modelin daha iyi anlaşılabilmesi için üç başlık altında konuyu özetlemek, sonuçların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır:

1- Bazı otobüs hatlarına ait coğrafi verilerde, hat üzerinde aynı noktada birden fazla otobüs durağı bulunduğu görülmektedir. Ring hatlar için başlangıç ve bitiş durağının aynı olması durumu; ya da sefer boyunca aracın ana ulaşım aksından ayrılarak, aks üzerindeki herhangi bir yerleşim birimine uğrayıp, çıktığı noktadan yeniden aynı aksa dönmesi durumu örnek olarak gösterilebilir. Her iki örnekte de bir durak, iki sefer geçilmektedir. Söz konusu tekrarlı durak verisine ait 84.000 kayıt olup; yaklaşık %0,4 oranındadır. Araç takip verileri ile kesintisiz birleşim yapmak için, bu veriler silinerek veri kümesi sadeleştirilmiştir.Bölgesel düzeyde toplulaştırma yapıldığı için, sonuçlar tekrarlı durak verilerinin silinmesinden etkilenmeyecektir. Ancak, elde edilen daraltılmış B-S matrisi kapsamında daha detaylı bir matris verisi sağlanması isteniyorsa, bazı durak verilerinin silinmiş olması detay veri sağlanmasına engel olacaktır ve yeniden çözümlemeye ihtiyaç duyulacaktır.

2- Genelde, Sao Paulo kentinde yolcular, otobüse bindiklerinde kartlarını okutmamaktadırlar. Otobüslerin ön kısmındaki koltukların bir kısmı girişte ödeme yapmayan yolcular için ayrılmıştır. Bu yolcular, ödeme alanına gelmeden önce bir süre beklerler. Bu durum, belki doğru olmasa da, analiz esnasında dikkate alınmamaktadır.

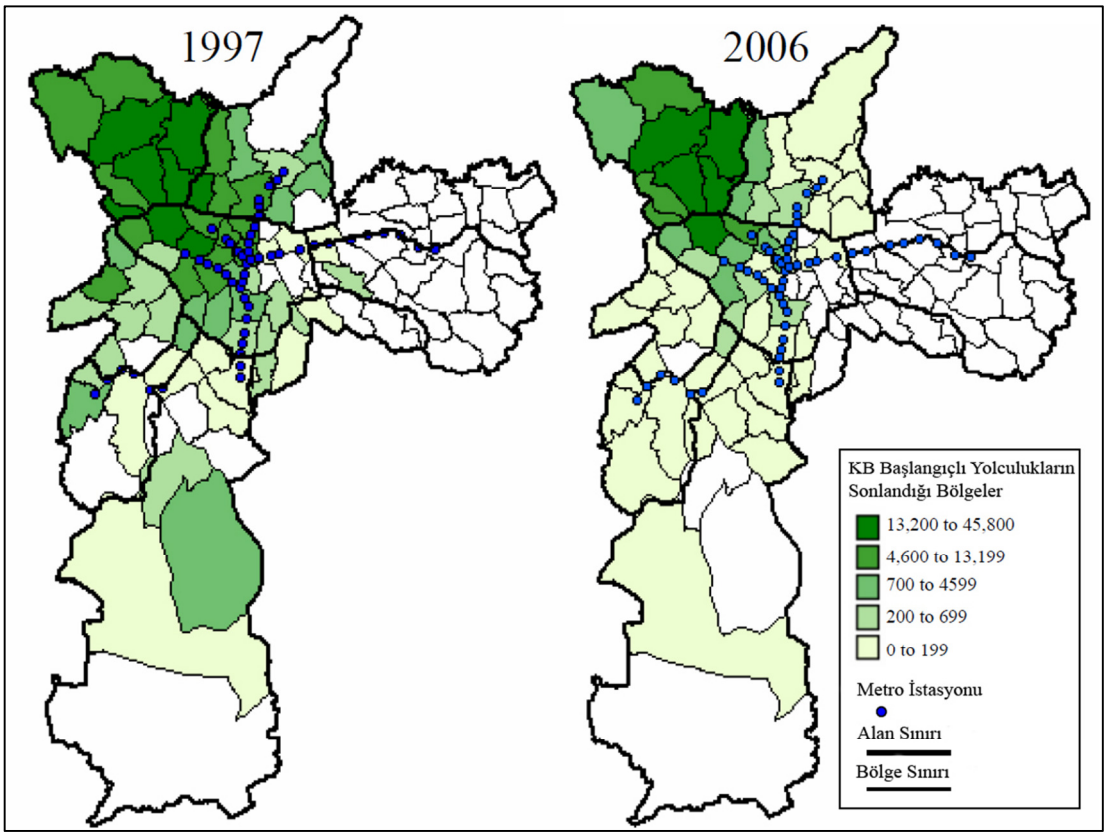
3- Araç takip verileri incelendiğinde, otobüs filosundaki tüm otobüslerde GPS cihazı bulunmadığı görülmektedir. Yani elde edilen B-S matrisi, tüm sistem araçlarını kapsayan bir matris değildir. Bu yüzden, sistemdeki tüm otobüs yolculuklarını tahmin etmek için, sistem genelinde bir büyütme yapılamamaktadır.

B-S matrisi, 9 Mayıs 2006 tarihli otomatik ücretlendirme sistemi ve araç takip sistemi verileri kullanılarak elde edilmiştir. Toplam veri ile karşılaştırıldığında, kullanılan veri oranı %5, transfer içeren veri oranı %6-7 civarındadır. Kalan %80'in üzerindeki kısım ise, daha önce de bahsedildiği üzere sadeleştirme işlemleri sırasında elenen ve işlemlerde dikkate alınmayan kentin diğer bölgeleriyle ilgili verileri içermektedir.B-S matrisikentin sadece bir bölgesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

2006 yılına ait otomatik ücretlendirme sistemi verileri ile hazırlanan çalışma sonuçları ile, 1997 yılında yapılan anket verileri sonuçları (mevcut en güncelB-S matrisi) karşılaştırılmıştır. Her iki matris de aynı zonlar için toplulaştırılmış ve her iki analiz yılı için de zonal yapıda önemli değişiklikler bulunmamaktadır. Bu aşamada öncelikle sonuçlar gözden geçirilmiş olup; sonrasında da gelecekte yapılacak çalışmalar için dikkat edilmesi gereken hususlarda tavsiyelerde bulunulmuştur.

#### 2.2.1.5.2006 Yılı sonuçlarının analizi ve 1997 yılı B-S matrisi ile karşılaştırılması

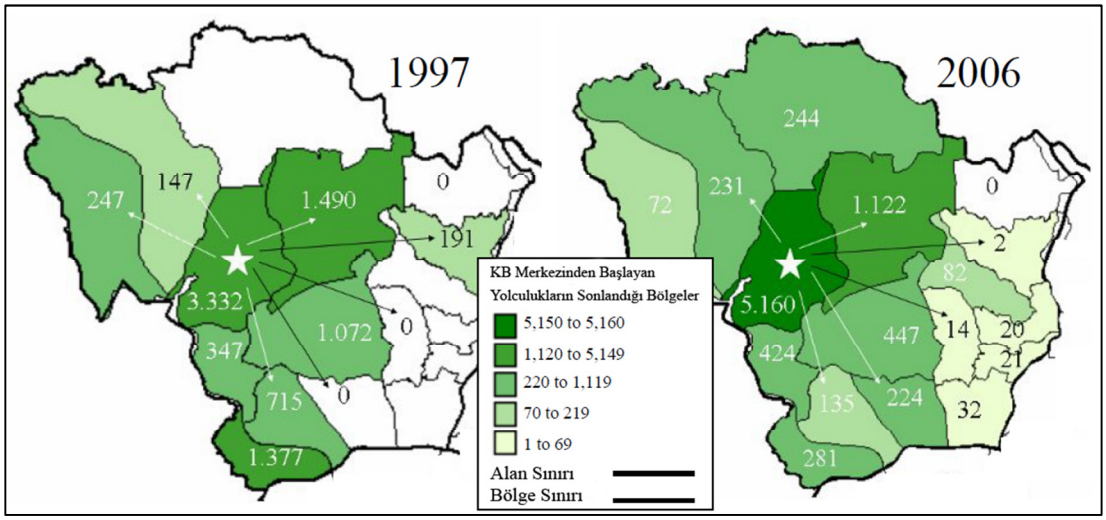
Sao Paulo kentinin kuzey batısından başlayan ve kentin diğer bölgelerinde sonlanan toplam yolculuk değerleriyle, 1997 yılına ait söz konusu alandan başlayan yolculuk değerleri Şekil 2.10'da görüldüğü şekilde karşılaştırılmıştır.




**Şekil 2.10:** Kuzeybatı bölgesinden başlayan yolculukların karşılaştırılması (Farzin, 2007).

Bu haritaya göre kuzeybatı bölgesinden başlayan ve kent genelindeki diğer bölgelere dağılan yolculuklar koyu gölgelendirme ile gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, 1997 ve 2006 yılları için kuzeybatı bölgesinden başlayan yolculukların çoğu aynı bölgelerde sonlanmaktadır. Bununla birlikte, 1997 haritasında güney bölgelere yapılan daha fazla yolculuk görülmektedir. Bunun sebebi, araç takip sistemi ekipmanlarına sahip olmayan araçlar, tamamlanmamış yolculuk bilgileri ve analiz edilmeyen transfer bilgileridir. Sonuçta, her iki analize ait toplam değerler karşılaştırılmıştır ve karşılaştırma sonucunda, nüfusun artması, toplu taşıma ağının gelişmesi gibi sebeplerle 2006 yılına ait değerlerin daha yüksek olması beklenirken daha düşük olduğu görülmektedir. Aradaki farklılık, 2006 yılı için yapılan B-S matrisi çalışmasına dahil edilmeyen, nakit ödeme ile sisteme giriş yapan yolculuklardan kaynaklanmaktadır. Özetlenecek olursa, 2006 yılı için tamamlanmayan yolculuklardan dolayı söz konusu fark normal karşılanmıştır. Ayrıca, Şekil 2.10'da, güçlü olan yolculuk talebinin her iki karşılaştırma için de benzer olduğu görülmektedir. Tamamlanmamış yolculuk verileriyle çalışılmış olmasına rağmen, elde edilen matris beklenen talebi göstermiştir.

Kuzeybatı bölgesi için yapılan çalışmayı daha detaylı analiz etmek için 208 numaralı bölgeden başlayan ve diğer bölgelere dağılan yolculuklar incelenmiştir (Şekil 2.11). 208 numaralı bölge, hem merkezi bir konumda olması hem de bu bölge ve çevre bölgeler için araç takip verilerinin erişilebilir olmasından ve bu bölgeden başlayan tüm yolculukların, aynı alan içerisinde bulunan diğer bölgelerde sonlanmasından dolayı tercih edilmiştir.




**Şekil 2.11:** 208 numaralı bölgeden diğer bölgelere yolculuk dağılımının karşılaştırılması(Farzin, 2007).

Şekil 2.13'de sunulan haritalar, söz konusu bölgede sonlanan yolculuk değerlerini göstermektedir. Aynı ölçekte hazırlanan her iki haritada da koyu olan bölgeler, daha fazla yolculuğun o bölgelerde sonlandığını göstermektedir. Benzer olarak Şekil 2.10'da ise, 2006 yılı verileri ile yapılan çalışmada daha az yolculuk değerine ulaşılmış olmasına karşın, her iki analiz yılı için de toplam hacim değerleri birbirine yakın çıkmaktadır (yaklaşık %5). Aynı zamanda, yolculukların çoğunluğunun 208 numaralı bölgede başlayıp; ya aynı bölge içerisinde ya da komşu bölgelerde tamamlandığını görmekteyiz. En önemli sonuçlardan birisi de, otomatik ücretlendirme sistemi bazlı B-S matrisinin, bazı çevre bölgelerde sonlanan küçük B-S akımlarını dahi göstermesidir. Hâlbuki anket verileri kullanılarak hazırlanan matriste, yolculuk sayısı düşük olduğu zaman, bu değer sistem geneline ekstrapole edilmektedir. Yani, küçük akımlar sonuç matrisinde yer almamaktadır. Burada, 2006 yılı verileri ile daha fazla örneklem sayısı yakalanmıştır. Böylece, daha kapsamlı bir B-S matrisi elde edilmiştir.

**Çizelge 2.8:** Otobüslerden raylı sistemlere aktarma yapan yolcu sayıları (Farzin, 2007).

| Raylı Sistem Hat Numarası | Terminal Adı | Raylı Sistem Türü | Otobüsten Raylı Sisteme Yapılan Aktarma Sayısı |
|---|---|---|---|
| 1 | Tucuruvi – Jabaquara | Metro | 3,546 |
| 2 | Vila Madelena – Alto do Ipiranga | Metro | 2,264 |
| 3 | Barra Funda – Corinthians/Itaquera | Metro | 10,014 |
| 5 | Capao Redondo – Largo Treze | Metro | 0 |
| A | Jundiai – Luz | CPTM | 2,525 |
| B | Amador Bueno – Julio Prestes | CPTM | 3,121 |
| C | Osasco – Jurubatuba | CPTM | 747 |
| D | Luz – Rio Grande da Serra | CPTM | 0 |
| E | Luz – Estudantes | CPTM | 233 |
| F | Bras – Calmon Viana | CPTM | 34 |

Sonuç olarak, Çizelge 2.8'de görüldüğü üzere, transfer bilgileri yapılan analiz kapsamında dikkate alınmamış olmasına rağmen, yolculuk Id'leri ve yolculuk başlangıç segmentleri kullanılarak hazırlanan basit bir sorgu ile ulaşım planlaması için oldukça kullanışlı bir aktarma verisi elde edilmektedir. Buna ek olarak, otobüs ve çok türlü aktarma verileri daha detaylı analiz edilerek işletme ve stratejik planlama çalışmaları için kullanılabilir.

#### 2.2.1.6.Sonuçlar karşılaştırılırken dikkat edilmesi gereken hususlar

Otomatik ücretlendirme sistemi verileri ve anket verileri kullanılarak hazırlanan çalışma sonuçları karşılaştırılırken, her iki veri arasında yaklaşık 10 yıllık bir süre farkının olduğu unutulmamalıdır. Bazı otobüs hatlarına ait güzergah yapısının değişmiş olma olasılığı yüksektir. Yeni işletme konsorsiyumu 2002 yılında kurulmuştur. İki analiz yılı arasında büyüme öngörülen yerlere ilişkin otobüs hatlarında değişiklik yapılmış olması muhtemeldir.

Ayrıca, 2006 yılı verileri ile hazırlanan B-S modeli sadece otomatik ücretlendirme sistemi kullanan yolcu bilgisini içermektedir. Çoğu yolcu akıllı kart kullanıyor olmasına rağmen otobüslerde hala nakit para kullanımı da devam etmektedir. Sistem geneline büyütülmediği sürece elde edilen B-S matrisi, akıllı kart kullanmayan yolcu sayılarını içermeyecektir. Akıllı kart kullanımı ile, 2 saat içerisinde 3 adet ücretsiz aktarma yapılabilmektedir. Akıllı kart kullanan yolcular daha fazla transfer yapmaktadırlar. Sistem genelinde aktarma yapanların oranı %34 olarak belirlenirken; otomatik ücretlendirme verilerine göre aktarma oranı %50'dir.

Son olarak, 2006yılı için hazırlanan B-S matrisi içerisinde, sadece araç takip sistemi bulunan otobüsleri kullanan yolcu sayıları yer almaktadır. Sao Paulo kentinin kuzeybatı bölgesinde, aktarmalar ve dönüş yolculukları büyük oranda araç takip sistemine dahil olan otobüslerle gerçekleşmektedir. Ancak, araç takip sistemi verilerine girmeyen, kentin farklı alanlarından, otobüslere aktarma yapan dönüş yolculukları için araç takip veri kaydı bulunmamaktadır. Bunun anlamı, varış noktası hemen belirlenememekte ve varış noktası, benzer başlangıcı olan diğer yolculuklar için belirlendiği zaman, toplam yolculuk mesafesi daha düşük tahmin edilmiş olacak ve belirlenen varış noktaları, GPS bulunan otobüslere tekrarlı giriş yapan yolculuklar oranında atanacaktır. Bu gecikmelere rağmen ilk sonuçlar, yeni gelişme sürecinin uygulanabilirliğine karar vermek için,2006 B-S matrisinin önceki verilerle karşılaştırılmasına imkân sağlamaktadır.

#### 2.2.1.7.Sonuçlar

Donanım ve veri depolama fiyatlarının düşmesiyle birlikte, birçok toplu taşıma işletmecisi, yüksek boyutlarda otomatik ücretlendirme sistemi verileri tutmaya başlamışlardır. Ancak, eş zamanlı olarak gelişen planlama ve performans ölçümü uygulamalarından faydalanmamaktadırlar. Bu çalışmada ana hatlarıyla, klasik yöntemlerle elde edilen ve en önemli planlama girdisi olarak kullanılan B-S matrisini gelişmiş yöntemlerle elde etmek üzere, örnek bir uygulama geliştirme tekniği anlatılmıştır. Bu, ulaştırma alanında bir gelişimin ve eldeki tüm verilerin planlama için yararlı bir bilgi haline getirilmesi konusunda başlangıç niteliğinde bir örnektir.

Özetle bu çalışma, Sao Paulo otobüs sistemleri için, durak, araç takip ve otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin birlikte kullanılmasıyla adım adım B-S matrisinin gelişimini göstermektedir. Burada kullanılan metot, daha önce Chicago'da da çalışılmıştır. Ancak, sistem yapısı, kullanılan verinin büyüklüğü, daha güvenilir GPS verileri kullanılması ve elde edilen sonuç verileri gibi konulurda farklılıklar bulunmaktadır. İlk sonuçlar, elde edilen B-S matrisi değerlerinin makul ve mantıklı sınırlar içerisinde kaldığını göstermektedir. Ayrıca, otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılması sayesinde, daha büyük örneklem verisi kullanılarak daha detaylı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada birçok konunun çözümü ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Örneğin, ileride yapılacak çalışmalarda aktarma verilerinin dahil edilmesi, ya da daha sağlıklı

durak verilerinin kullanılmasıyla daha detaylı bir B-S matrisi elde edilebilir. Buna ilaveten, araç takip sisteminin tüm otobüs filosunda çalışır hale gelmesiyle birlikte, akıllı kart kullanmayan yolcu sayılarının sistem geneline büyütülmesi işlemi daha kolay olacak ve daha doğru sonuçlara ulaşılacaktır.

### 2.2.2 Toplu ulaşım planlaması için otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin önemi: Raylı toplu ulaşım sistemi için B-S matrisi tahmini

Fabio Gordillo tarafından hazırlanan bu çalışma, Londra Metrosu (Underground) genelinde B-S matrisi tahmini için otomatik ücretlendirme sistemi verileri ile anket verilerinin entegrasyonu hakkında bilgi vermektedir. Oyster Card veri yapısı ve Londra'da uygulanan otomatik ücretlendirme sistemlerinden bahsedildikten sonra çalışma boyunca izlenecek yöntem ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir.

Oyster Card kullanıcılarının sisteme giriş ve çıkış kayıtları, TfL planlamacıları için geniş çaplı bir veri kümesi oluşturmaktadır. Bu veri kümesi ile oluşturulacak B-S matrisi değerlerinin daha güvenilir olması için anket verileri ile de karşılaştırma yapılması uygun olacaktır. Bu süreci 3 aşama olarak incelenebilir:

1- B-S matrisine altlık oluşturacak verilerin analizi,

2- Önerilecek yöntem,

3- Sonuçların sunumu ve 2004 anket verilerinden elde edilen B-S matrisi değerleriyle karşılaştırılması.

#### 2.2.2.1 B-S matrisine altlık oluşturacak verilerin analizi

TfL planlama bölümü, 4 haftalık periyotlar halinde tüm seneyi incelemektedirler. İlk periyot her zaman 1 Nisan tarihinde başlamaktadır (1 Nisan – 29 Nisan). Bu çalışma da senenin ilk periyodu için yapılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen Oyster Card verileri, tüm giriş-çıkış kayıtlarını içermektedir. Bunlarla beraber tutulan veriler şöyle gruplanabilir:

i) Tamamlanmayan yolculuk kayıtları: Kullanıcıların Oyster Card ile sisteme giriş yapıp; çıkış yapmama durumdur.

ii) Başlangıcı olmayan yolculuk kayıtları: Kullanıcıların sisteme giriş yaparken Oyster Card kullanmamaları; sistemden çıkış yaparken kullanmaları durumudur.

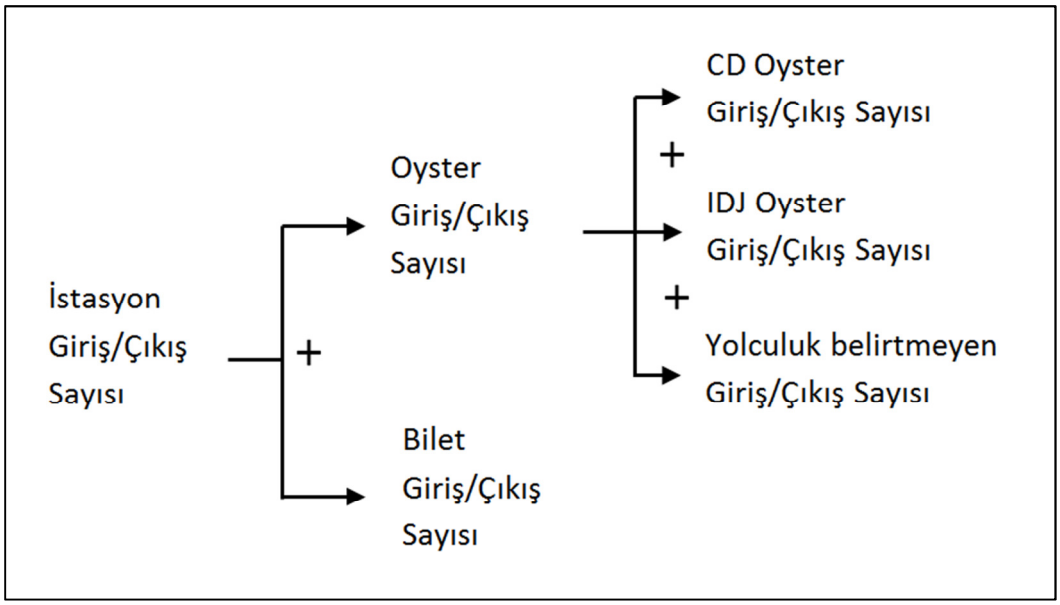
iii) Yolculuk ifade etmeyen kayıtlar: Bu tür kayıtlar genelde, istasyon personelinin kullanması sonucu aynı istasyon üzerinde, kısa süreli giriş çıkış yapılması durumunda oluşmaktadır.

#### 2.2.2.2. İstasyon bazında giriş-çıkış sayılarının tahmini

Çalışma periyodu olarak seçilen 1. periyot için, hafta içi günler arasında, ortalama giriş-çıkış yapılan gün, istasyon bazlı tahmin için uygun çalışma günü olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, "kontrollü" (Fully Gated – FG) ve "kontrolsüz" (Non-Fully Gated – NFG) giriş-çıkış yapılan istasyonlar içi iki farklı durum dikkate alınmıştır.

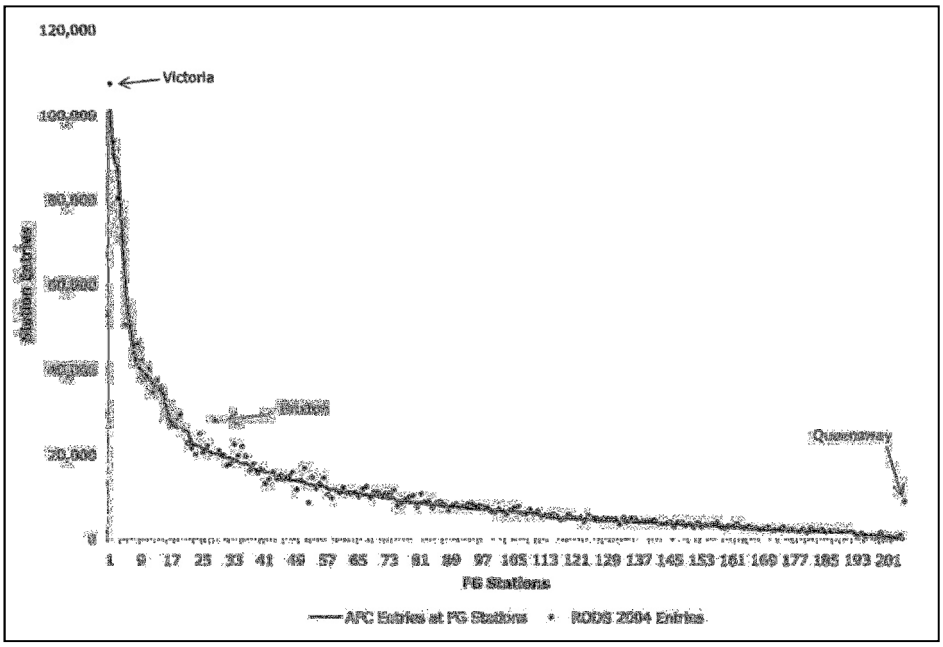
**i) Kontrollü istasyonlarda giriş-çıkış değerlerinin belirlenmesi**

Kontrollü istasyonlarda kullanıcılar, giriş-çıkışlarda Oyster Card ya da manyetik bantlı bilet kullanmak zorundadırlar. Yani, daha önce de bahsedilen 205 adet istasyon için, otomatik ücretlendirme sistemi verileri ile doğrudan giriş-çıkış değerlerine ulaşılabilmektedir (Şekil 2.12).

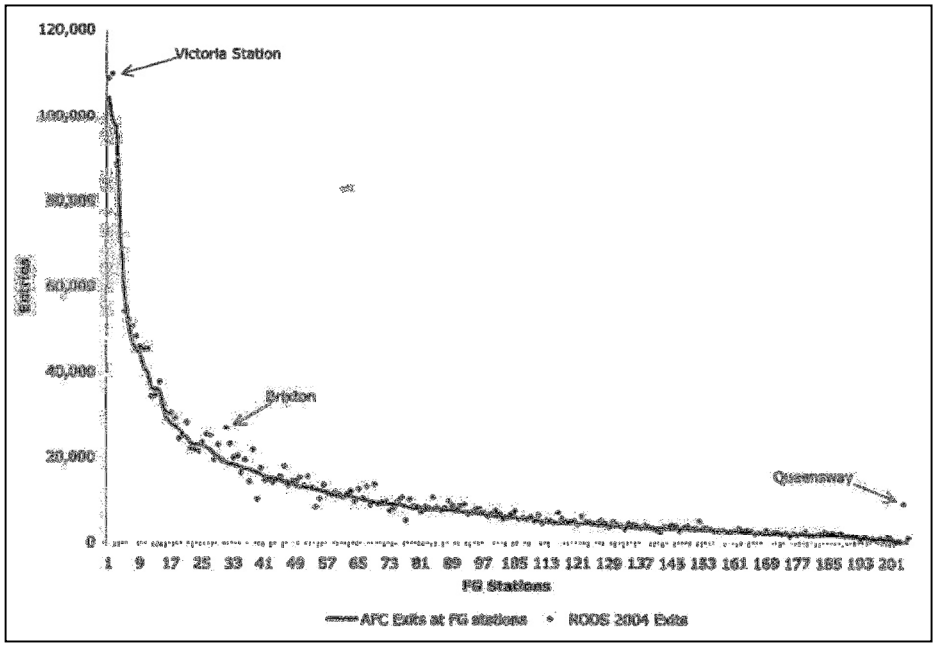



**Şekil 2.12:** Otomatik ücretlendirme sistemi verileri arasındaki ilişki (Gordillo, 2006).

Kontrollü istasyonlarda, 2006 yılının ilk periyodu için yapılan çalışmada, sonuçlar giriş ve çıkış tahminleri olarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Ayrıca, giriş ve çıkış tahminleri 2004 yılı anket çalışmaları ile doğrulanmıştır. Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de anket sonuçları ile tahminlerden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır.




**Şekil 2.13:** Kontrollü istasyonlardaki giriş değerlerinin karşılaştırılması (Gordillo, 2006).




**Şekil 2.14:** Kontrollü istasyonlardaki çıkış değerlerinin karşılaştırılması (Gordillo, 2006).

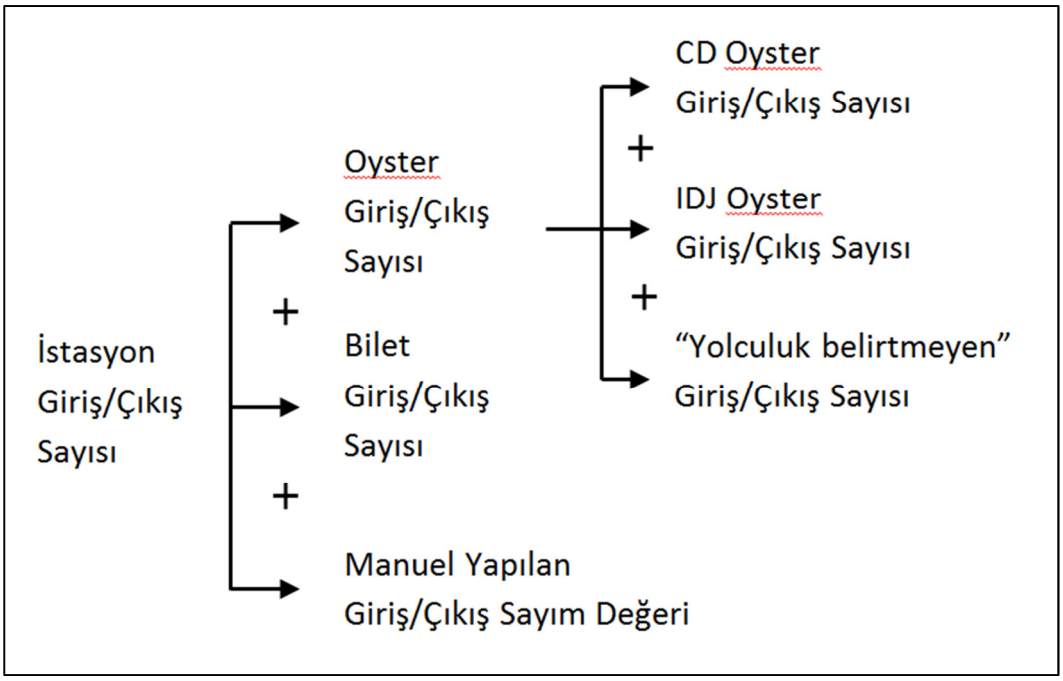
Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de görülen 2006 tahmin değerleri ile, 2004 anket sonuçları arasındaki büyük benzerlik, görsel bir kanıt niteliği taşımaktadır. Ayrıca bu verilerden elde edilebilecek "ortalama hataların karesinin karekökü" (root mean square error - RMSE) değerlerine ait yüzdeler de sayısal değerlendirme yapma

imkanı sağlayacaktır. Yani %15 ve %17 olarak bulunan %RMSE değerleri tahminler arası benzerliği destekler niteliktedir.

Victoria, Brixton ve Queensway istasyonları ile ilgili değerler arasında ciddi farklılıklar görülmektedir. Örneğin, Queensway İstasyonu incelenecek olursa; 2004 yılında yapılan bakım çalışmasından dolayı biniş verileri "sıfır" olarak görülmektedir. Halbuki anket verilerine göre bu değer 10.000'in üzerinde çıkmaktadır.

**ii) Kontrolsüz istasyonlarda giriş-çıkış değerlerinin belirlenmesi**

Kontrolsüz istasyonlardan giriş-çıkış yapan kullanıcı sayıları, otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak tespit edilememektedir. Bu istasyonlarda, sayım yapılarak giriş ve çıkış değerleri belirlenmektedir. Sayımlardan elde edilen değerler, otomatik ücretlendirme sistemi verilerine eklenerek tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.15).




**Şekil 2.15:** Otomatik ücretlendirme sistemi verileri ve sayım değerleri arasındaki ilişki (Gordillo, 2006).

Yapılan çalışmada, otomatik ücretlendirme sistemi verileri yardımıyla giriş-çıkışların hesaplanması basitçe ifade edilmiştir. Ancak yukarıdaki şekilde de belirtildiği üzere sayım verilerinin eklenmesi sonucu bazı konuların irdelenerek tahmin işlemleri gerçekleştirilmelidir:

a. Otomatik ücretlendirme verileri ile tahmin işlemleri, ilk periyoda (Nisan, 2006) göre yapılırken; TfL, sayım çalışmalarını Kasım Ayı'nda yapmaktadır.

b. Metro ve şehirlerarası raylı sistemlerinin ortak istasyonlarında, giriş-çıkışlarda herhangi bir ayrım olmadığı için, bu değerler sayım yapılarak tespit edilmektedir. Bu yüzden metro giriş-çıkış sayıları gerçek değerine göre abartılı çıkmaktadır.

c. Sayım verileri, giriş-çıkışlarda Oyster Card kullanan yolcu sayılarını da içermektedir. Bu yüzden, otomatik ücretlendirme sistemine ait verilerle sayım verileri birleştirildiğinde, aynı yolcu toplam sayıya iki defa eklenmiş olmaktadır.

Kontrollü istasyonlar için bulunan tahmin değerleri ve kontrolsüz istasyonlar için yapılacak çalışmalarda dikkate alınacak hususlar yukarıda belirtilmiştir. Kontrollü istasyonlardan elde edilen değerlerle anket sonuçlarının oldukça benzer olduğu gözlemlenmiştir. Kontrolsüz istasyonlar için meydana gelebilecek hataları önlemek için makul bir kabul yapmak gerekmektedir. Denklem 2.2'de, kontrolsüz istasyonlarda giriş değerlerinin belirlenmesi için yapılan kabul görülmektedir.

$$MC_Entries(i) = \max\big(min\big(RODS_Entries(i) - AFC_Entries(i), MC_Entries(i)\big), 0\big) \qquad \textbf{(2.2)}$$

MC_Entries(i) : i istasyonu için atanacak sayım değeri

RODS_Entries(i): RODS2004 anket verisine göre, i istasyonu için toplam giriş sayısı

AFC_Entries(i): i istasyonu için, haftaiçi günlerde, otomatik ücretlendirme verilerinden elde edilen ortalama giriş sayısı

MC_Entries(i): i istasyonunda Kasım 2004 tarihi için toplam sayım değerleri

Ayrıca, kontrolsüz istasyonlarda çıkış değerlerinin hesaplanması için de benzer bir denklem kullanılmıştır. Elde edilen çıkış değerleri ile anket verilerinden sağlanan çıkış değerleri karşılaştırıldığında, King's Cross ve Stratford istasyonlarına ait çıkış değerleri arasında ciddi farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu istasyonlara ait çıkış değerleri için anket verilerinden sağlanan değerler doğru olarak kabul edilmiştir.

Kontrollü istasyonlara ait giriş-çıkış değerlerindeki hata oranlarının karşılaştırıldığı gibi söz konusu 68 kontrolsüz istasyonda yapılan çalışmalardaki hata oranları

karşılaştırılmıştır. Buna göre, giriş sayıları için %RMSE değeri %5 olarak hesaplanmıştır. Buna karşın, çıkış sayıları için bu değer %21 olarak bulunmuştur. Çıkış sayılarında belirlenen bu büyük oran yukarıda da bahsedildiği gibi King's Cross ve Stratford istasyonlarına ait çıkış değerlerinin yüksek çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bu iki istasyona ait sayılar gözardı edildiğinde ise %RMSE değeri %6 olarak bulunmaktadır.

**iii)Giriş ve çıkış değerleri ile ilgili yapılan çalışmanın özeti**

Yukarıda bahsedilen her iki istasyon türü için de belirlenen %RMSE değerleri, sistem düzeyinde biraraya getirildiğinde, giriş sayıları için %RMSE değeri, %12; çıkış sayıları için ise %18 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlar, sistem düzeyindeki tahminlerin, istasyon düzeyinde belirlenen anket çalışması sonuçları ile oldukça benzer olduğunu göstermektedir.

Sistem düzeyinde yapılan karşılaştırmadan 3 önemli sonuç çıkarılmıştır:

1- 2006 yılının 1. Periyodu için giriş sayıları, çıkış sayılarından 26.458 adet daha fazla olarak bulunmuştur. Bu sayı %0,8 gibi küçük bir orana karşılık gelmekle birlikte, bu farklılıktamamlanmayan yolculuklar ve bilet kullanımlarından kaynaklanmaktadır.

2- Çalışma yapılan dönemde bulunan toplam yolculuk sayısı, 2004 yılı Kasım Ayı'nda elde edilen sonuçlara göre %3 daha düşüktür. Bu oranın, sezonluk yolculuk farklılıkları ve Paskalya Tatili'nden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

3- Metro yolculuklarının yarısından fazlası (%54) için başlangıç ve varış noktası kesin olarak belirlenen Oyster Card verisi bulunmaktadır.

**2.2.2.3. Büyütme faktörünün belirlenmesi**

Büyütme faktörü iki aşamalı olarak belirlenmiştir. Birinci aşamada, tüm metro kullanıcıları için başlangıç ve varış noktaları kesin olarak belirlenmiş (Completly Documanted–CD) Oyster Card veri kümesinin büyütülmesi ile ilgili konular tartışılmıştır. İkinci aşamada ise, metodoloji hakkında bilgiler verilmiştir. Ve yapılacak değerlendirme çalışması için, elde edilen matrisin sadece 2004 yılı anketlerinden elde edilen matris ile karşılaştırılacağı ve iki veri kümesi arasında farklılıklar bulunduğu konusu unutulmamalıdır.

**Yolculuk modeli içeren CD Oyster Card veri kümesi**

Toplam B-S ikili sayıları karşılaştırıldığında, anket tahminlerinin, olası B-S ikililerinin %41'ini yakalayabildiği; CD Oyster Card verilerinden yakalanan ikili sayısının ise %73 gibi yüksek bir orana ulaştığı görülmektedir. Bu sonuç, CD Oyster Card verileri ile yakalanan 25.258 B-S ikilisinin anket verileri ile tespit edilememiş olduğunu, anket verilerine göre metro yolculuklarının ne kadar farklı olduğunu ve CD Oyster Card verileri ile metro yolculuklarının daha iyi karakterize edilebileceğini açıkça göstermektedir. Ayrıca, CD Oyster Card verileri ile yakalanamayan sadece 1.018 ikili varken; CD Oyster Card verileri ile tespit edilen ancak anket verilerinin yakalayamadığı 26.549 adet ikili bulunmaktadır.

Yolculuklar incelendiğinde, B-S ikilileri arasında anketlerden elde edilen yolculukların sadece %0,83'ü yakalanmaktadır. Ancak, bu yolculukların %43'ü içerisinde kapalı olan Heathrow Terminal 4 ve Queensway istasyonları bulunmaktadır. Bu yolculukların matris içerisinde bulunmaması gerektiği açıkça görülmesine rağmen, bu yolculuklar anket veri kümesi içerisinde bulunmaktadır. Eğer bu ikililer ihmal edilirse, anket verilerinden elde edilen B-S ikililerinin %0,47'si (913/193.249) yakalanmış olacaktır. Diğer yandan, CD Oyster Card verilerinden elde edilen yolculukların ise %9'u (155.042/1.728.022) yakalanmış olacaktır. Bu analizden iki ana sonuç çıkarılmıştır:

1- CD Oyster Card verileri kullanılarak, anket verilerindeki tüm yolculukların yakalandığı varsayılabilir.

2- Çok sayıda B-S ikilisi olması durumunda, anket verileri sapma göstermektedir.

CD Oyster Card verileri kullanılarak, anket verilerindeki tüm B-S ikililerinin yakalanmış olduğu gösterilirken, bazı sebeplerden dolayı bu sayı olması gerekenden daha düşük olarak sunulmuştur. Bu sebepler:

- Tamamlanmayan yolculuklar NFG istasyonlarda daha fazla görülmektedir. Yolcuların, bu istasyonlarda Oyster Card kullanmadan geçiş yapmasından dolayı NFG istasyonlara ait veriler, veri kümesi içerisinde daha düşük oranlarda bulunmaktadırlar.

- Şehirlerarası demiryollarında Oyster Card kullanılmadığından, bu hatlara entegre olan NFG istasyonlarda kullanıcılar genelde biletli geçiş yapmaktadırlar.

Yukarıda bahsedilen her iki sebepten ötürü, yolculuk sayıları olması gerekenden daha az çıkmaktadır. Bu durum CD Oyster Card verileri ile anket verilerinin karşılaştırılması sonucu ortaya çıkmıştır. Anket verilerinde %29 olarak belirlenen NFG istasyon girişleri, CD Oyster Card verileri ile %21 olarak belirlenmiştir. Bu farklılıklar istasyon düzeyinde çalışma yapıldığında ortaya çıkmaktadır. Özetlenecek olursa; belirtilen sebeplerden dolayı Oyster Card verisi için bir düzeltme yapılması, bu yüzden de bir büyütme faktörü belirlenmesi gerekmektedir.

Büyütme faktörü, CD Oyster Card veri kümesi içerisindeki sapmaların düzeltilerek, veri kümesinin tüm yolculukları gösterecek şekilde hazırlanmasını sağlamak üzere kullanılmıştır. Denklem 2.3'de istasyon giriş değerleri toplamı için CD Oyster Card veri kümesinin büyütülmesinde kullanılan denklem sunulmaktadır.

$$\sum_{i=1}^{273} [CD(A,i) \times RowFactor(A,i)] = E(A) \qquad \textbf{(2.3)}$$

CD(A,i): A istasyonundan i istasyonuna yapılan toplam yolculuk sayısı

RowFactor(A,i): A istasyonundan i istasyonuna yapılan yolculuklar için satır büyütme faktörü

E(A): A istasyonuna yapılan toplam giriş sayısı

RowFactor(A,i) değeri, Denklem 2.4 kullanılarak tüm (A,i) ikilileri için hesaplanacaktır. Bu denklem kullanılarak, FG ve NFG istasyonlar için farklı büyütme faktörü hesaplanarak, CD Oyster Card veri kümesi içerisindeki sapmalar düzeltilmiştir.

$$RowFactor\ (A,i) = \begin{cases} \frac{CD_{FG}(A)+ND_{FG}(A)}{CD_{FG}(A)}\ if\ i \in FG \\ \frac{CD_{NFG}(A)+ND_{NFG}(A)}{CD_{NFG}(A)}\ if\ i \in NFG \end{cases} \qquad \textbf{(2.4)}$$

FG = {Fully Gated Stations}={S1,S2,…,S205}

NFG = {Non-Fully Gated Stations}={S206,S207,…,S273}

$CD_{FG}(A)$ : A istasyonundan tüm FG istasyonlara yapılan yolculuklara ait CD Oyster Card kayıt sayısı

$CD_{NFG}(A)$ : A istasyonundan tüm NFG istasyonlara yapılan yolculuklara ait CD Oyster Card kayıt sayısı

$ND_{FG}(A)$ : A istasyonundan tüm FG istasyonlara yapılan yolculuklara ait ND Oyster Card kayıt sayısı

$CD_{NFG}(A)$ : A istasyonundan tüm NFG istasyonlara yapılan yolculuklara ait ND Oyster Card kayıt sayısı

$CD_{FG}(A)$ ve $CD_{NFG}(A)$ değişkenleri, FG ve NFG istasyonlara yapılan yolculuk sayısını göstermektedir. Bu değişkenlere ait değerler doğrudan CD Oyster veri kümesinden elde edilmiştir. $ND_{FG}(A)$ ve $ND_{NFG}(A)$ değişkenleri ise ND (Non-Documented) yolculuk sayısını göstermektedir. Bu değişkenlere ait değerler bilinmemektedir. Fakat Oyster veri kümesindeki sapma miktarının sadeleştirilmiş CD Oyster tabanlı yolculuklara oranlanması gerekmez. Bunun yerine sapma miktarını düzeltmek için, FG ve NFG istasyonlar için belirlenen anket tabanlı yolculuklara oranlanacaktır. Bu işlemler için kullanılan eşitlikler Denklem 2.5'de verilmiştir.

$$ND_{FG}(A) = min\left[\left(\frac{RODS_{FG}(A)}{RODS\ (A)} \times E(A)\right) - CD_{FG}(A), E(A) - CD(A)\right] \quad \textbf{(2.5)}$$
$$ND_{FG}(A) = E(A) - CD(A) - ND_{FG}(A)$$

Bu denklemlere göre,

$RODS_{FG}(A)$ :2004 yılı anket çalışmasına göre A istasyonundan diğer FG istasyonlara yapılan yolculuk sayısı

RODS(A) : 2004 yılı anket çalışmasına göre, A istasyonu başlangıçlı yolculuk sayısı

CD(A) : CD Oyster yolculuklarına göre, A istasyonu başlangıçlı yolculuk sayısı toplamıdır.

$RODS_{FG}(A)$ ve RODS(A) değişkenleri, anket tabanlı olarak, A istasyonundan FG istasyonlara ve sırasıyla tüm istasyonlara yapılan yolculuk sayısını göstermektedir. Bu değişkenlerin oranı, FG istasyonlar için anket verilerinden elde edilen yolculuk yüzdesini vermektedir. CD(A) değeri, doğrudan CD Oyster veri kümesinden elde edilen, A istasyonundan başlayan CD yolculuklarının toplam sayısını göstermektedir.

$ND_{FG}(A)$ ve $ND_{NFG}(A)$ sonuç değerleri daha önce Şekil 2.21' de verilen denklem, satır büyütme faktörünü belirlemek üzere kullanılmıştır. Sonuç olarak, CD Oyster veri kayıtları uygun katsayı (row factor) ile çarpılarak B-S matrisi elde edilir.

#### 2.2.2.4. Satır – sütun dengelemesi

Önceki bölümde elde edilen B-S matrisi sadece istasyon giriş toplamları ile eşleştirilmiş; çıkış toplamları dikkate alınmamıştı. Tekrarlanan Orantılı Uygunluk (Iterative Proportional Fitting – IPF) işlemleri ile elde edilen matrisin giriş ve çıkış toplamlarına göre eşleştirilmesi mümkün olmaktadır. Bu işlemleri kısaca aşağıda açıklanmıştır:

1- B-S matrisinin her hücresi, -yani her istasyon için- spesifik sütun düzeltme katsayıları ile çarpılır. Bu işlem sonucunda, istasyon çıkış (sütun) değerlerinin eşleştirildiği, giriş (satır) değerlerinin dikkate alınmadığı yeni bir B-S matrisi elde edilir.

2- Bu B-S matrisinin hücreleri de spesifik satır düzeltme katsayıları ile çarpılır ve yeni bir matris oluşturmak üzere, istasyon giriş toplamları ile eşleştirilir. İstasyon çıkış değerleri toplamı dikkate alınmaz.

3- Satır ve sütun değerleri dengelenene kadar ya da hedef değer ile küçük farklılıkta değerler elde edilene kadar bu işlemler tekrarlanır.

Sütun düzeltme katsayısı, her istasyon için hedeflenen çıkış toplam değerlerinin istasyon çıkışlarının en güncel değerleri ile bölünmesiyle hesaplanır. Benzer şekilde satır düzeltme katsayıları da hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, IPF algoritması MS Excel programı içerisindeki Visual Basic derleyicisi yardımıyla geliştirilmiştir. İşlem süresince beş iterasyon yapılması halinde, istasyon giriş ve çıkış toplam değerlerine oldukça yakın değerler elde edilebilmektedir.

#### 2.2.2.5. İşlem sonuçlarınınanalizi

2006 yılının 1. periyodu için hazırlanan uygulama sonuçlarının analizi, hazırlanan B-S matrisi ile anket verilerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması şeklinde yapılmıştır. Bu bölümde özellikle, kontrolsüz (NFG) istasyonlardaki yolculuk oranlarının düzeltilmesi ve yolculuk modelleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

**Kontrolsüz (NFG) istasyonlardaki yolculuk oranlarının düzeltilmesi**

Yolculuk oranları incelendiğinde, CD Oyster verisinden elde edilen B-S matrisine göre NFG istasyonların kullanım oranı %21olarak belirlenmiştir.Matrisin düzeltilmesi sonucu ise bu oran %28 olarak hesaplanmıştır. Anket verilerine göre ise bu oran %29'dur. İstasyon oranları düzeltilmiş olup; bu değerlerle anket verilerinden

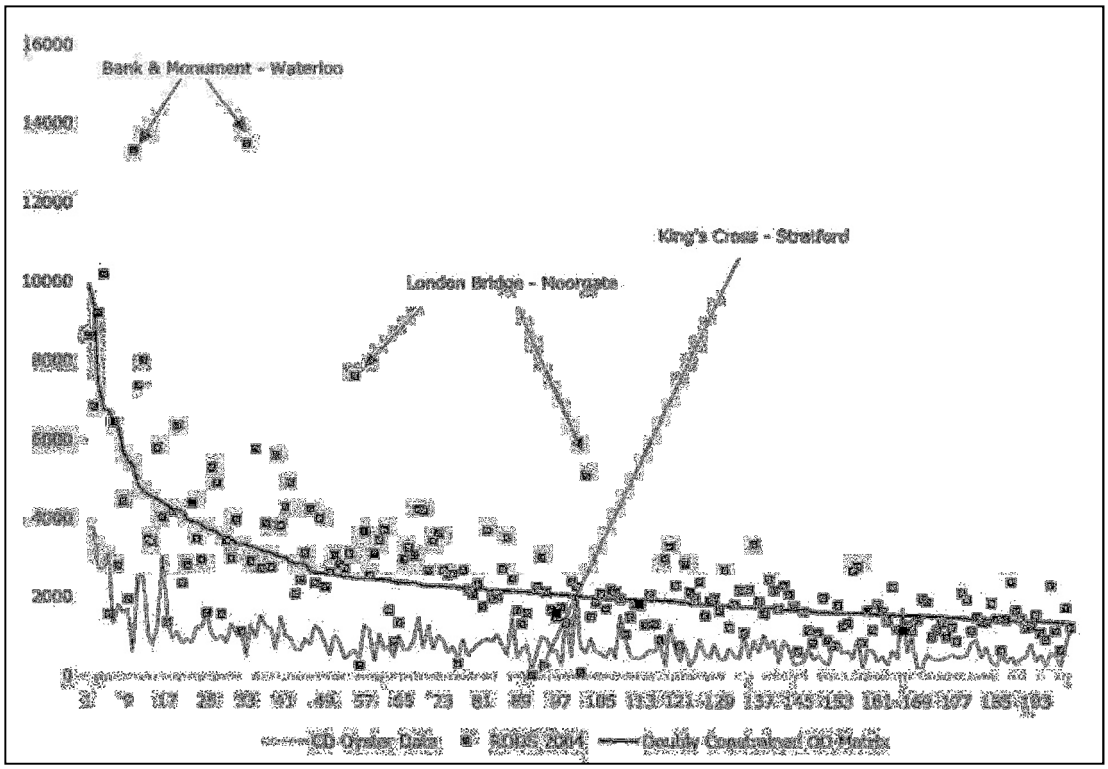
elde edilen değerler karşılaştırılabilir durumdadır. İstasyon değerlerinin oldukça benzer olduğu görülmektedir. Bu benzerlik %13 olarak belirlenen %RMSE değeri ile de desteklenmektedir.

**Yolculuk modelleri arasındaki farklılıklar**

En fazla yolculuğa sahip 200 adet B-S ikilisi Şekil 2.23'de görülmektedir. Bu grafiğe göre, her iki B-S matrisi arasında önemli farklılıklar olmasına rağmen,Oyster Card ve anket tahminlerinden elde edilen değerler aynı karakteristiktedir. Bu grafik aynı zamanda, Oyster Card bazlı tahminleri destekleyen iki önemli özelliği de göstermektedir:

1- 2004 yılı anket tahminlerine göre, Waterloo ve Bank & Monument İstasyonları arasında, Oyster Card verilerinden çok daha fazla sayıda yolculuk bulunmaktadır. Ancak, Nisan 2006'da, Waterloo ve City hattı, o tarihlerde bakımda olan bu iki istasyona doğrudan bağlanıyordu. Sonuç olarak, bu iki istasyonu kullanan yolcuların çoğu, daha kullanışlı bir güzergah oluşturduğu ve doğrudan tren bağlantısı olduğu için büyük olasılıkla komşu istasyonlara geçmektedirler.

2- Anket tahminlerinden elde edilen B-S ikilileri sayısı, genişletilmemiş CD Oyster Card değerlerinin çok daha altındadır. Şekil 2.16'de görüleceği üzere, King's Cross/St. Pancras İstasyonu'ndan Stratford İstasyonu'na yapılan yolculuk tahminleri buna örnek olarak verilebilir. Bu durum, bazı B-S ikilileri arasındaki yolculuk sayılarının, anket verileri kullanılarak olduğundan daha düşük tahmin edildiğine dair bir kanıt niteliğindedir.




**Şekil 2.16:**En fazla binişe sahip 200 adetB-S ikilisinin incelenmesi (Gordillo, 2006).

### 2.2.2.6. Sonuçlar

Bu çalışmada, AFC sistemi sayesinde birçok istasyonda giriş ve çıkış değerleri belirlenebilen Londra Metro Hatları için B-S matrisi tahmini yapmak üzere bir yöntem geliştirilmiştir. Akıllı kart kullanılan tüm metro sistemi için, AFC sisteminden elde edilen veriler, anket verilerine nazaran birçok avantaj sunmaktadır. Londra Metrosu için bu avantajlar şöyle sıralanabilir:

1- Geleneksel yolculuk anketleri ile 29.167 farklı B-S ikilisi arasındaki yolculuklar yakalanırken, AFC sistemi verileri ile 4 haftalık periyot içerisinde 54.425 farklı B-S ikilisi arasındaki yolculuklar yakalanmıştır. Yani AFC sistemi verileri ile anket verilerinden %86 daha fazla yolculuk yakalanmaktadır.

2- Metro yolculuklarının %9'u (26.459 B-S ikilisi arasında) anket veri kümesinde bulunmamaktadır. Bu durum, toplam yolculuğun %9'unun hatalı bir şekilde atandığını göstermektedir.

3- Anket verileri, kısıtlı bir zaman aralığında ve az sayıda istasyon için toplanan verilerden oluşurken, AFC sistemi verileri ile yıl boyunca işletmede meydana gelen tüm değişiklikler yakalanabilmektedir.

4- Planlama uzmanları, Londra Metrosu için yılda bir kez B-S matrisi üretirken, kullanılan matris 8 yıllık ortalama değerlerden üretilmektedir. Buna karşın, yapılan çalışmada sunulan yöntemlerin kullanılması ile istenilen zaman dilimi için istenilen detayda matris üretimi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda sıralanan avantajlara ek olarak, yapılan anket çalışmaları ile ilgili iki önemli olumsuz konuya da değinilmiştir:

1- Mevcut anketlerdeki yanıtlanmayan anket formu oranı oldukça yüksektir. Bu oran %78'lere kadar çıkabilmektedir.

2- Metro hatları 05:00'da çalışmaya başlamasına rağmen, anket çalışmaları 07:00'da başlamaktadır. Bu iki saatlik zaman dilimi arasında genelde uzun mesafeli yolculuklar yapılmakta ve yakalanamayan yolculuk oranı ise %3 civarında olmaktadır.

### 2.2.3 Otomatik veri toplama sistemleri kullanılarak otobüs sistemleri için başlangıç – son matrisi tahmin edilmesi

Alex Cui tarafından hazırlanan bu çalışmada, otobüs hatları içinB-S matrisi elde etmek üzere geliştirilen bir algoritmanın, Chicago Transit Authority (CTA) otobüs ağı üzerinde uygulanmasından ve sonuçlarından bahsedilmektedir. Ayrıca bu çalışmada, B-S matrisi elde etmek üzere kullanılan yöntemler de incelenmiştir. İncelenen dokümanların bir kısmında anket verileri ile tahmin yöntemlerinden bahsedilirken; bir kısmında da çeşitli veri kaynaklarından elde edilen verilerin kombinasyonları ile B-S matrisi tahminlerinden bahsedilmektedir. Bu çalışmada, anket verilerinin kullanılmasından ziyade, çeşitli veri kombinasyonları kullanılmak suretiyle tahmin yapılmaya çalışılmıştır. Yani, yöntem olarak basit bir yolculuk akışına dayanan çekirdek matris elde edilerek; yolcu biniş ve iniş sayılarına göre düzenlemeler yapılmıştır.

#### 2.2.3.1. Otomatik geçiş verileri ile B-S matrisi belirlenmesi

Otomatik geçiş verilerinin erişebilirliğinin artması ile son zamanlarda B-S matrisi belirleme yöntemleri oldukça kolaylaşmıştır. Farklı toplu taşıma işletmecilerine ait farklı biçimlerdeki veriler, her bir işletmecinin ya da araştırmacının farklı yöntemler geliştirerek B-Smatrisleri elde etmesine neden olmuştur.

Raylı sistemler ve denizyolu toplu ulaşım sistemleri ile lastik tekerlekli toplu ulaşım sistemlerinden (otobüs) gelen veriler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Şöyle ki, raylı sistemler ve denizyolu ulaşım sistemleri için yolculuk başlangıç noktasının belirlenmesi, sisteme giriş yapılan noktalar sabit olduğu için nispeten daha kolaydır. Ayrıca, sadece giriş (check-in) yapılan sistemler ile giriş-çıkış (check in-check out) yapılan sistemlerde farklı yöntemler izlenmektedir. Zira giriş-çıkış yapılan sistemlerde, sistem içi B-S matrisi, basit yöntemlerle, kolayca ve kesin olarak belirlenmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde, sadece giriş (check-in) yapılan sistemler için, yolculuğun son noktasını belirlemek üzere zincirleme yolculuk metodu (the trip-chaining method) incelenmiştir. Bu yöntemde, yolculuğun son noktası -ya da inilen son nokta- otomatik ücretlendirme sistemi verilerinden belirlenecektir. Bu çekirdek (seed) matrisin belirlenmesi için en önemli adımı teşkil etmektedir.İkinci bölümünde ise, Caliper firmasının New York City Otobüs İşletmesi (NYCT) için hazırladığı B-S matrisi belirleme yöntemleri incelenmiştir.

**Sadece giriş yapılan raylı sistemlerde yolculuk varış noktasının belirlenmesi**

New York City Transit (NYCT) ve Chicago Transit Authority (CTA)'nin de içinde bulunduğu Amerika Birleşik Devletleri (USA) raylı sistemlerinde ücret toplama sistemleri, sadece giriş kontrollüdür ve yolcuların varış noktaları eldeki veriler ile kesin olarak belirlenememektedir. Yolcuların varış noktalarının tespiti için zincirleme yolculuk metodu (the trip-chaining method) kullanılmıştır ve 3 temel kabul yapılmıştır. Bu kabuller:

1- Yolcuların bir sonraki hareketi, bir önceki hareketinin bitiş noktasından; yada çok yakındaki diğer bir istasyondan başlamaktadır.

2- Yolcuların günün son yolculuğundaki varış noktası, günün ilk yolculuğunun başlangıç noktasıdır.

3- Eğer yolcu raylı sistemden sonra otobüs kullanıyorsa, raylı sistem güzergahı ile otobüs güzergahının kesişimi, raylı sistem yolculuğunun varış noktası olarak belirlenmektedir (Zhao, 2004) (TransInfo, 2004).

Raylı sistem yolculuğunun varış noktası, hemen bir sonraki farklı sistemdeki yolculuğun başlangıç noktası olarak belirlenir. Buna, sonraki yolculuk metodu denilmektedir (the "next trip" method). Eğer günün son yolculuğu yapılıyorsa, günün ilk yolculuğunun başlangıç noktası, o yolculuğun varış noktası olarak kabul edilir. Buna, günün son yolculuğu metodu (the "last trip of the day" method) denilmektedir. Yolculuklar için varış noktaları belirlenirken, birkaç yolcunun tek bir kartı kullanması şeklinde bazı özel durumlarla da karşılaşılabileceği de belirtilmiştir.

California Transit Agancy (CTA) için yapılan çalışmada, sonraki yolculuk metodu ve günün son yolculuğu metotları birlikte kullanılarak, varış noktaları yaklaşık %80 doğrulukla belirlenmiştir. Bu iki kontrol Çizelge 2.9'da gösterilmiştir. Burada aynı gün içerisinde bir yolcunun yapmış olduğu iki raylı sistem yolculuğu gösterilmektedir. Buna göre, bir sonraki yolculuğun başlangıç noktası olan "Lake/State" istasyonu, ilk yolculuğun varış noktası olarak belirlenebilir. Aynı zamanda, günün ilk yolculuğunun başlangıç noktası olan "87th Street" istasyonu da ikinci yolculuğun varış noktası olarak belirlenebilir. Oklar, yolculuk boyunca değiştirilen lokasyonları göstermektedir.

**Çizelge 2.9:** Bir yolcu için zincirleme yolculuk metodu ile bir günlük yolculuğun izlenmesi(Cui, 2006).

| ZAMAN | TÜR | BAŞLANGIÇ İSTASYONU | VARIŞ İSTASYONU |
|---|---|---|---|
| 08:22:15 | Red Line | 87th (Red) | Lake/State (Red) |
| 16:00:00 | Red Line | Lake/State (Red) | 87th (Red) |

Tüm kartlı yolculuklar için, varış noktaları kesin olarak belirlenememektedir. Sistemde oluşan kaçak binişler, tekrarlı kart kullanımları ve kayıp yolculuklar bunun başlıca sebeplerindendir. Sistem genelinde binişler incelendiğinde, tüm yolcuların kart kullanmamış olabileceği, bir yolculuk kartını birden fazla yolcunun kullandığı durumlarla karşılaşılmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçak ve kayıp yolculuklar çıkarıldığında elde edilen yolculuk sayısı ile gün içerisindeki toplam yolculuk sayısı arasında fark meydana gelmektedir. Bu yolculuk farkını ortadan kaldırmak üzere gerçek toplama ulaşmak için, bulunan çekirdek matris ağırlıklandırılmaktadır.

#### 2.2.3.2. Otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak otobüs sistemi için B-S matrisitahmininde genel yaklaşım

B-S matrisi tahmini yapılırken, elde edilecek sonucun sağlıklı olması, erişilebilir veri tipi ve veri kalitesine bağlıdır. Bu çalışmada izlenen yönteme göre, işletmecinin tüm duraklar ve segmentler için biniş ve inişlerinin düzenlenebileceği çoklu ADC verisine sahip olduğu kabul edilmektedir. Yolculuk örnekleminin, duraklarda ya da segmentlerdeki biniş ve inişlere; hattın gidiş – dönüş yönlerine göre aktarmaların toplam değerine bağlı olduğu bilinmektedir. Genel yaklaşıma göre şu 3 adım dikkate alınmaktadır:

1- Satır formatındaki ADC verisi genelde APC verilerinden sağlanan biniş ve iniş verilerinden bir örneklem oluşturmak; başlangıç matrisi ve genelde AFC verilerinden elde edilen aktarma verilerini düzenlemek için işlenmektedir. İlk adım, her işletmeciye ait verileri ayrı ayrı düzenlemek ve genel bir biçime dönüştürmek üzere yapılan işleri kapsayan en zor adımdır.

2- Marjinal verilerin ve başlangıç matrisinin birleştirilmesi için otobüs hattına ait gidiş ve dönüş yönleri kombinasyonunu gösteren tek bir güzergaha ait B-S matrisinin üretimi için istatistiki yöntemler kullanılmıştır.

3- Tek bir güzergaha ait B-S matrisleri ile 1. adımdan gelen aktarma akımları arasında bir bağlantı kurulmak suretiyle kullanılmaktadır.

Bu çok adımlı işlemler, her adımda yolculuk modeli ile ilgili değerli bilgiler sağlamaktadır. Esas amaç, sistem düzeyinde B-S matrisi tahmin edilmesi olmasına rağmen, tek bir güzergaha ait B-S matrisi ve güzergah türlerine göre aktarma akımlarının toplamları gibi ara sonuçların çoğu toplu ulaşım işletmecileri için önemli planlama verileri oluşturmaktadır.

**Verilerin hazırlanması**

Bu aşamada, satır biçimindeki verilerin, sonraki adımlarda kullanılabilecek girdi verilerine dönüşümü için genel yaklaşım incelenmiştir. Farklı işletmecilerden farklı biçimlerde veriler gelmektedir ve ileride yapılacak çalışmaları kolaylaştırmak adına bu verilerin ortak bir biçime dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu adımdan elde edilecek çıktılar:

i) Biniş ve iniş sayıları,

ii) Başlangıç B-S matrisi,

iii) Tüm güzergahlar ve yönleri için aktarma akımları toplamları

şeklinde olmalıdır. Ayrıca, bu adımda birkaç faktörü dikkate almak gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi, net tür veriye erişilebildiğidir. Örneğin, bazı işletmecilerde AVL verileri bulunurken bazılarında bulunmamaktadır. Diğer bir faktör ise, kullanılacak veri boyutunun belirlenmesidir. Eğer kullanılabilecek veri toplam yolculuğun küçük bir oranını teşkil ediyorsa, bu verinin ne şekilde kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Örneğin işletmeci APC ekipmanlarına sahip değilse, biniş ve iniş toplam değerlerine ihtiyaç olup olmayacağı, tek bir güzergah için B-S tahmin yöntemi gereksinimlerine bağlı olarak değişmektedir.

**Tek hat için B-S matrisitahmini**

Her güzergah-yön için tek hat B-S matrisi oluşturmak üzere bir önceki bölümde düzenlenen veriler kullanılarak, marjinal değerler ile çekirdek matrisi birleştirebilir. Bu işlemleri yapmak üzere "Tekrarlanan Orantılı Uygunluk (Iterative Proportional Fitting – IPF)" ve "En Fazla Olabilirlik Tahmini (Maximum Likelihood Estimation – MLE)" yöntemleri kullanılmıştır (Spiess, 1987).

**Tekrarlanan orantılı uygunluk (IPF)**

Bu yöntem, Bregman'ın dengeleme yöntemi olarak da bilinmektedir. Diğer yöntemlere göre hesap işlemleri daha kolaydır. IPF yönteminde karşılaşılan en büyük zorluk, önemli sayıda potansiyel B-S ikilisine ait yolculuk değerlerinin çok düşük olması ya da sıfır olması durumudur. Bu durum yapısal sıfır ve yapısal olmayan sıfır yani düşük örneklem oranından kaynaklanan sıfır olma durumu şeklindedir. Eğer veri içerisinde yapısal sıfırlar bulunmuyorsa, IPF yönteminin tek (unique) çözümü olacaktır. Fakat, potansiyel yolculuk matrisinde birçok ikili arasındaki yolculuklar gözlemlenmemişse, IPF yöntemi sonuç olarak sıfır olmayan değerler verecektir. IPF yönteminde kullanılan denklemler şunlardır:

$$T_{ij} = a_i b_j t_{ij}, \forall_{i,j} \qquad \textbf{(2.6)}$$

$T_{ij}$: i'den j'ye toplam yolcuk,

$a_i$: Satır faktörü,

$b_j$: Sütun faktörü,

$t_{ij}$: i'den j'ye akım.

$$\sum_i T_{ij} = M_j, \forall_j \quad \textbf{(2.7)}$$

$M_j$: j segmenti için toplam iniş sayısı.

$$\sum_j T_{ij} = M_i, \forall_i \quad \textbf{(2.8)}$$

$M_i$: i segmenti için toplam biniş sayısı.

Eğer, $a_i^k$, k. iterasyon için satır faktörü ise, her iterasyon için o adımda nihai satır faktörü olacaktır, $a_i = \prod_k a_i^k$. Benzer şekilde, sütun faktörü de nihai halini alacaktır.

Bu denklem sistemi, farklı kaynaklardan gelen verideki tutarsızlıktan dolayı, tüm kısıtlar için tatminkar sonuçlar vermeyebilir. Bu durumlarda, toplam hatayı minimize etmek üzere $T_{ij}$ yada $a_i$ veya $b_j$ değerlerinde düzenleme yapılır.

**En fazla olabilirlik tahmini (MLE)**

Bu yöntem, "Poisson En Fazla Olabilirlik Tahmini – PMLE" olarak da bilinmektedir. Bu yöntemi formüle etmek için bazı kabuller yapmak gerekmektedir:

1- Poisson yöntemine göre yolcular ayrı ayrı dikkate alınırlar,

2- Biniş verisinde ihmal edilebilir sapmalar bulunabilir,

3- Tüm yolcular uygun olan ilk otobüse biniş yapabilir,

4- Biniş ve iniş sayıları birbirinden bağımsızdır.

En fazla olabilirlik tahminiyöntemi için, genelde sadece örnek B-S akışına (seed matrix) ve toplam değerlerden ziyade, örnek biniş–iniş sayılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bağımsız biniş ve iniş verileri arasında farklı değerler için simulasyon modeli test edilmiştir ve tahminlerin doğruluk derecesine herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.

**Ağ seviyesinde birbiriyle bağlantılı yolculuklar için B-S matrisitahmini**

Ağ seviyesinde incelenen otobüs yolculuklarına ilişkindeğişik tanımlamalar yapılabilir; bu yüzden, birbiriyle bağlantılı ve bağlantısız yolculukları tanımlarken aradaki farka dikkat etmek gerekmektedir. Bağlantısız yolculuk, bir yolcunun, bir araç kullanarak yapmış olduğu yolculuktur. Bağlantılı yolculuk ise, bir ya da daha

fazla bağlantısız yolculuğun, aktarma yapılarak birleştirilmesi ve bu şekilde bir kişinin başlangıç noktasından nihai varış noktasına ulaşmasıdır. İkiden fazla bağlantısız yolculuklarda aktarma yapılması nadiren gerçekleşmektedir. Bir güzergahta yapılan iki yolculuğun, aynı yönde olup olmadığı belirlenebilmektedir. Böylelikle aradaki erişimin aktarma olarak dikkate alınmaması uygun olacaktır. Bu tanımlamayla, otobüs sistemi için bağlı (linked) yolculuklara aitB-S matrisi oluşturulabilir. İlk yolculuğun biniş durağı, yolculuk serisinin başlangıç noktası olarak; son yolculuğun iniş durağı da bu bağlı yolculuğun varış noktası olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bir yolculuk serisindeki ilk bağlantısız yolculuk 1. yolculuk olarak; ikinci bağlantısız yolculuk ise aktarma yolculuğu (yada 1. aktarma yolculuğu) olarak tanımlanmıştır. Eğer tanımlama 2 aktarmaya izin veriyorsa, 3. bağlantısız yolculuk, 2. aktarma yolculuğu olarak dikkate alınmaktadır.

Tek hat için B-S matrisi dönüşümünü göstermek üzere önceki bölümde bir çalışma yapılmıştır. Bunun için genellikle AFC verilerinden elde edilen toplam aktarma sayılarına ihtiyaç vardır. Toplam aktara akımını veren temel adımlar şunlardır:

1- Yolculuk başlangıç ya da bitiş noktası belirlenir,

2- Aktarma akımları her hat için oluşturulan B-S matrisi içerisinden ayrılacaktır.

3- Aktarma akımları uygun başlangıç ve bitiş noktalarına dağıtılacaktır.

Çizelge 2.10'da aktarma içermeyen B-S matrisi ile aktarma içeren B-S Matrislerinin birleşimi görülmektedir.

**Çizelge 2.10:** Ağ düzeyinde B-S matrisi (Cui, 2006).

| | | VARIŞ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **1 No'lu Hat Üzerinden Varışlar** | **2 No'lu Hat Üzerinden Varışlar** | **……** | **n No'lu Hat Üzerinden Varışlar** |
| **BAŞLANGIÇ** | **1 No'lu Hat ile Başlayanlar** | 1 No'lu Hat İçin Aktarma İçermeyen B-S matrisi | 1 No'lu Hattan 2 No'lu Hatta Aktarma İçeren B-S matrisi | ……. | 1 No'lu Hattan n No'lu Hatta Aktarma İçeren B-S matrisi |
| | **2 No'lu Hat ile Başlayanlar** | 2 No'lu Hattan 1 No'lu Hatta Aktarma B-S matrisi | 2 No'lu Hat İçin Aktarma İçermeyen B-S matrisi | | |
| | **……** | ⋮ | | | |
| | **n No'lu Hat ile Başlayanlar** | n No'lu Hattan 1 No'lu Hatta Aktarma İçeren B-S matrisi | | | n No'lu Hat İçin Aktarma İçermeyen B-S matrisi |

**Toplam aktarma akımları**

Aktarma akımları toplamları, veri hazırlanma aşamasında elde edilmektedir ve sadece ağ düzeyinde B-Smatrisi tahmininde kullanıldığı için bu bölümde yer verilmiştir.

AFC verileri genelde aktarma akımları tahmini için ve ağ düzeyinde B-S matrisi tahmini için temel oluşturur. Veri erişilebilirliğine bağlı olarak, AFC verilerinden aktarma akım toplamları elde etmek için ya aktarma akımları toplulaştırılarak derecelendirilmeli; ya da diğer veri kaynaklarından tahminler yapılmalıdır.

Önceki bölümde her hattın gidiş ve dönüş yönleri için tek hat B-S matrisi oluşturulmuştu. Bu bölümde ise, ağ seviyesinde B-S matrisi oluşturmak için 1. ve 2. aktarmalara ait yönlerinbilinmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda, AFC verileri içerisinde yön bilgisi bulunmayabilir. Yön bilgisini araç kalkış kayıtlarından ya da AVL verilerinden tespit etmek mümkündür.

**Transfer akımının başlangıç yada varış noktasına dağıtımı**

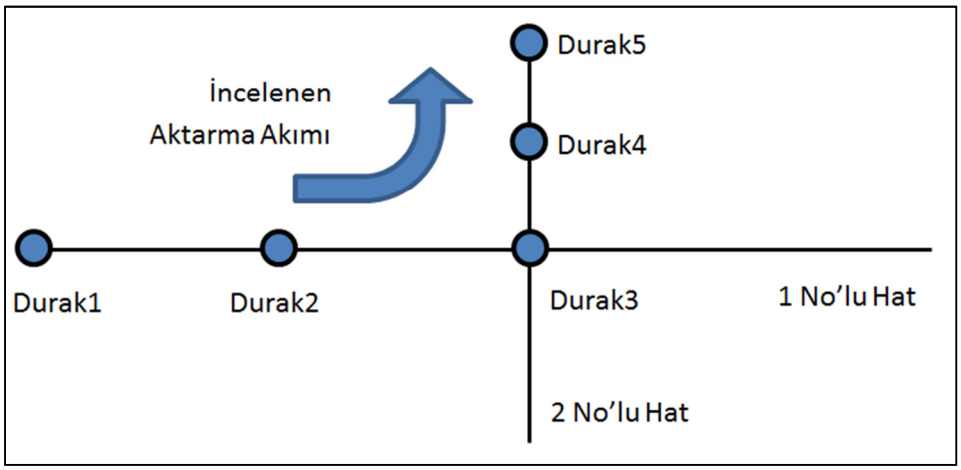
**a. Aktarmanın ilk ayağı**

Aktarmanın ilk ayağı için bu yolculuğun varış durağının, yani aktarma noktası olarak kabul edilecek durağın bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu aşamada incelenen aktarma durağından önceki gerçek başlangıç durağı bilinmemektedir. Başlangıç durağını belirlemek üzere, iki farklı yöntem ile transfer akımları uygun başlangıç noktalarına dağıtılabilir.

**Orantılı dağıtım**

Bu yöntem ile uygun olan tüm başlangıç noktalarından, aktarma noktalarına giden akım toplamları orantılı olarak başlangıç noktalarına dağıtılmaktadır. Bu yöntemin avantajı, Şekil 2.17'deki örnekte de görüleceği üzere basit olmasıdır:

Şekil 2.17'de görülen basit bir otobüs ağı incelenecek olursa, 1 nolu hattan, 2 nolu hatta Durak3 ile aktarma yapıldığı bilinmektedir. Şekil 2.18'de ise 1 ve 2 nolu hatlar için önceki adımda oluşturulan kısmi B-S matrisi görülmektedir. Her iki hat için diğer yön kombinasyonları arasındaki aktarmalar dikkate alınmamaktadır. Ancak, aynı yöntem diğer kombinasyonlar için de geliştirilebilir.




**Şekil 2.17:** Şematik otobüs ağı(Cui, 2006).

Şekil 2.18'de verilen girdi verisi ile aktarma akımının başlangıç noktasının belirlenmesi gerekmektedir. Tarif edilen yolculuğa göre başlangıç için uygun olan duraklar Durak1 ve Durak2'dir. Bu yöntem kullanılarak, aktarma akımları başlangıç noktalarına aynı oranda yani 3/2 oranında dağıtılabilir. Böylece, Durak1'den 3'e

akım 2• $\frac{3}{3+2}$ =1,2 ve Durak2'den 3'e akım 2• $\frac{2}{3+2}$ =0,8 olarak bulunur. Bu rakamların kesirli olması, B-S akımı için olasılıkları da göstermektedir.

| Hat 1 Doğu | | Varış | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Durak 1 | Durak 2 | Durak 3 |
| Başlangıç | Durak 1 | 0 | 1 | *3 |
| | Durak 2 | | 0 | *2 |
| | Durak 3 | | | *0 |

Hücre 1

Hücre 2

| Hat 2 Kuzey | | Varış | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Durak 3 | Durak 4 | Durak 5 |
| Başlangıç | Durak 3 | *0 | *4 | *5 |
| | Durak 4 | | 0 | 2 |
| | Durak 5 | | | 0 |

Hücre 3

Hücre 4

**Şekil 2.18:** Tek hat için kısmi matris(Cui, 2006).

**Düzenlenmiş IPF yöntemi**

Daha önce tek hat B-S matrisi oluşturmak için kullanılan IPF yönteminin gelişmiş bir yöntem olduğu kabul edilirdi. Bu yöntemde ise, IPF yönteminin belirli hatlar için transferleri gösteren "sanal durak" noktalarını varış noktası olarak içermesi gerekmektedir (Şekil 2.19).

| Hat 1 Doğu | Durak 1'e | Durak 2'ye | Durak 3'e | Toplam Biniş |
|---|---|---|---|---|
| Durak 1'den | 0 | 1 | *3 | 4 |
| Durak 2'den | | 0 | *2 | 2 |
| Durak 3'den | | | *0 | 0 |
| Toplam İniş | 0 | 1 | 5 | |

Eklenen Pseudo-Durak

| Hat 1 Doğu | Durak 1'e | Durak 2'ye | Durak 3'e | 2 No'lu Hatta Aktarma | Toplam Biniş |
|---|---|---|---|---|---|
| Durak 1'den | 0 | ? | ? | ? v1 | 4 |
| Durak 2'den | | 0 | ? | ? v2 | 2 |
| Durak 3'den | | | 0 | 0 | 0 |
| Toplam İniş | 0 | 1 | 5-2=3 (aktarma yok) | 2 (aktarma) | |

**Şekil 2.19:** Sanal durak noktaları ve düzenlenmiş IPF yöntemi (Cui, 2006).

Şekil 2.19, IPF yöntemiyle elde edilen standart B-S matrisini göstermektedir. B-S akımı, çekirdek matris ile marjinal değerlerin (toplam biniş ve iniş değerlerinin) birleştirilmesiyle oluşmuştur. Durak3'de sonlanan B-S akımları, aktarmasız akımları

(Durak3'ün varış durağı olarak belirlendiği bağlantılı yolculuklar) ve aktarma akımlarını içermektedir.

Şekil 2.19'da altta bulunan matrise "2 Numaralı Hatta Aktarma" isimli bir sütun eklenmiştir. Bu bir sanal duraktır ve Durak3'ün söz konusu yolculukların gerçek varış noktası olmamasına rağmen, varış noktası olarak dikkate alınmaktadır.

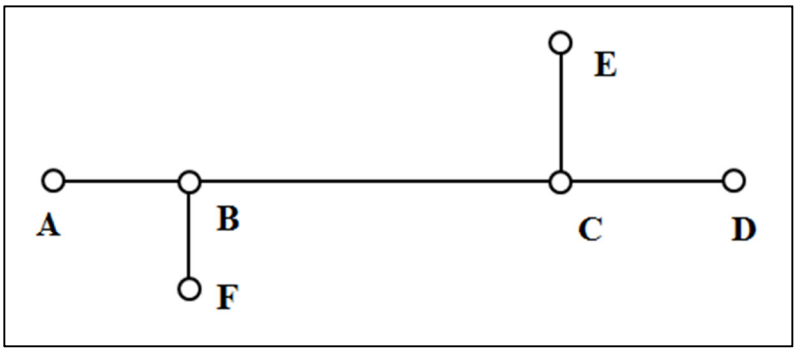
IPF yöntemi için kullanılan marjinal değerler ve çekirdek matris, sanal durak parametresinin eklenmesiyle yeniden düzenlenecek ve sanal durak verisi ile birlikte B-S matrisi yeniden oluşturulacaktır. Eğer incelenen hat, diğer hatlara birden fazla aktarma içeriyorsa, her potansiyel aktarma hattı için bir sanal durak eklenmelidir.

**Orantılı dağıtım ve düzenlenmiş IPF metotlarının karşılaştırılması**

Bu iki yöntem, aktarma akımlarının başlangıç ya da varış noktalarına dağıtımı için kullanılıyor olmasına rağmen; farklı kabuller üzerine kurulmuştur. Orantılı dağıtım kabulüne göre, B-S yolcu davranışları aktarmalı ve aktarmasız yolculuklar için aynıdır. Düzenlenmiş IPF yöntemi için ise böyle bir kabul yapmaya gerek yoktur. Genelde bu kabul doğru değildir, çünkü:

i) Çoğu zaman, aktarma yolculuklarına ait maliyetler önemli derecede düşük olmaktadır. Bu durum ise aktarmalı ve aktarmasız yolculuklar arasında davranış farklılığı yaratmaktadır. Örneğin bir yolcu otobüse binerek tam ücret ödemek yerine 10 dakikalık bir yürüyüşü tercih edebilir. Fakat bu yolcu sadece aktarma ücreti ödeyecek olsa, yürümek yerine otobüs binmeyi tercih edebilir.

ii) Belirli bir otobüs ağı yapısında, aktarma yolculuklarına ait B-S ikilileri aktarmasız yolculuklara ait ikililerden daha sınırlı olabilir. Örneğin, Şekil 2.20'de verilen basit ağ yapısı, ABCD duraklarından geçen 1 No'lu Hattı ve FBCE duraklarından geçen 2 No'lu Hattı göstermektedir. Bu iki hatta aynı tip otobüsler çalışmakta ve B-C durakları arasında aynı güzergahı paylaşmaktadırlar. Yolcular, B-C durakları arasındaki güzergâhta ücretsiz olarak iki hat arası aktarma yapabilmektedirler. Bu durumda, B ve C durakları arasındaki aktarma akımının, aynı duraklar arasındaki başlangıç ve son noktalarına erişim için ikinci bir ayağının olması mantıksızdır. Çünkü yolcular, B ve C durakları arasındaki varış noktalarına ulaşmak için ilk kullandıkları otobüs hattında kalmaktadırlar.




**Şekil 2.20:** Örnek otobüs ağı (Cui, 2006).

**b. Aktarmanın ikinci ayağı**

Aktarmanın ikinci ayağı için başlangıç noktasının ilk transfer durağı olduğu bilinmektedir. Fakat bu yolculuğun gerçek başlangıç noktasının hangi durak olduğu bilinmemektedir. Her iki yöntemle de transfer akımları uygun varış noktalarına dağıtılabilir.

**Aktarma akımı içermeyen B-S matrisi**

Ağ düzeyinde B-S matrisi oluşturmak üzere, daha önce bahsedildiği şekilde oluşturulan tek hat B-S matrislerinden aktarmasız akımların ayrılması gerekmektedir. Ayrılan direkt yolculuklar doğrudan ağ düzeyinde oluşturulan B-S matrisine dahil edilebilir. Bu adımın geliştirilmesi, önceki adımda hangi yöntemin kullanıldığına bağlıdır. Eğer, "Düzenlenmiş IPF Yöntemi" kullanıldıysa, sanal durak içeren yolculuklarda başlangıç ve varış noktalarına ilişkin bilgilerin kaldırılması yeterli olacaktır. "Orantılı Dağıtım Yöntemi" kullanıldıysa da aktarma akımlarını tüm yolculukları içeren B-S akımlarından çıkararak basitçe aktarma içermeyen matris elde edilebilir.

**Aktarma akımları B-S matrisi**

Birçok uygulamada, önceki adımda gösterildiği gibi aktarma akımları yeteri ölçüde başlangıç ve varış noktalarına dağıtılmıştır. Ancak, ağ düzeyinde B-S matrisi elde etmek için ilave bir adıma ihtiyaç duyulacaktır. Bu adımda, dağıtım yapılırken aktarmanın ilk ayağının başlangıç noktası ile ikinci ayağının bitiş noktası arasında bağlantı kurulacaktır. Bu aktarma akımları matrisi ile aktarmasız tek hat B-S matrislerini birleştirerek ağ düzeyinde B-S matrisi elde edilebilir.

| **Hat 1 Doğu'dan Hat 2 Kuzeye Aktarma** | İniş Hat 2 Durak 4 | İniş Hat 2 Durak 4 | Toplam Biniş |
|---|---|---|---|
| Biniş Hat 1 Durak 1 | 0.53 | 0.67 | 1.2 |
| Biniş Hat 1 Durak 2 | 0.36 | 0.44 | 0.8 |
| Toplam İniş | 0.89 | 1.11 | Toplam Aktarma |

Aktarmanın ilk ayağından elde edilen

IPF Yönteminin Sonuçları

Aktarmanın 2. ayağından elde edilen

**Şekil 2.21:**Aktarma akımları B-S matrisi(Cui, 2006).

Önceki örneğe devam edilecek olursa, Şekil 2.21'da aktarma akımları için hesap işlem akışı görülmektedir. 1 Nolu Hat için, Durak1 (ve Durak2)'deki toplam aktarma yolculuklarına ait binişler, "Toplam Aktarma Akımları" bölümünde anlatıldığı şekilde belirlenmiştir. Benzer şekilde, 2 Nolu Hattın Durak4 (ve Durak5)'deki toplam iniş değerleri, "Aktarma Akımının Başlangıç yada Varış Noktasına Dağıtımı" bölümünde anlatıldığı şekilde belirlenmiştir. Artık, marjinal değerleri kullanarak IPF yöntemi ile de B-S akımı tahmin edilebilir.

Bu durumda, AFC verilerinden yüksek yoğunluklu aktarma noktaları için çekirdek matrisi oluşturulabilir. Fakat genellikle aktarma B-S akımları oldukça düşük olmaktadır. Sonuç olarak, çekirdek matris düşük kalitede oluşturulmuş olacaktır. Yani çekirdek matrisin buradaki faydaları yetersiz kalmaktadır.

### 2.2.4 İncelenen çalışmaların değerlendirilmesi

Literatür araştırması kapsamında birçok çalışma incelenmiş olup; çalışma konusuyla paralellik gösteren ve çalışma sırasında da faydalanabilecek nitelikteki çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

Yapılan çalışmalarda genel olarak benzer yöntemler kullanılmış olmasına rağmen, incelenen sistemlerle ilgili olarak farklı kabuller yapılmıştır. Örneğin bazı çalışmalarda yolculuk sırasında yapılan aktarmalar dikkate alınırken, bazı çalışmalarda dikkate alınmayarak ya tümden silinmiştir ya da bu transfer yolculukları da birer bağımsız yolculuk olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, çalışmaların büyük

kısmında ya iki farklı yöntem karşılaştırılmış ya da seçilen bir yöntem sonuçları, anket verileri sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

İncelenen çalışmalarda kullanılan veriler, izlenen yöntem ve sonuçları yorumlayacak olursak:

Farzin (2007)tarafından Sao Paulo kenti otobüs sistemleri ve BRT hatları için yapılan çalışma tüm kenti kapsamamakta, sadece kentin kuzey batı kesimi için sonuç aranmaktadır. Bu çalışmada aktarma verileri kullanılmamış, doğrudan gelen veri içerisinden aktarmalar çıkarılmıştır. Otobüs filosunun tamamında AVL donanımları bulunmadığı için bu araçlara ilişkin konum tespiti yapılamadığından ilgili yolculuk verileri de doğrudan genel veri içerisinden çıkarılmıştır. Konum belirleme çalışmaları ile ilgili olarak, durak konumlarının çok sağlıklı olmadığı belirtilmiştir. Örneklem olarak kullanılan yolculuk yüzdesi otomatik ücretlendirme sistemleri için oldukça düşüktür. Ayrıca, bilet kullanım değerleri sistem genelinde büyütülmeden karşılaştırma yapılmıştır. Otomatik ücretlendirme verileri 2006 yılına ait iken; karşılaştırıldığı anket verileri 1997 yılına aittir; yani, karşılaştırılan veriler arasında 10 senelik zaman farkı bulunmaktadır. Nüfus artmış ve ulaşım ağları gelişmiş olmasına rağmen 2006 yılında elde edilen yolculuk toplamları 1997 yılı toplamlarından daha düşük olarak belirlenmiştir.

Diğer bir çalışma ise Gordillo (2006)tarafından hazırlanmıştır. Çalışma, Londra Metrosu genelinde B-S matrisi tahmini için otomatik ücretlendirme sistemi verileri ile anket verilerinin entegrasyonu hakkında bilgi vermektedir. Farzin (2007) tarafından hazırlanan çalışmada sadece otobüs sistemleri ele alınırken; bu çalışmada ise sadece metro sistemleri için B-S tahmin çalışmaları yapılmıştır. Çalışma 2006 yılı verileri kullanılarak hazırlanırken; karşılaştırma için 2004 yılı anket verileri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen metro sisteminde, şehirlerarası raylı sistem hatlarıyla entegre olan istasyonlarda biniş kontrolü yapılmamaktadır. Bu yüzden bu istasyonlara ilişkin değerler, sayım verilerinden gelen değerlerle birlikte kullanılmaktadır. Kullanılan otomatik ücretlendirme sistemi verileri nisan ayına ait iken, sayımlar sadece kasım ayı boyunca yapılmaktadır. Her iki tür veri arasında dönemsel yolculuk farklılıkları olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sayım verileri, hem OysterCard kullanıcılarını hem de şehirlerarası hatlardan gelen yolcuları içerdiği için elde edilen değer olması gerekenden daha büyük çıkmaktadır.

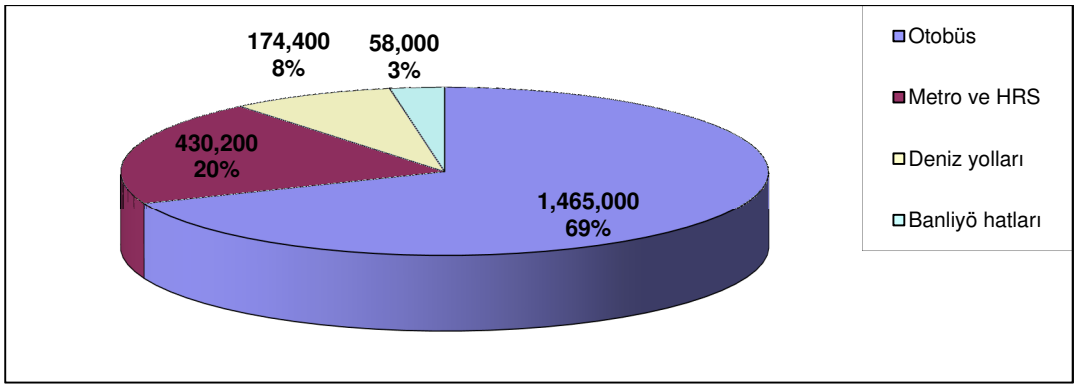
Cui (2006) tarafından hazırlanan çalışmanın, diğer çalışmalara göre daha kapsamlı olduğu; çalışmada kullanılan erişilebilir veri açısından da daha güvenli olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, öncelikle hat bazında inceleme yapılarak geliştirilen algoritma, tüm hatları kapsayacak şekilde uygulanmıştır. Çalışma kapsamında farklı işletmecilerden gelen veriler arasındaki farklılıkların getirdiği zorluklardan ve veri kayıplarından bahsedilmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda, otobüs hatları ile birlikte raylı sistem hatlarının da çalışmaya dahil edilerek, raylı sistemlerden gelen otomatik ücretlendirme verilerinin de mevcut verilerle ilişkilendirilerek daha kapsamlı bir B-S matrisi elde edileceği belirtilmiştir.

# 3. İSTANBUL TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ

Coğrafi yapı olarak İstanbul, kuzeyde Karadeniz, güneyde ise Marmara Denizi tarafından çevrelenmiş iki yarımadanın birleşimi şeklindedir. Bu iki yarımada, aynı zamanda da Asya ve Avrupa kıtaları, İstanbul Boğazı ile birbirinden ayrılmış durumdadır. İstanbul'un kuzeyi su havzaları ve geniş ormanlık alanları barındırırken;kent merkezi, İstanbul'un güney kesiminde bulunmakta ve 12.9 milyonu geçen kent nüfusu ise doğu – batı yönünde büyüyen kentin ağırlıklı olarak güney kesiminde yer almaktadır.

Kent bütün olarak incelendiğinde, Avrupa yakasında sanayi ve iş merkezleri; Anadolu yakasında ise konut ve yerleşim merkezleri oranının daha büyük olduğu göze çarpmaktadır. Bu durumun sonucu olarak da ulaşım talebi genel olarak doğu – batı yönünde gelişmektedir. 1995'li yıllardan itibaren İstanbul ve diğer büyük şehirlerde su, enerji ve ulaştırma altyapı olanakları planlanırken, konut inşaatı, yol inşaatı sektörlerinde önemli ve hızlı gelişmeler gözlenmiş; bu gelişmeler doğrultusunda İstanbul'un nüfusu ve ulaştırma talebi; genel ölçekte hergeçen gün İstanbul'un kuzeyine, kara tarafına doğru; Doğu ve Batı taraflarına doğru büyümesine paralel olarak artışlar göstermiştir.

İstanbul'un hızla büyüyen nüfusu 12.9 milyona kadar ulaşmış olup; ilerleyen dönemlerde ise yıllık 500 bin kişi civarında artış beklenmektedir. Yerel şartlar ile etkileşim halinde olan bu hızlı büyüme, toplu taşımacılığı büyük oranda zorlaştırmaktadır. Özellikle kentin ulaşım darboğazları olarak niteleyebileceğimiz iki köprü üzerinde dikkate değer büyüklükteki trafik, yoğun saatlerde bir şişe boynu oluşturmaktadır. Mevcut ulaşım sorunun giderilmesine ilişkin üçüncü bir köprü projesi, Marmaray tüp tüneli ve motorlu araçlar için olası bir tüp tünel projesi gibi projelerin gerçekleştirilmesi adına çalışmalar yapılmaktadır. İstanbul'daki toplu taşımacılığı göz önünde canlandırabilmek için, düşünülmesi gereken en önemli konulardan biri de hareket bilgisi ve yolcuların farklı davranışlarıdır. Akbil verilerinin analizi sonucunda İstanbul'da bir günde yapılan toplu taşımacılığın farklı taşıma türlerine göre dağılımıŞekil 3.1'de gösterilmiştir. Akbil verileri kullanım tarihi itibariyle Metrobüs ve özel halk otobüsü verilerini içermemektedir.




**Şekil 3.1:**İstanbul toplu taşımacılığının türlere göre dağılımı (Belbim A.Ş., 2006).

### 3.1 Toplu Taşıma Sistemi Ağ Yapısı

Çok merkezli kentsel bir yapı ile coğrafi durum ve tarihi yapılar, İstanbul içinbelirgin bir sistemin tanıtılmasını diğer şehirlere nazaran daha zor kılmaktadır. Mevcut yol sistemi nedeniyle, saf, dairesel, teğetsel ya da düz açılı ağ sistemi kurmak mümkün olmamaktadır. İstanbul'un gelişimi esnasında oluşturulan otobüs ağı,kentsel gelişme ile birlikte sürekli olarak genişletilerek mevcut duruma adapte edilmiştir.

Şuankitoplu taşıma ağı, şehir merkezinin tümünü kapsaması, otobüs durakları arasında kısa mesafeler olması, bir noktadan diğerine seyahat ederken mevcut olan farklı olasılıklar, seyahat alternatifleri gibi bazı avantajlar sunmaktadır. Otobüs hatları, yüksek yolcu kapasiteli toplu ulaşım hatlarını besleyici olarak düzenlenmiştir. İstanbul sürekli gelişmekte olan bir kent olması sebebiyle raylı sistem altyapısı henüz tamamlanmamıştır. Zaman içerisinde tamamlanan raylı sistem hatları, Metrobüs hatları gibi yüksek kapasiteli toplu ulaşım hatları, mevcut toplu taşıma ağına ilave edildikçe, mevcut otobüs hatları da bu hatları besleyici olarak düzenlenmekte ve bu hatlarla kesiştiği noktalar aktarma merkezleri haline getirilmektedir.

Öte yandan, mevcut otobüs hattının Avrupa şehirleriyle karşılaştırıldığında nispeten daha karmaşık olduğu görülmektedir. Bu durumun, gerek İstanbul'un diğer Avrupa şehirlerine göre daha büyük olması, gerekse de yol ağı uzunluğunun daha fazla olması sebebiyle hat ve otobüs sayısının fazla olmasının sonucu olduğu anlaşılmaktadır.

## 3.2 Mevcut Tarife Sistemi

Bu çalışmada, verilerin analizi için temel alınan 2006 yılında, İstanbul toplu taşıma sisteminde oldukça basit bir tarife sistemi uygulanmaktadır. Bu tarife sistemine göre, İETT ve özel halk otobüsleri, tramvay, metro, İDO,TDİ ve özel deniz motorlarında tek biniş ücreti ödeyerek yolculuk yapılmakta olup; boğaz geçişleri ve uzun mesafeli yolculuk yapan iki katlı otobüslerde çift biniş ücreti;bunların dışında uzun mesafeli deniz yolculukları ve deniz otobüslerinde ise daha yüksek biniş ücretleri ödenmekteydi. 2010 yılı itibariyle, özellikle 42 km. uzunluğundaki Metrobüs Hattı'nın işletmeye alınmasıyla birlikte mesafe bazlı ücretlendirme sistemi uygulanması gündeme gelmiştir. Önümüzdeki birkaç yıl içerisinde hizmete girecek olan Marmaray Raylı Sistem Hattı'nın ve diğer metro hatlarının ücretlendirmesinde de mesafe bazlı ücretlendirme uygulaması planlandığı belirtilmektedir.

## 3.3 Mevcut Toplu Taşıma Türleri

İstanbul ulaşımından sorumlu birçok yetkili kurum bulunmaktadır. Bu kurumların büyük bir kısmı yerel yönetime bağlıdır.Yerel yönetimde ulaşımla ilgili karar mercii, İstanbul ulaşımından sorumlu Genel Sekreter Yardımcılığı makamıdır. Hiyerarşik sıralamada Genel Sekreter Yardımcılığı'nın altında bulunan Ulaşım Daire Başkanlığı'na bağlı 6 müdürlük bulunmaktadır. Bunlar, Raylı Sistem, Ulaşım Koordinasyon, Ulaşım Planlama, Yol Bakım ve Onarım, Trafik ve Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlükleri'dir.

Genel olarak, toplu ulaşım yatırımları yerel yönetim tarafından yapılarak, işletme için ilgili iştirak şirketine devredilmektedir. Bunların dışında, Merkezi Hükümet'in Ulaştırma Bakanlığı aracılığı ile yapmış olduğu ulaşım yatırımları bulunmaktadır. Ayrıca, 2010 yılında yayınlanan, Ulaştırma Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında 3348 sayılı Kanun (a) bendi şöyledir: "Devletçe yaptırılacak demiryolları, limanlar, barınaklar ve bunlarla ilgili teçhizat ve tesislerin, kıyı koruma yapıları, kıyı yapı ve tesislerinin ve hava meydanlarının ve Bakanlar Kurulunca yapımının üstlenilmesine karar verilen şehir içi raylı ulaşım sistemleri, metrolar ve bunlarla ilgili tesislerin alakalı kuruluşlarla işbirliği yaparak plan ve programlarını hazırlamak, gerçekleştirilmesi için gerekli tedbirleri almak ve imkanları sağlamak, araştırma, etüt, istikşaf, proje, keşif, şartname ve inşaatları ile bakım ve onarımlarını

yapmak veya yaptırmak, yapımı tamamlananları ilgili kuruluşlara devretmek, yapılmış olanların bakımı ve onarımlarının organizasyonu için esaslar hazırlamak." Buradan da anlaşılacağı üzere yatırım maliyetleri oldukça yüksek olan ve yapımı uzun süreler alan raylı sistem yatırımlarına ilişkin finansmanın Merkezi Hükümet bütçesinden karşılanmasının önü açılmıştır. Çoğu Avrupa ülkesinde de raylı sistem yatırımları merkezi hükümet tarafından yapılmaktadır.

İstanbul'da bulunan toplu ulaşım türleri, lastik tekerlekli toplu ulaşım sistemleri, raylı ulaşım sistemleri ve denizyolu toplu ulaşım sistemleri olarak üç ana başlıkta toplanmaktadır. Bu bölümde söz konusu sistemlere ilişkin toplu ulaşım türleri ve bu türlere ilişkin detaylar yer almaktadır.

### 3.3.1 Otobüs

İstanbul geneli toplu ulaşım sistemleri ile taşınan yolcu sayıları incelendiğinde türlere göre en yüksek oranın otobüslerde olduğu görülmektedir. Otobüs işletmeciliği, İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlı olan, İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü sorumluluğundadır. Ayrıca, kent genelinde Belediye Otobüsleri ile birlikte Özel Halk Otobüsleri de hizmet vermektedir.

İETT'nin 537 hattan oluşan bir otobüs ağı vardır. Belediye Otobüsleri'nin hizmet verdiği 437 İETT hattı mevcut olup; 152 hat Özel Halk otobüsleriyle paylaşılmaktadır. İETT, 2824 adetlik otobüs filosu için, 9 adet otobüs terminali işletmektedir (Şekil 3.2). İETT, 3.275adet kapalı ve 5.355 adet açık olmak üzere toplam 8.630 otobüs durağına sahiptir.

**Şekil 3.2:**İETT otobüsleri (İETT, 2009).

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı'na bağlı Trafik Müdürlüğü denetiminde çalışan Özel Halk Otobüsleri, 1985 yılında Belediye Başkanlığı`nın teklifine binaen alınan UKOME kararıyla İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün yönetim, yürütüm ve denetimine verilmiştir. Bu bağlamda Otobüs İşletme Daire Başkanlığı'na bağlı Özel Halk Otobüsleri Şube Müdürlüğü kurularak çalışmalar bu birim çatısı altında sürdürülmektedir. Sadece Özel Halk otobüsleri tarafından işletilen 100 adet hat bulunmaktadır. Bir bütün olarak ele alındığında, toplam 252 hatta hizmet veren 2050 adet Özel Halk Otobüsü bulunmaktadır.

### 3.3.2 Minibüs

Minibüsler, geçmişte toplu ulaşım sistemlerinin yetersizliği nedeniyle, sistemin açığını kapatmak üzere küçük girişimci tarafından gerçekleştirilen ara toplu taşımın bir türü olarak nitelenebilir. 12.03.1986 tarih ve 86/3-2 sayılı UKOME kararı ile minibüslerin çalışma şekil ve şartlarını belirleyen minibüs yönergesi kabul edilmiş ve bu yönergede minibüsün tanımı "yapısı itibari ile sürücüden başka 8-14 oturma yeri olan ve insan taşımak için imal edilmiş bulunan motorlu taşıtlar" olarak yapılmıştır.Minibüs hatlarına ait güzergahların belirlenmesi, ruhsatlandırma vs. işlemler İstanbul Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır.

İstanbul kent içi ulaşım sisteminde 118 hatta ait 338 güzergahta toplam 6360 minibüs çalışmaktadır. Minibüslerin %60'ı Avrupa, %40'ı ise Anadolu yakasına hizmet vermektedir. Minibüslerin kentiçi toplu taşımadaki payı %18,3'dür. Otomatik ücretlendirme sistemine dahil değildir. Ücretlendirme nakit para ile yapılmaktadır. Yolcu biniş ve iniş yerleri serbest olduğu için İstanbul trafiğine olumsuz etkileri oldukça büyüktür. Minibüs hatları, toplu ulaşım sistemlerinin gelişerek, raylı sistemler ve Metrobüs gibi yüksek yolcu taşıma kapasiteli sistemlerin hizmete girmesiyle birlikte, bu sistemleri besleyici hatlar olarak düzenlenmektedir.

### 3.3.3 Taksi Dolmuş

Taksi Dolmuşlar, İBB Ticari Taksi ve Dolmuş yönergesinde,"Yapısı itibariyle şoförü dahil en çok 8 oturma yeri olan, insan taşımak için imal edilmiş bulunan, kişi başına tarifeli ücretle yolcu taşıyan ticari motorlu araç" olarak tanımlanmıştır.İstanbul kent içi toplu ulaşım sisteminde 24 hatta toplam 572 taksi dolmuş hizmet vermektedir. Otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmayıp; nakit para ile yolculuk

yapılmaktadır. Yolcu binişleri için sabit durakları olmasına karşın, iniş yerleri serbesttir.

### 3.3.4 Taksi

Taksi taşımacılığı, şoför hariç 4 yolcu taşıma kapasitesine sahip binek araçlarla, taksimetre ücreti karşılığında, yolcu taşımacılığının yapıldığı lastik tekerlekli toplu taşıma türü olarak tanımlanabilir. Taksi işletmeciliği kapsamında hizmet veren araçların, standart ve teknik özellikleri, işletim sistemleri, taksi ruhsat sahipleri ile yolcu ve şoförlerin hak ve yükümlülükleri ile birlikte çalışmaları sırasında uymaları gereken kurallar, "İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ticari Taksi ve Taksi Dolmuş Yönergesi" ile belirlenmiştir. 2006 yılında düzenlenen taksilerin çalışma esaslarını belirleyen yönerge, 2009 yılında ihtiyaç, talep ve değişen kanunlar çerçevesinde revize edilerek yürürlüğe konulmuştur.

İstanbul genelinde 16.600 adet ticari taksi faaliyet göstermektedir. Belirli bir taksi durağına bağlı olarak çalışan ticari taksiler çoğunlukta olmasına karşın, serbest olarak çalışan ticari taksi taksilerde bulunmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, özellikle serbest çalışan ticari taksileri denetim altına almak üzere çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca, ticari taksilerin tek merkezden yönetilmesine ilişkin çağrı merkezi kurulmasına ilişkin çalışmalar da yapılmaktadır. Böylelikle ticari taksilerin kentiçi trafiğe olan olumsuz etkilerinin giderilmesi hedeflenmektedir.

### 3.3.5 Servis

Servis araçları, şehir içi servis hizmetlerinde kullanılan otobüs ve minibüs sınıfı araçlardır. Öğrenci, personel, turizm ve ücretsiz servisler gibi türevleri bulunmaktadır. İstanbul genelinde yaklaşık 50.000 adet servis aracı bulunmaktadır. Servis araçları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü tarafından ruhsatlandırılmaktadır. Öğrenci servisleri, UKOME tarafından belirlenen fiyat tarifesine göre ücretlendirilmektedir. Diğer servislere ilişkin ücretlendirme ise bağlı bulundukları özel şirketler tarafından karşılanmaktadır.

### 3.3.6 Raylı sistemler

Banliyö Hatları, Hafif Raylı Sistemler (LRT), Metro, Tramvay, Füniküler Sistem ve Teleferikler, raylı ulaşım sistemleri kapsamında incelenecektir.

Mevcut durumda, Anadolu ve Avrupa yakalarında iki ayrı banliyö hattı bulunmaktadır. Bu hatların işletmesi Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları tarafından yürütülmektedir. Bu iki hattı birleştirecek olan Marmaray Boğaz Tüp Geçişi Projesi'nin İstanbul Boğazı geçişi için imal edilen betonarme tüpler 2010 yılı itibariyle yerleştirilmiştir. Bu proje kapsamında "Mevcut Banliyö Hatlarının Rehabilitasyonu" işi de bulunmaktadır. Proje tamamlandığında İstanbul, yüksek kapasiteli, hızlı ve konforlu bir banliyö taşımacılığına kavuşacaktır.

Banliyö hatları dışındaki raylı sistem hatlarının işletmesi, bakım ve onarım işleri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştirak şirketlerinden olan İstanbul Ulaşım A.Ş. sorumluluğundadır. Bu hatlara ilişkin bilgiler Çizelge 3.1'de yer almaktadır.

**Çizelge 3.1:**2006 yılı raylı sistem hatları (İstanbul Ulaşım A.Ş., 2006).

| NO | HAT ADI | UZUNLUK (KM) | TAŞINAN YOLCU (KİŞİ/ GÜN) |
|---|---|---|---|
| 1 | TAKSİM–4.LEVENT | 8,5 | 195.895 |
| 2 | AKSARAY-HAVAALANI | 19,3 | 252.289 |
| 3 | TÜNEL–TAKSİM | 1,6 | 5.000 |
| 4 | TÜNEL–KARAKÖY | 0,6 | 14.000 |
| 5 | TAKSİM–MAÇKA | 0,3 | 2.000 |
| 6 | KADIKÖY–MODA | 2,60 | 5.000 |
| 7 | ZEYTINBURNU - KABATAŞ | 11,2 | 215.484 |
| 8 | ZEYTINBURNU - BAĞCILAR | 5,12 | 55.923 |
| 9 | EYÜP-PİYERLOTİ | 0,42 | 2.100 |
| | TOPLAM | 49,64 | 747.691 |

Mevcut Raylı Sistem hatlarında ücretlendirme otomatik ücretlendirme sistemi ve jeton ile yapılmaktadır. Bu hatlarda mesafeye göre ücretlendirme yapılmadığı için yolcular, istasyon çıkışlarında tekrar kartlarını kullanmamaktadırlar. Bu sistemde de yolcuların gerçek iniş noktaları belirlenememekte, otobüs verileriyle beraber tahmin edilmektedir. Mevcut ücretlendirme sistemlerinin ve yüksek yolcu taşıma kapasiteli sistemlerin gelişmesiyle birlikte, Metrobüs sisteminde 2010 yılı itibariyle uygulamaya geçecek olan "mesafeye dayalı ücretlendirme" uygulaması, önümüzdeki yıllardan itibaren raylı sistemlerde de uygulanacaktır. Böylelikle, yolcuların iniş yaptığı istasyonlar doğrudan tespit edilerek; B-S matrisi oluşturma çalışmalarının hata oranları düşürülebilecektir.

### 3.3.7 Denizyolu sistemleri

İstanbul'da deniz yolu toplu taşımacılığı, İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş. ve Özel Deniz Motorları Taşımacılığı (Dentur, Tur-Yol, Mavi Marmara) olmak üzere başlıca 2 operatörle sağlanmaktadır. Deniz taşımacılığı İstanbul'da tüm toplu taşıma türleri içerisinde %4'lük bir orana sahiptir. Ancak, Avrupa ve Asya yakalarının bağlantısı açısından çok önemli bir rolü vardır. Taşınan yolcu sayısına göre, özel deniz motorları %29 ve İDO %71 oranında yolcu taşımaktadır.

İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş. denizyolu toplu taşımacılığında dünya genelinde ilk sırada bulunmaktadır. İDO A.Ş. filosu içerisinde, 10 adet hızlı feribot, 25 adet deniz otobüsü (Şekil 3.3), 17 adet araba vapuru ve 34 adet şehir hatları vapuru bulunmaktadır. Bu filo, 19 hatta, 31 noktaya taşımacılık hizmeti sağlamaktadır.

İDO A.Ş. iskelelerinde otomatik ücretlendirme ve jeton ile yolculuk yapılabilmektedir. Böylelikle, bu iskelelerden biniş yapan yolculara ilişkin veriler diğer toplu ulaşım sistemlerinden gelen verilerle birleştirilerek, özellikle yakalar arası yapılan toplu ulaşım yolculuklarının tespitinde herhangi bir kayıp olmamaktadır.

**Şekil 3.3:**Deniz otobüsü (İDO A.Ş., 2008).

# 4. B-S MATRİSİ TAHMİNİ İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEM

B-S Matirisi tahmini için kullanılan yöntemlere,2. Bölüm'dedeğinilmişti. Bu bölümde ise diğer çalışmalardan farklı olarak hazırlanmış olan araç konumlarının tespiti ile birlikte 2. Bölüm'de bahsedilen yöntemlerden Zincirleme Yolculuk Metodu'nu kullanarak yolculuk matrisi elde etme aşamalarını ve ağırlıklandırma işlemleri ile B-S matrisini oluşturmak üzere izlenen yöntem açıklanacaktır.

Çalışma kapsamında ilgili verilerin hazırlanmasıyla birlikte, 29 Mayıs 2006 tarihine ait 1 günlük Akbil verisi veritabanına yüklenerek veri madenciliği işlemlerine başlanılmıştır. Araç konumlarının tespiti ile birlikte her akbil kullanım noktasının da (yolculuk başlangıç noktası) konumu tespit edilmiş olacaktır. Minimum yolculuk süresi ölçütüne göre gerçek yolculuklar ve aktarma yolculukları tariflenmektedir. Buna göre, aktarma yolculukları belirlenerek veritabanından elendiğinde gerçek yolculuklara ulaşılmış olacaktır. Aktarma yolculukları veritabanından elenmesine karşın, bu yolculuklara ilişkin toplam değerler tutularak ağırlıklandırma aşamasında dikkate alınmaktadır.

Akbil kullanıcılarının, dönüşlü yolculukları o kullanıcılara ait yolculukların izlenebilmesini sağlamaktadır. İzleme işlemleri, araç konumlarının belirlenmesine bağlıdır. Herhangi bir Akbil kullanma anı için aracın konumu kalkıştan itibaren geçen zaman esas alınarak hesaplanmaktadır. Bu yüzden kent genelinde, incelenen tüm araçlara ilişkin kalkış verilerinin hazırlanması gerekmektedir. Bu kısım sonunda Akbil veritabanına konumverileri de eklenmiş olmaktadır. Artık tüm yolculuk ifade eden veriler yolculuk başlangıç noktaları ile hazırlandıktan sonra, yolculuk bitiş noktalarının belirlenmesi ile ilgili işlemler yapılabilmektedir. Yolculuk bitişlerinin belirlenmesine ilişkin işlemler tamamlandıktan sonra,veritabanına her akbil basış satırı için başlangıç ve bitiş bilgileri girilmiş olacaktır. Böylelikle her yolculuğa ilişkin başlangıç ve bitiş ikilileri hazırlanmış olacak; buradan da yolculuk matrisine geçilebilecektir. Sonrasında ise tüm yolculuk toplamları dikkate alınarak ağırlıklandırma işlemi uygulanacak, böylelikle kent genelinde toplu taşıma B-S matrisine ilişkin tahmin çalışmaları tamamlanacaktır.

## 4.1 Verilerin Hazırlanması

Çalışma kapsamında kullanılacak verileri, vektörel ve sayısal veriler olarak iki kısma ayırabiliriz. Sayısal veriler, akbil veri kümesi, araç kalkış verileri, vb. türü verilerdir. Vektörel veriler ise hat ve duraklara ilişkin CAD ya da GIS tabanlı verilerdir.

Bilindiği gibi, çalışmanın neticesinde elde edilecek B-S matrisinin doğruluğu, çalışmada kullanılan verilerin doğruluğu ile orantılıdır. B-S matrisini tahmin etmek için doğru model ve yöntemleri geliştirmek büyük önem taşımaktadır (Lundgren, 2007). Bu yüzden çalışmaya başlamadan önce, verilerin çalışma için uygun formata getirilmesi, aynı zamanda da verilerde bulunan hata ve eksiklerin giderilerek veriler arasında bağlantı kurmak üzere düzenlemeler yapmak gerekmektedir. Verilerin hazırlanması, "Akbil Veri Kümesinin Hazırlanması", "Araç Kalkış Verilerinin Hazırlanması" ile "Hat ve Durak Verilerinin Hazırlanması" şeklinde üç başlık halinde incelenmiştir.

### 4.1.1 Akbil veri kümesinin hazırlanması

Akbil ve validatör olarak adlandırılan Akbil okuyucu cihazlara ilişkin teknik çalışmalar İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait iştirak şirketlerinden olan BELBİM A.Ş. tarafından yürütülmektedir. Çalışma kapsamında kullanılacak akbil verileri BELBİM A.Ş.'den temin edilmiştir. Ham veri olarak temin edilen veriler, ORACLE programı ile veritabanına dönüştürülmüştür.Veritabanı şeklinde hazırlanan ham verilerden çalışma ile ilgili alanlar ayıklanarak, gereksiz sütunlar elenmiştir. Böylece veritabanın boyutu küçülerek sorgu işlemleri sırasında oluşacak zaman kayıpları da önlenmiş olacaktır.

Akbil verisi içerisinde birçok alan bulunmaktadır.Şekil 4.1'de verilen ham akbil verisinde görüldüğü üzere,bilet tipi, akbil no, zaman, tarih, otorite, önceki otorite,hat, araç no, ücret, harcama indeksi, yükleme indeksi, harcanan kontör, kalan kontör ve transfer alanları bulunmaktadır (Şahin ve Altun, 2007).

| Tip | Seri | Zaman | Tarih | Tom Kategori | Otorite | OncekiOtorite | Hat | Arac No | Ucret | Harcama Indeksi | Yukleme Indeksi | Harcanan Kontör | Kalan Kontör | Transfer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K | 0007B369 | 07:07:30 | 2006-05-29 | 0 | 2 | 10 | 89 | 84-141 | 0 | 50 | 5 | 150 | 7500 | 0 |
| K | 0007B369 | 18:46:21 | 2006-05-29 | 0 | 11 | 10 | HATNO-1 | HU-181 | 0 | 4 | 230 | 85 | 202 | 0 |
| K | 00200030 | 17:23:30 | 2006-05-29 | 0 | 4 | 1 | ZBN-ZBN | ZEYTINBURNU | 0 | 10 | 58 | 150 | 166 | 0 |
| K | 00200030 | 17:23:32 | 2006-05-29 | 0 | 4 | 4 | ZBN-ZBN | ZEYTINBURNU | 0 | 69 | 93 | 150 | 4650 | 0 |
| A | 00200040 | 14:52:07 | 2006-05-29 | 8 | 2 | NULL | 35C | 98-136 | 0 | 2 | 195 | 85 | 435 | 0 |
| K | 0020004F | 09:43:31 | 2006-05-29 | 8 | 2 | NULL | 85 | 06-269 | 8 | 5 | 126 | 150 | 317 | 0 |
| K | 00200066 | 17:09:19 | 2006-05-29 | 0 | 2 | NULL | 130 | 06-803 | 0 | 3 | 77 | 150 | 875 | 0 |
| B | 00200087 | 21:46:12 | 2006-05-29 | 0 | 2 | NULL | 35 | 06-149 | 0 | 58 | 45 | 150 | 6300 | 0 |
| K | 0020008B | 10:10:49 | 2006-05-29 | 8 | 2 | NULL | 86V | 06-154 | 8 | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL |
| K | 0020008B | 14:25:32 | 2006-05-29 | 8 | 2 | NULL | 38B | 92-579 | 0 | 7 | 12 | 85 | 5400 | 0 |
| J | 00200092 | 07:16:35 | 2006-05-29 | 0 | 2 | 2 | 48H | 97-221 | 0 | 4 | 49 | 150 | 550 | 0 |
| J | 00200092 | 18:18:57 | 2006-05-29 | 0 | 2 | NULL | 15C | 93-571 | 0 | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL |
| K | 0020009C | 17:07:52 | 2006-05-29 | 8 | 2 | NULL | 15BK | 92-598 | 0 | NULL | NULL | NULL | NULL | NULL |

**Şekil 4.1:**Ham akbil verisi.

Ham akbil verisi içerisinde kullanılacak olan alanlar, akbil no, tarih-saat, bilet tip, arac no, validatör no, operator, ücret tipi ve transfer alanlarıdır. Bu alanları içeren veritabanı hazırlandıktan sonra, elde edilen veritabanı üzerinde tekrar düzenlemeler yapılacaktır. Ancak bu düzenlemeler yapılan işleme göre değişiklik gösterdiği için, Bölüm 4.2'deki ilgili algoritmalar kısmında yeri geldikçe yapılan düzenlemelerden bahsedilecektir.

Çalışma kapsamında kullanılan alanlar detaylı olarak incelendiğinde bu alanların bir kısmında çeşitli kodlamalar kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, bilet tipi alanında kullanılan K, kontörlü bilet tipini; A, abonman bilet tipini; B, butonlu yani ücretsiz geçişleri; J ise jetonlu geçişleri göstermektedir. Bu aşamada, ücretsiz ve jetonlu geçişler elenmiştir. Ücret alanında ise 0, tam bileti; 1, TCDD personelinin ücretsiz geçişlerini; 2, TDİ Adalar geçişlerini; 8 ise indirimli bilet kullanıldığını göstermektedir.Ototrite alanında kullanılan kodlamaların karşılıkları ise Çizelge 4.1'de görülmektedir.

**Çizelge 4.1:**Otorite alanı için kullanılan kodlama (Belbim A.Ş., 2007).

| ID | OTORİTE | ID | OTORİTE |
|---|---|---|---|
| 0 | Deniz Otobüsleri | 11 | İstanbul Halk Ulaşım |
| 1 | M1 Aksaray-Havalimanı | 15 | Avrupa Demiryolları |
| 2 | Otobüs | 18 | T3 Kadıköy-Moda |
| 3 | Tünel | 21 | M2 Taksim-4.Levent |
| 4 | T1 Zeytinburnu-Kabataş | 23 | Anadolu Demiryolları |
| 5 | Nostaljik Tramvay | 27 | Teleferik |
| 7 | Şehir Hatları | 999 | FRM Dosyaları |
| 9 | T4 Edirnekapı-Sultançiftliği | | |

### 4.1.2 Araç kalkış verilerinin hazırlanması

Araç kalkış verileri 2006 yılında sayısal olarak değil de elle tutulmaktaydı. Bu verileri kullanabilmek için, 29 Mayıs 2006 tarihli Akbil verileri ile hazırlanan çalışmayla uyumlu olması açısından, o tarihe ilişkin kalkış verileri sayısal biçimdedüzenlenmiştir. İstanbul genelinde yaklaşık 100 hareket amirliğinden temin edilen ORER verileri sayısallaştırılarak tek kaynakta toplanmıştır. Bu çalışmanın düzenli bir şekilde yapılabilmesi için Microsoft Access programında bir form hazırlanmıştır (Şekil 4.2). Bu form, sayısal ortama aktarılacak verilerin birbirleriyle olan ilişkisi düşünülerek ve veri girişi sırasında oluşabilecek hata oranını en aza indirmek üzere tasarlanmıştır. Arka planda, hat numarası, hat adı, araç numarası, servis numarası ve kalkış yeri bilgileri tutulmaktadır. Böylelikle bu bilgilere otomatik erişim mümkün olmaktadır.

Sonuç olarak, hat kodu, hat adı, otobüs kalkış yeri, otobüs no, servis no, şoför no, araç geliş saati, planlanan araç kalkış saati, gerçekleşen araç kalkış saati bilgilerini içeren kapsamlı bir ORER tablosu elde edilmiştir. Bu tablo B-S matrisi tahmini için kullanılacak temel tablolardan birisidir. Ancak, bu işlevinin yanı sıra incelenen sistemle ilgili, işletmeye dair önemli bilgiler de içermektedir.

ORER

| HAT KODU | HAT ADI | KALKIŞ YERİ | OTOBÜS NO | SERVİS NO | ŞOFÖR NO | GELİŞ SAAT | ESAS HAT SAATİ | HAREKET SAATİ | AÇIKLAMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11E | ESATPAŞA-ÜSK.ŞEN | ESATPAŞA | 626 | | | 21:00 | 21:10 | 21:10 | |
| 11E | ESATPAŞA-ÜSK.ŞEN | ESATPAŞA | 623 | | | 21:20 | 21:35 | 21:35 | |
| 11E | ESATPAŞA-ÜSK.ŞEN | ESATPAŞA | 591 | | | 21:30 | 21:50 | 21:50 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 648 | 861 | 3747 | 06:30 | 06:45 | 06:35 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 088 | ÖHO | | | 06:55 | | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 651 | 863 | 11242 | 06:45 | 07:05 | 06:45 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 089 | ÖHO | | 06:50 | 07:15 | 06:50 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 582 | 865 | 3503 | 07:15 | 07:25 | 07:15 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 090 | ÖHO | | 07:35 | 07:35 | 07:35 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 642 | 867 | 10196 | 07:45 | 07:45 | 07:45 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 091 | ÖHO | | | 07:55 | | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 566 | 869 | 33247 | 08:15 | 08:05 | 08:15 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 648 | | | 08:30 | 08:15 | 08:30 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 088 | ÖHO | | | 08:25 | | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 651 | | | 08:50 | 08:35 | 08:50 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 089 | ÖHO | | 08:30 | 08:45 | 08:30 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 582 | | | 09:05 | 08:55 | 09:05 | |
| 11Y | YAVUZTÜRK MH.-Ü: | YAVUZTÜRK MH. | 090 | ÖHO | | 09:25 | 09:05 | 09:25 | |
| 19K | KAYIŞDAĞI MAHALL | YEDİTEPE ÜNİV.K/ | 475 | 2507 | | 10:25 | 10:05 | 10:25 | |
| 19K | KAYIŞDAĞI MAHALL | YEDİTEPE ÜNİV.K/ | 483 | 7007 | | 10:35 | 10:25 | 10:35 | |
| 19K | KAYIŞDAĞI MAHALL | YEDİTEPE ÜNİV.K/ | 372 | 2501 | | 10:45 | 10:50 | 10:50 | |
| 19K | KAYIŞDAĞI MAHALL | YEDİTEPE ÜNİV.K/ | 470 | 2503 | | 11:45 | 11:10 | 11:10 | |

Kayıt: 1 / 2054 Filtre Yok Ara

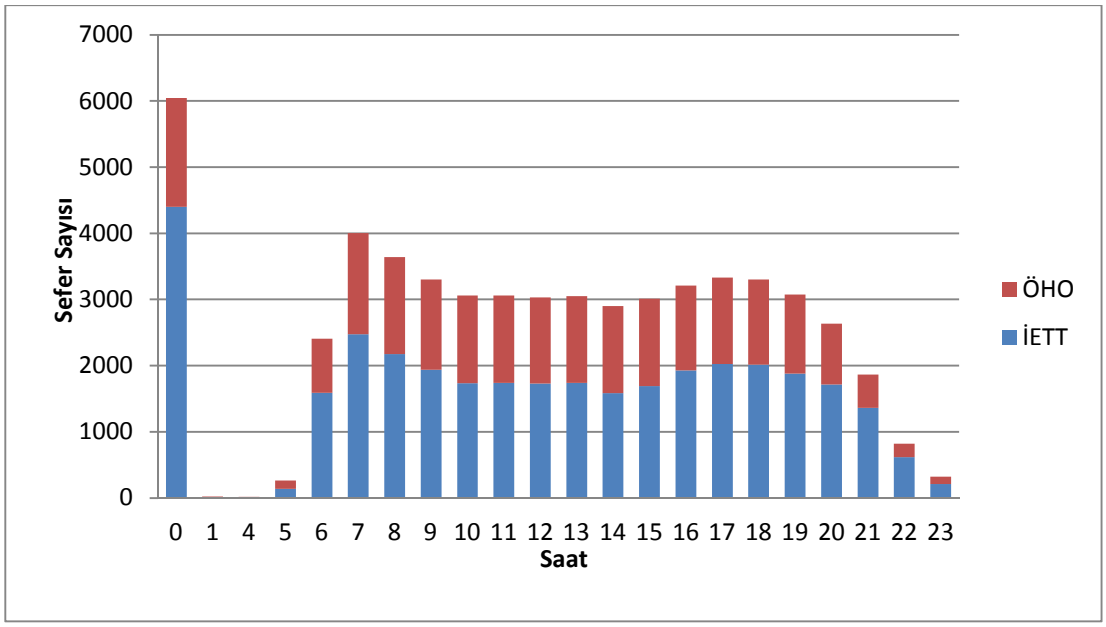
**Şekil 4.2:**ORER veri giriş formu arayüzü.

Araç kalkış verilerinin hazırlanması kapsamında 56.372 adet veri girişi yapılmıştır. Bu değer aynı zamanda İstanbul genelindeki İETT ve Özel Halk Otobüsleri'nin günlük toplam sefer sayısını ifade etmektedir. Çizelge 4.2'de, İETT ve Özel Halk Otobüsleri'ne ilişkin saatlik toplam sefer sayıları ve Şekil 4.3'de de bu çizelgeye ilişkin grafik gösterimi yer almaktadır.

**Çizelge 4.2:** İstanbul geneli otobüs seferlerinin saatlik toplam değerleri.

| Saat | İETT | ÖHO | Genel Toplam |
|---|---|---|---|
| 00:00 | 4399 | 1645 | 6044 |
| 01:00 | | 24 | 24 |
| 04:00 | 3 | 16 | 19 |
| 05:00 | 139 | 125 | 264 |
| 06:00 | 1587 | 821 | 2408 |
| 07:00 | 2473 | 1532 | 4005 |
| 08:00 | 2176 | 1462 | 3638 |
| 09:00 | 1937 | 1366 | 3303 |
| 10:00 | 1735 | 1323 | 3058 |
| 11:00 | 1740 | 1319 | 3059 |
| 12:00 | 1729 | 1300 | 3029 |
| 13:00 | 1741 | 1310 | 3051 |
| 14:00 | 1584 | 1317 | 2901 |
| 15:00 | 1693 | 1318 | 3011 |
| 16:00 | 1926 | 1282 | 3208 |
| 17:00 | 2027 | 1303 | 3330 |
| 18:00 | 2014 | 1290 | 3304 |
| 19:00 | 1881 | 1195 | 3076 |
| 20:00 | 1715 | 919 | 2634 |
| 21:00 | 1362 | 502 | 1864 |
| 22:00 | 615 | 206 | 821 |
| 23:00 | 210 | 111 | 321 |
| **Genel Toplam** | 34686 | 21686 | 56372 |

Çizelge 4.2 incelendiğinde, 02:00 ve 03:00 saatlerinde sefer yapılmadığı görülmektedir. Ayrıca, 00:00 saatinde sefer sayısı toplamının oldukça büyüktür. Bunun nedeni, saat bilgisi bulunmayan kalkış verilerinin 00:00-01:00 saat aralığında bulunmasıdır ve bu veriler elenecektir.




**Şekil 4.3:**İstanbul geneli otobüs seferlerinin saatlik toplam değerleri.

ORER verileri çalışma kapsamında kullanılmadan önce yukarıda da bahsedildiği üzere saat bilgisi bulunmayanlar elenecektir. Ayrıca, ilk aşamada incelenen Akbil veri kümesinin hazırlanması kısmında da değinildiği gibi ÖHO biniş verileri genel veri kümesi içerisinde yer almamaktadır. Bu yüzden, 21.686 adet ÖHO kalkış verisi de elenmektedir. Bunların dışında, erişilemeyen kalkış verileri, otobüslerde bulunan validatör cihaz numaraları ile akbil verilerindeki validatör numaralarının eşleşmemesi, otobüslerin rotasyonu sırasında validatörlerin yeni hat için kodlanmaması (dolayısıyla araç bilgisi ve kalkış bilgisi arasında uyumsuzluk bulunması), eksik ve hatalı veri girişleri gibi sebeplerden dolayı bir kısım verinin elenmesiyle birlikte, sağlıklı olarak kullanılacak verilerin oranı %22 civarında kalmaktadır. Bu oran hat bazında dikkate alınırsa, akbil verilerinden gelen tüm otoritelere ait hat sayısı 514'dür. Akbil verilerindeki uyumsuzluktan dolayı yapılan eleme sonucu geriye kalan İETT hat sayısı ise 441 olmaktadır. ORER verileri ile akbil verilerinin eşleştirilmesi sonucunda ise toplam 285 İETT hattının çalışma kapsamında değerlendirilebileceği görülmektedir. Böylelikle toplam İETT hatlarının %65'inin çalışma kapsamında değerlendirildiği ortaya çıkmaktadır.

### 4.1.3 Hat ve durak verilerinin hazırlanması

Bu aşamada hazırlanan verilerin büyük bir kısmı, CAD ya da GIS tabanlı vektörel verilerdir.Bunların dışında yapılandüzenlemeler ise sayısallaştırılmış veriler ya

dasayısal formatta elde edilmiş ancak, diğer verilerle aralarında uyumsuzluk bulunan verilerin düzenlenmesi şeklindedir. Bu bölümü, vektörel verilerin düzenlenmesi ve sayısal verilerin düzenlenmesi olarak iki başlık altında inceleyebiliriz.

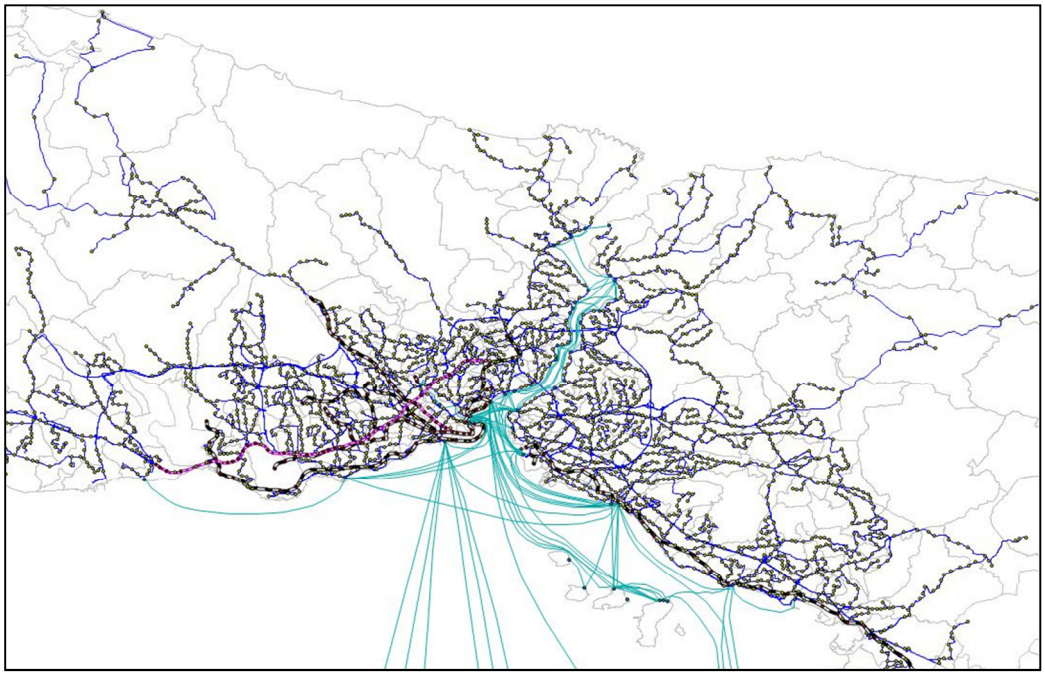
#### 4.1.3.1 Vektörel verilerin düzenlenmesi

Çalışma kapsamında kullanılan vektörel veriler, toplu ulaşım hatları, iskele, durak, istasyon ve ulaşım bölgelerine (zon) ilişkin veriler olarak sıralanabilir. Bu veriler, B-S matrisi tahmini ile ilgili işlemler kapsamında kullanılacağı gibi aynı zamanda da elde edilen matrisin atanması sırasında da simulasyon programında kullanılacak biçimde düzenlenmiştir.

İETT tarafından oluşturulan hat ve durak verileri WGS-84 projeksiyonunda hazırlanmıştır. Arazi çalışmaları esnasında, durak yerlerinin ve güzergahların belirlenmesi GPS cihazları ile yapılmaktadır. GPS koordinat sistemi WGS-84 projeksiyonu ile uyumlu çalıştığı için vektörel hat ve durak verileri de bu projeksiyon sistemine uyumlu olacak şekilde hazırlanmıştır. Hat ve durak verileri, GIS programlarında ortak veri tipi olarak kullanılan Shape (*.shp) formatında temin edilmiştir. Shape formatında hazırlanan veriler, vektörel ifadelerle birlikte aynı zamanda öznitelik bilgisi de tutmaktadır. Örneğin bir hat verisinin görsel olarak coğrafi durumu incelenirken aynı zamanda da bu hatta ilişkin hat numarası, hat adı, hat uzunluğu, vs. bilgilere de rahatlıkla ulaşılabilmektedir. Çalışma sonuçlandırırken kullanılansimülasyon programı Shape formatını desteklemektedir. Ancak, hat ve duraklara ilişkin verilerin vektörel özelliklerinin, bu simülasyon programının algılayabileceği şekle dönüştürülmesi gerekmektedir. İETT otobüs hat ve durak verileri incelendiğinde, hat ve durak verilerinin birbirleri arasında uyumsuz olduğu görülmüştür. Bu uyumsuzlukların başında durak verilerinin hat verileri ile çakışmama sorunudur. Bunun dışında, otobüs hatları kimi zaman süreklilik göstermeyip hat içerisinde kopuk “link”lerin bulunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, hat boyunca, hatla ilgisi olmayan linklere de rastlanmıştır. Bu tür olumsuzluklar giderilmeden, bu verilerle simülasyon programının çalışmayacağı bilindiği için, gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemelerin hat ve durak sayısı dikkate alındığında, tek tek yapılması uzun süreler alacağından; bu veriler önce CAD programlarının desteklediği “Drawing Exchange Format” yani DXF formatına dönüştürülmüştür. DXF vektörel formatı da Shape formatı gibi öznitelik

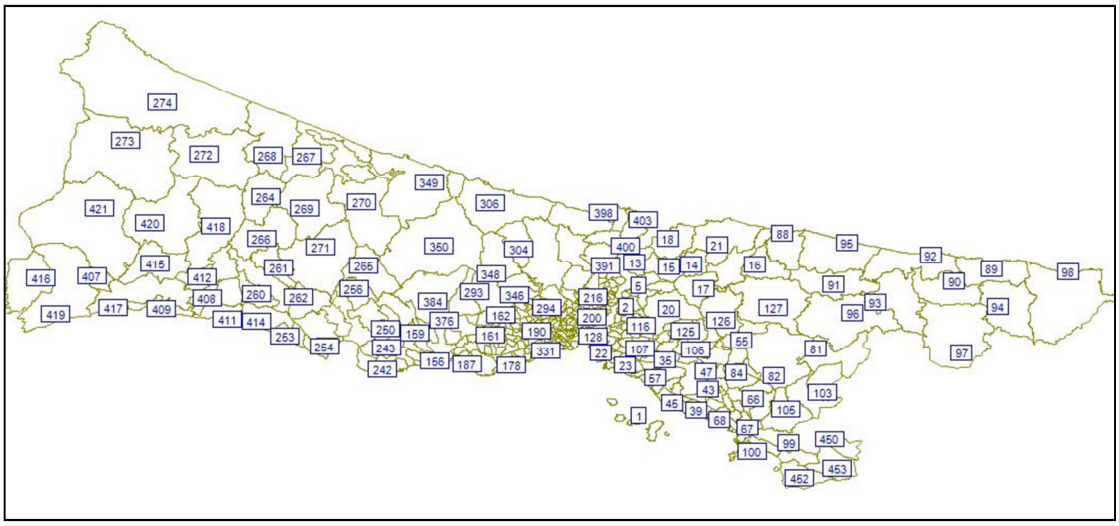
bilgisi(attribute) tutmakta ve aynı zamanda tüm veriye ASCII formatında yani metin (text) olarak erişilebilmektedir. Tüm hat ve durak verileri DXF formatına dönüştürüldükten sonra hazırlanan yazılım ile yukarıda bahsedilen uyumsuzluklar giderilmiştir. Uyumsuzlukları tek tek gidermeye çalışmak, 528 hatta ait gidiş ve dönüş verileri ile 8.278 adet durak verisi (gidiş ve dönüş yönleriyle birlikte peron bölgelerinde bulunan duraklar ayrı ayrı incelenmiştir) gözönüne alındığında günlerce sürecek bir çalışmayı gerektirmektedir. Sonuç olarak, hat verilerindeki uyumsuzluklar giderilerek her durak ait olduğu hat ile ilişkilendirilecek şekilde yeni koordinatlarına taşınmıştır. Bununla birlikte, simülasyon programında toplu ulaşım hatları tanımlanırken hatlara ilişkin vektörel verinin, hat boyunca tek bir link olarak ifade edilmesi yerine duraklar arasındaki linklerin ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıştırma işlemi de durakların yeni koordinatlarına taşınmasından sonra yine hazırlanan bir yazılım ile gerçekleştirilmiştir.

Otobüs hatları ile ilgili yukarıda bahsedilen uyumsuzluk sorunları denizyolu hatları ve iskeleleri ile raylı sistem hatları ve istasyonları için de giderildikten sonra tüm "node ve link" verileri bir araya toplanarak simülasyon programında kullanılacak şekilde hazırlanmıştır. Bu kapsamda, 51 adet denizyolu hattı, 2 adet teleferik hattı, 2 adet füniküler hattı, 2 adet banliyö hattı ve 6 adet metro/hafif raylı sistem hattı ile 176 adet istasyon ve 74 adet iskeleye ait node verisi hazırlanmıştır (Şekil 4.4).



**Şekil 4.4:**Toplu ulaşım hatları ve duraklar.

Çalışma sonunda anket verileri ile elde edilen toplu ulaşım ataması ile karşılaştırma yapabilmek adına, İstanbul Ulaşım Anaplanı çalışmaları kapsamında hazırlanan ulaşım bölgeleri verisi bu çalışmada kullanılmıştır (Şekil 4.5). Bu kapsamda, 451 adet ulaşım bölgesine ait Shape verileri ile durak, iskele ve istasyon verileri ilişkilendirilmiştir. İlişkilendirme işlemi ArcGIS programı ile yapılmış olup; her node verisine bulunduğu ulaşım bölgesine ait öznitelik bilgileri atanmıştır. Böylelikle, çalışma sonunda durak, iskele ve istasyonlara ilişkin yolculuklar, ulaşım bölgeleri altında toplulaştırılabilecektir.




**Şekil 4.5:**İstanbul geneli ulaşım bölgeleri.

### 4.1.3.2 Sayısal verilerin düzenlenmesi

Sayısal veriler olarak hat-durak indeksi ve hat-süre verileri incelenecektir. Çizelge 4.3'deki örnekte de görüldüğü gibi hat-durak indeksi, E-51 Hattı'nın, gidiş ve dönüş yönleri için sırasıyla geçtiği durakların listesi şeklinde hazırlanmıştır. İETT'den temin edilen bu veri ile vektörel hat-durak verileri karşılaştırılarak incelenmiştir. İnceleme sırasında rastlanılan hatalı veriler düzeltilerek sayısal ve vektörel verilerin ilişkilendirilmesi sağlanmıştır. Böylelikle her hatta ait hem vektörel hem de sayısal veriler elde edilmiştir. Bir önceki aşamada düzenlenen vektörel hat-durak verileri sayesinde duraklar arası mesafeler doğrudan elde edilmiş olmaktadır. Aynı zamanda Vektörel durak verisi kullanılarak her durağa ilişkin koordinatlar da hat-durak indeksi tablosuna eklenebilir. Bu işlem, bir sonraki bölümde araç konumlarının tespiti kısmında gerçekleştirilecektir.

**Çizelge 4.3:**E-51 Hattına ait hat-durak indeksi.

| SIRA | YÖN | DURAK NO | DURAK ADI |
|---|---|---|---|
| 1 | G | 2551 | TAKSIM |
| 2 | G | 2550 | TARLABASI |
| 3 | G | 2549 | ÖMERHAYYAM |
| 4 | G | 2548 | TEPEBASI |
| 5 | G | 2547 | SISHANE |
| 6 | G | 3772 | UNKAPANI |
| 7 | G | 1500 | AKSARAY |
| 8 | G | 1278 | YENIKAPI |
| 9 | G | 2952 | YESILYURT |
| 10 | G | 2950 | FENER YOLU |
| 11 | G | 2948 | GAZI EVRENOS CADDESI |
| 12 | G | 2947 | ISTASYON CADDESI |
| 13 | G | 2946 | PARK |
| 14 | G | 2944 | YESILKÖY |

| SIRA | YÖN | DURAK NO | DURAK ADI |
|---|---|---|---|
| 1 | D | 2944 | YESILKÖY |
| 2 | D | 2946 | PARK |
| 3 | D | 2947 | ISTASYON CADDESI |
| 4 | D | 2948 | GAZI EVRENOS CADDESI |
| 5 | D | 2950 | FENER YOLU |
| 6 | D | 2952 | YESILYURT |
| 7 | D | 1278 | YENIKAPI |
| 8 | D | 1500 | AKSARAY |
| 9 | D | 3772 | UNKAPANI |
| 10 | D | 2547 | SISHANE |
| 11 | D | 2548 | TEPEBASI |
| 12 | D | 2549 | ÖMERHAYYAM |
| 13 | D | 2550 | TARLABASI |
| 14 | D | 2551 | TAKSIM |

Duraklar arası mesafelerin belirlenmesiyle birlikte, İETT'den alınan hat sefer süreleri baz alınarak, duraklar arası süreler tespit edilmiştir. Böylelikle hat-süre tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.4). Hat-süre tablosu, araç konumlarını tespit için 6. Bölüm'de kullanılacaktır.

**Çizelge 4.4:**E-51 Hattı'na ait duraklar arası süreler.

| Sıra | Yön | Durak No | Durak Adı | Mesafe | Mesafe Farkı | Süre Farkı | Süre (Zirve Dışı) | Süre (Zirve) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | G | 2551 | TAKSIM | 0,000km | | | 0s | 0s |
| 2 | G | 2550 | TARLABASI | 0,538km | 0,538km | 2min 43s | 2min 43s | 3min 48s |
| 3 | G | 2549 | ÖMERHAYYAM | 0,777km | 0,239km | 1min 13s | 3min 56s | 5min 30s |
| 4 | G | 2548 | TEPEBASI | 1,170km | 0,393km | 56s | 4min 52s | 6min 49s |
| 5 | G | 2547 | SISHANE | 1,771km | 0,601km | 1min 27s | 6min 19s | 8min 51s |
| 6 | G | 3772 | UNKAPANI | 3,027km | 1,256km | 3min 1s | 9min 20s | 13min 04s |
| 7 | G | 1500 | AKSARAY | 5,368km | 2,341km | 5min 37s | 14min 57s | 20min 56s |
| 8 | G | 1278 | YENIKAPI | 7,058km | 1,690km | 4min 3s | 19min | 26min 36s |
| 9 | G | 2952 | YESILYURT | 19,180km | 12,122km | 29min 4s | 48min 4s | 1h 7min 18s |
| 10 | G | 2950 | FENER YOLU | 20,087km | 0,907km | 2min 11s | 50min 15s | 1h 10min 21s |
| 11 | G | 2948 | GAZI EVRENOS CADDESI | 21,084km | 0,997km | 2min 20s | 52min 35s | 1h 13min 37s |
| 12 | G | 2947 | ISTASYON CADDESI | 21,355km | 0,271km | 41s | 53min 16s | 1h 14min 34s |
| 13 | G | 2946 | PARK | 21,600km | 0,245km | 49s | 54min 5s | 1h 15min 43s |
| 14 | G | 2944 | YESILKÖY | 22,321km | 0,721km | 1min 43s | 55min 48s | 1h 18min 07s |

| Sıra | Yön | Durak No | Durak Adı | Mesafe | Mesafe Farkı | Süre Farkı | Süre (Zirve Dışı) | Süre (Zirve) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | D | 2944 | YESILKÖY | 0,000km | | | 0s | 0s |
| 2 | D | 2946 | PARK | 0,721km | 0,721km | 2min 12s | 2min 12s | 3min 5s |
| 3 | D | 2947 | ISTASYON CADDESI | 0,966km | 0,245km | 48s | 3min | 4min 12s |
| 4 | D | 2948 | GAZI EVRENOS CADDESI | 1,237km | 0,271km | 39s | 3min 39s | 5min 7s |
| 5 | D | 2950 | FENER YOLU | 2,234km | 0,997km | 2min 21s | 6min | 8min 24s |
| 6 | D | 2952 | YESILYURT | 3,141km | 0,907km | 2min 10s | 8min 10s | 11min 26s |
| 7 | D | 1278 | YENIKAPI | 15,263km | 12,122km | 28min 20s | 36min 30s | 51min 6s |
| 8 | D | 1500 | AKSARAY | 16,953km | 1,690km | 4min 4s | 40min 34s | 56min 48s |
| 9 | D | 3772 | UNKAPANI | 19,294km | 2,341km | 5min 37s | 46min 11s | 1h 4min 39s |
| 10 | D | 2547 | SISHANE | 20,550km | 1,256km | 3min 1s | 49min 12s | 1h 8min 53s |
| 11 | D | 2548 | TEPEBASI | 21,151km | 0,601km | 1min 26s | 50min 38s | 1h 10min 53s |
| 12 | D | 2549 | ÖMERHAYYAM | 21,544km | 0,393km | 1min 59s | 52min 37s | 1h 13min 40s |
| 13 | D | 2550 | TARLABASI | 21,783km | 0,239km | 1min 12s | 53min 49s | 1h 15min 21s |
| 14 | D | 2551 | TAKSIM | 22,321km | 0,538km | 1min 18s | 55min 7s | 1h 17min 10s |

## 4.2 B-S Matrisi Oluşturma Adımları

Bu bölümde, önceki bölümlerde hazırlanan veriler kullanılarak B-S matrisi oluşturma adımları incelenecektir. Bölüm 4.1'de, akbil veri kümesinden hazırlanan çizelgeler, İ.E.T.T.'den temin edilen ve sayısal ortamda hazırlanan araç kalkış verileri (ORER bilgileri), çizelgelere dönüştürülmüş hat-durak indeksi ile duraklara ilişkin konum verileri ve hat-süre çizelgesi bu bölümde eşleştirilerek gerekli işlemler yapılacak; böylelikle B-S matrisi oluşturma süreci tamamlanacaktır. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, kullanılan akbil veri kümesi sadece yolcu binişlerine ilişkin bilgiler içermektedir; yolcuların iniş noktaları ile ilgili herhangi bir bilgi içermemektedir. Yolcuların iniş noktalarının tespiti için Bölüm 4'de bahsedilen yöntem ve kabuller kullanılacaktır. Uygulama detayları ise Bölüm 4.2.2'de incelenecektir.

Çalışma kapsamında, İETT otobüs hatları, denizyolu hatları, metro, hafif raylı sistem, tramvay ve banliyö hatlarına ilişkin biniş verileri kullanılmıştır. Minibüs, dolmuş ve deniz motorlarına ilişkin yolculuklar otomatik ücretlendirmeye dahil olmadığından çalışma kapsamına girmemektedir. Ayrıca, özel halk otobüsleri ile ilgili yolculuk verilerine ulaşılamadığından, özel halk otobüslerine ilişkin binişler çalışmada dikkate alınmamıştır.

Bu bölümde yapılan çalışma iki ana başlık halinde incelenecek olursa: İlk olarak araç konumları tahmin edilerek, durak konumları ile ilişkilendirilmiştir. Böylelikle, otobüs yolcularının hangi duraklardan, dolayısıyla hangi bölgeden biniş yaptıkları belirlenmiş olacaktır. Denizyolunu ve raylı sistemleri kullanan yolcular için başlangıç noktaları sabit olduğu için böyle bir çalışma yapmaya gerek kalmamaktadır. İkinci adımda ise, bir önceki adımda başlangıçları belirlenen yolculuklara ilişkin bitiş noktalarını bulmak üzere algoritmalar geliştirilecektir.

### 4.2.1 Araç konumlarının tahmini

Literatür araştırması kapsamında incelenen örnekler hatırlanacak olursa, bu çalışma ile benzerlik gösterençalışmalardan bahsedilmiş; en önemli farklılıklardan birisinin ise araç konumlarının, tahmin için hazırlanan algoritmalarla bulunması olduğu belirtilmiştir. Zira diğer çalışmalarda otobüs biniş verisini tutan otomatik ücretlendirme sistemiyle birlikte araç konum verisini tutan GPS cihazları da bulunmaktadır. Çalışmanın hazırlandığı dönemde İ.E.T.T. araçlarında henüz araç

takip sistemi, yani GPS cihazları bulunmamaktaydı. Bu yüzden, otobüs yolculuklarının başlangıç noktalarını belirlemek üzere aşağıda da detaylarıyla incelenecek olan algoritmalar hazırlanmıştır.

Algoritmalar hazırlanırken, Akbil veri kümesi, otobüs kalkış verisi (ORER), hat-durak indeksi ve hat-süre tabloları kullanılmıştır. Otobüs kalkış sayısı incelendiğinde, günlük 56.372adet sefer yapıldığı görülmektedir. Bu seferlerin sayısal ortama aktarılmasısırasında yapılan eleme işlemleri sonucunda ise 12.410 adet kalkış yakalanabilmiştir. Bu rakam ise toplam kalkış sayısının %22'sine tekabül etmektedir.

Mevcut durumda Metro, Hafif Raylı Sistem, Tramvay, Banliyö ve Denizyollarına ait yolculuk başlangıç noktaları, akbil verilerinin analizi ile bulunmaktadır. Bu sistemlerde validatör cihazları sabit konumlu olduğu için yolculuk başlangıç noktaları kolaylıkla tespit edilmiştir. Ancak otobüslerde bulunan validatör cihazları sabit konumlu olmadığı için otobüs yolculuklarına ilişkin başlangıç noktalarının belirlenmesi adına bazı işlemler yapmak gerekmektedir.

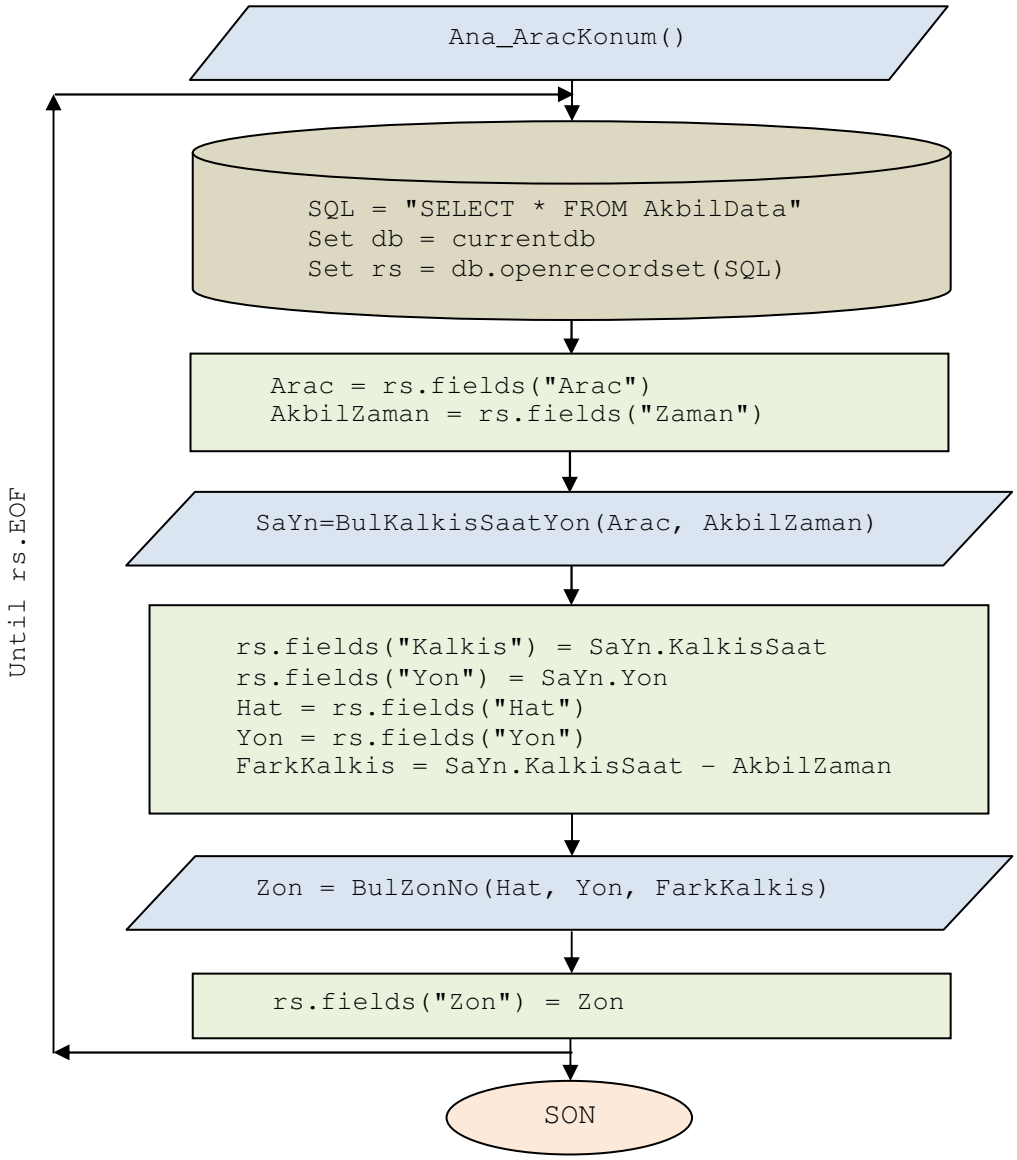
Otobüs yolculuklarına ilişkin başlangıç noktalarının yani, yolcuların otobüse bindiği andaki otobüs konumlarının bilinmesi gerekmektedir. Otobüs konumlarını belirlemek üzere bir dizi işlem yapmak gerekmektedir. Bu işlemler kapsamında, Bölüm 4.1.1'de düzenlenen Akbil verisi, otobüs kalkış verisi (ORER) ve hat-süre verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hat-süre tablosu incelendiğinde zirve ve zirve dışı saatler için iki farklı süre bilgisi bulunduğu görülmektedir. İşlemler, bu veriler yardımıyla zirve ve zirve dışı saatler için olmak üzere iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu veriler kullanılarak hazırlanan yazılım ile otobüs konumları tahmin edilmektedir. Yazılıma ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

```
Sub Ana_AracKonum()
    Dim SQL As String, db As database, rs As Recordset
    Dim Hat As String, Yon As String, FarkKalkis As Integer, Arac As
    String
    Dim AkbilZaman As Date, SaYn As SaatYonVeri, Zon As Integer
    SQL = "SELECT * FROM AkbilData"
    Set db = currentdb
    Set rs = db.openrecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        Arac = rs.fields("Arac")
        AkbilZaman = rs.fields("Zaman")
        SaYn = BulKalkisSaatYon(Arac, AkbilZaman)
        rs.fields("Kalkis") = SaYn.KalkisSaat
        rs.fields("Yon") = SaYn.Yon

        Hat = rs.fields("Hat")
        Yon = rs.fields("Yon")
        FarkKalkis = SaYn.KalkisSaat - AkbilZaman
        Zon = BulZonNo(Hat, Yon, FarkKalkis)
        rs.fields("Zon") = Zon

        rs.Update
        rs.movenext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.6:** Araç konumlarını belirlemek üzere hazırlanan yazılım.

Programın amacı, araç konumlarını koordinat ve dolayısıyla ulaşım bölgesi olarak tespit etmektir. Bu amaçla, önceki bölümlerde hazırlanan veri tabanı ve tablolar arasındaki ortak alanlar (Arac, Hat, Yon ve Zaman)esas alınarak ilişkilendirme yapılmıştır. Verilerin birbirleri ile bağlanmaları ile işlem yapmak mümkün olmaktadır.Program kapsamında, veritabanı olarak hazırlanan Akbil verisi, araç kalkış verileri vehat-süre tablosu kullanılmıştır.

Hazırlanan programa ilişkin kodlar incelenecek olursa, “BulKalkisSaatYon” ve “BulZonNo” isimli iki fonksiyon içerdiğigörülmektedir. Fonksiyonlara ilişkin detaylarincelenirken programın genel akışı da özetlenmektedir.



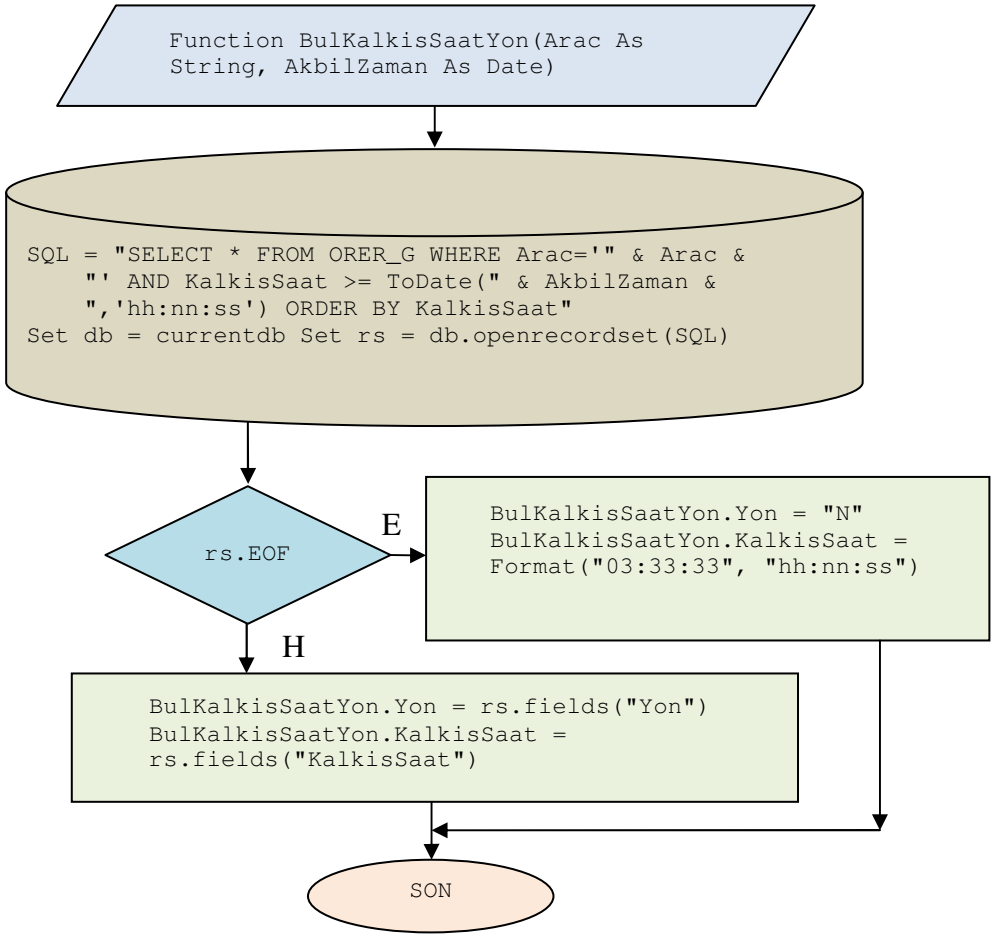

**Şekil 4.7:**Ana Program'a ilişkin akış şeması.

**BulKalkisSaatYon fonksiyonu**

Bu fonksiyon yardımıyla, Akbil veri tabanından elde edilen"Araç-Zaman Tablosu" ile "Araç Kalkış Tablosu" eşleştirilerek; araç kalkış tablosunda bulunan kalkış yeri saati ve yönü, her araç için tespit edilmektedir. Akbil verisi içerisinden her basış zamanı, araç kalkış verisi içerisindeki "KalkisSaat" alanı içerisinde aranmakta ve basış zamanından önceki kalkış saati belirlenerek, Akbil verisi içerisinde her basış için kalkış saati alanına atanmaktadır. Fonksiyona ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.8 ve 4.9'da verilmektedir.

```
Function BulKalkisSaatYon(Arac As String, AkbilZaman As Date) As
SaatYonVeri
    Dim SQL As String, db As database, rs As Recordset
    SQL = "SELECT * FROM ORER_G WHERE Arac='" & Arac & "' AND
KalkisSaat >= ToDate(" & AkbilZaman & ",'hh:nn:ss') ORDER BY
KalkisSaat"
    Set db = currentdb
    Set rs = db.openrecordset(SQL)
    If rs.EOF = True Then
        'Data bulunamadı ise
        BulKalkisSaatYon.Yon = "N"
        BulKalkisSaatYon.KalkisSaat = Format("03:33:33", "hh:nn:ss")
    Else
        BulKalkisSaatYon.Yon = rs.fields("Yon")
        BulKalkisSaatYon.KalkisSaat = rs.fields("KalkisSaat")
    End If
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Function
```

**Şekil 4.8:**Araç kalkış saati ve yönünü belirleyen fonksiyona ilişkin kodlar.




**Şekil 4.9:**Araç kalkış saati ve yönünü belirleyen fonksiyona ilişkin akış şeması.

Bulunan araç kalkış saati ve hat yönü bilgileri, Akbil veri tabanına eklenmektedir. Sonrasında ise Akbil basış zamanı ile araç kalkış saati arasındaki fark belirlenerek, veritabanı içerisinde oluşturulan "FarkKalkisDK" alanına atanmaktadır.

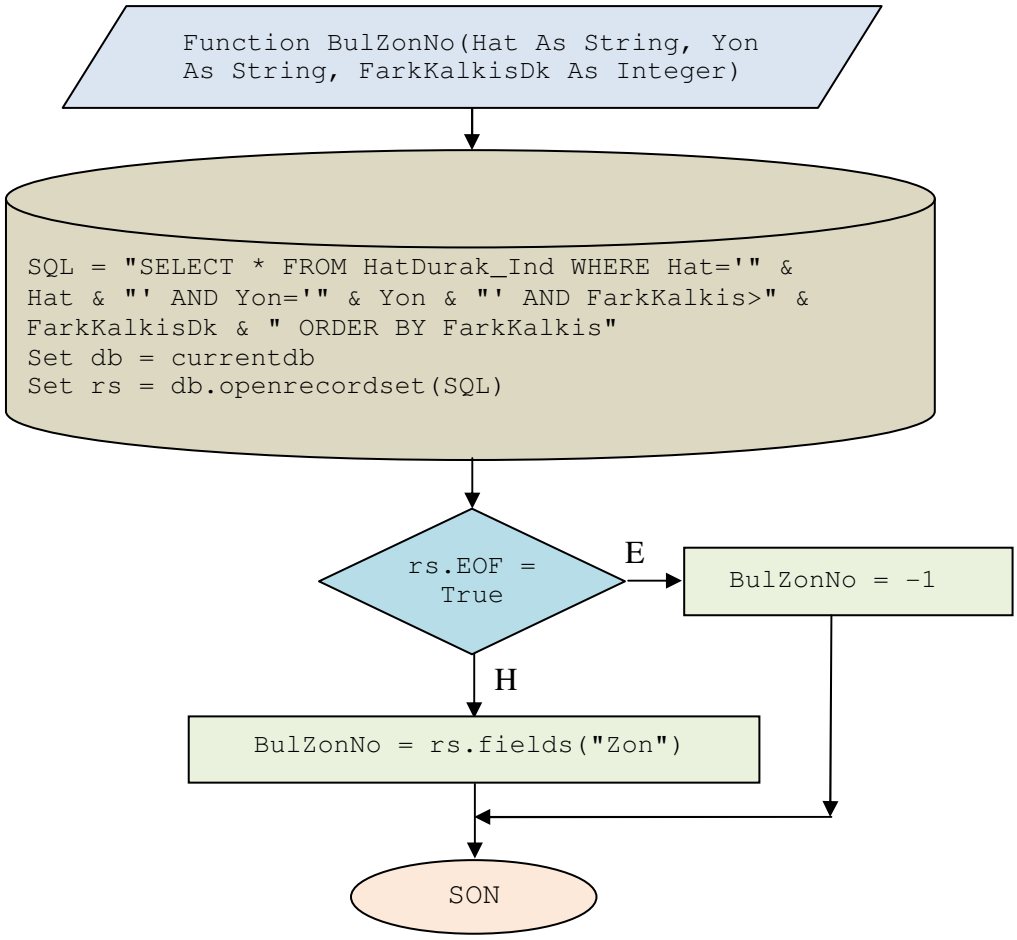
**BulZonNo fonksiyonu**

Önceki adımda bulunan farklar, burada her hatta ait gidiş ve dönüş yönleri için sıralanmaktadır. Böylelikle, elde edilen tablo ile basış zamanı arasında ilişki kurularak; basış yapıldığı anda aracın hangi durakta olduğu tespit edilmektedir.

Vektörel veriler yardımıyla, incelenen durağın hangi koordinatlara ve hangi ulaşım bölgesine ait olduğu bilinmektedir. Böylece, basış yapılan durağın tespit edilmesiyle birlikte, yolcuk başlangıç yerinin ve ait olduğu ulaşım bölgesinin bilgilerine doğrudan ulaşmak mümkün olmaktadır. Bulunan durak koordinatları ve ulaşım bölgesi bilgileri de mevcut veri tabanına eklenmektedir. Sözkonusu işlemlere ilişkin yazılım kodları Şekil 4.10'da, yazılıma ilişkin akış şeması ise Şekil 4.11'de verilmiştir.

```
Function BulZonNo(Hat As String, Yon As String, FarkKalkisDk As
Integer) As Integer
    Dim SQL As String, db As database, rs As Recordset
    SQL = "SELECT * FROM HatDurak_Ind WHERE Hat='" & Hat & "' AND
Yon='" & Yon & "' AND FarkKalkis>" & FarkKalkisDk & " ORDER BY
FarkKalkis"
    Set db = currentdb
    Set rs = db.openrecordset(SQL)
    If rs.EOF = True Then
        'Data bulunamadı ise
        BulZonNo = -1
    Else
        BulZonNo = rs.fields("Zon")
    End If
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Function
```

**Şekil 4.10:** Yolculuk başlangıcının hangi ulaşım bölgesine ait olduğunu belirleyen fonksiyona ilişkin kodlar.




**Şekil 4.11:**Yolculuk başlangıcının hangi ulaşım bölgesine ait olduğunu belirleyen fonksiyona ilişkin akış şeması.

### 4.2.2 Yolculuk bitiş noktalarının belirlenmesi

Önceki aşamada hazırlanan yazılım ile otobüs yolculuklarına ilişkin başlangıç noktaları belirlenmiştir. Böylelikle, tüm toplu ulaşım türleri için yolculuk bitiş noktalarını belirlemek üzere gereken verilerin tamamı hazırlanmış durumdadır. Yolculuk bitiş noktalarını belirlemek üzere kullanılacak veritabanından bir kesit Şekil 4.12'de verilmiştir.

| AkbilNo | Zaman | Hat | Arac | Kalkis | Yon | FarkKalkisDK | Lon | Lat | Durak | Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0020008B | 14:24:32 | 38B | 92-579 | 14:00 | D | 00:24:32 | 28,9206 | 41,0409 | T0119A | 301 |
| 002000FF | 17:40:51 | 87 | 92-463 | 17:10 | G | 00:30:51 | 28,9743 | 41,0342 | S0027A | 224 |
| 002048A1 | 10:06:02 | 29A | 92-292 | 09:50 | G | 00:16:02 | 29,021 | 41,1085 | L0129B | 440 |
| 0020B022 | 15:59:31 | YPS-EMN | YUSUFPASA | -1 | -1 | -1 | 28,9481 | 41,0099 | 24 | 316 |

**Şekil 4.12:**Koordinat bilgisi girilen Akbil veritabanı.

Veritabanının son şekli incelenecek olursa; başlıca AkbilNo, Zaman, Hat, Arac, Kalkis, Yon, FarkKalkis, Lon, Lat, Durak ve Zon alanları bulunmaktadır. Burada,

“AkbilNo” alanı, yolculuk esnasında kullanılan akbil ID numarasını; “Zaman”alanı, akbilin kullanıldığı zamanı; “HatNo” alanı, yolculuk yapılan hat bilgisini; “AracNo” alanı, kullanılan aracın numarasını; “AracKalkis” alanı, ilgili aracın ilk duraktan kalkış yaptığı zamanı; “Yon” alanı, aracın hangi yönde gittiğini (gidiş / dönüş); “FarkKalkis” alanı, biniş yapılan zaman ile araç kalkış zamanı arasındaki fark değerini; “Lon” alanı, biniş koordinatının boylam değerini; “Lat” alanı, biniş koordinatının enlem değerini; “Durak” alanı, biniş yapılan durağa ilişkin kod numarasını; “Zon” alanı ise biniş yapılan durağın ait olduğu zon numarasını göstermektedir. Bu aşamada, veritabanında hazır bulunan alanların bir kısmı kullanılmaktadır. Her aşamada ihtiyaç duyuldukça yeni alanlar eklenmekte; bulunan değerler bu alanlara yazılarak, her adımda veritabanı işlemleri ile ilgili açıklamalar yapılmakadır.

Yolculuk bitiş noktalarını belirlemek üzere gerekli hazırlıklar buraya kadar tamamlanmış durumdadır. Bundan sonra yapılacak çalışmaların açıklanmasına, izlenecek yöntem ile devam edilmektedir. Yolculuk bitiş noktaları belirlenirken, literatür çalışması kapsamında da incelenen “Zincirleme Yolculuk Metodu” kullanılmıştır. Bu metot uygulanmadan önce, yapılan bazı kabullerden bahsedilecek olursa:

Zincirleme yolculuk metoduna göre,

- Her yolculuk başlangıcı, bir önceki yolculuğun bitiş noktası olarak seçilecektir.
- Günün son yolculuğuna ait bitiş noktası, günün ilk yolculuğuna ait başlangıç noktası olarak belirlenecektir.
- Aktarmalar dikkate alınmayacaktır. Yolculuk bitiş noktalarını belirlemek

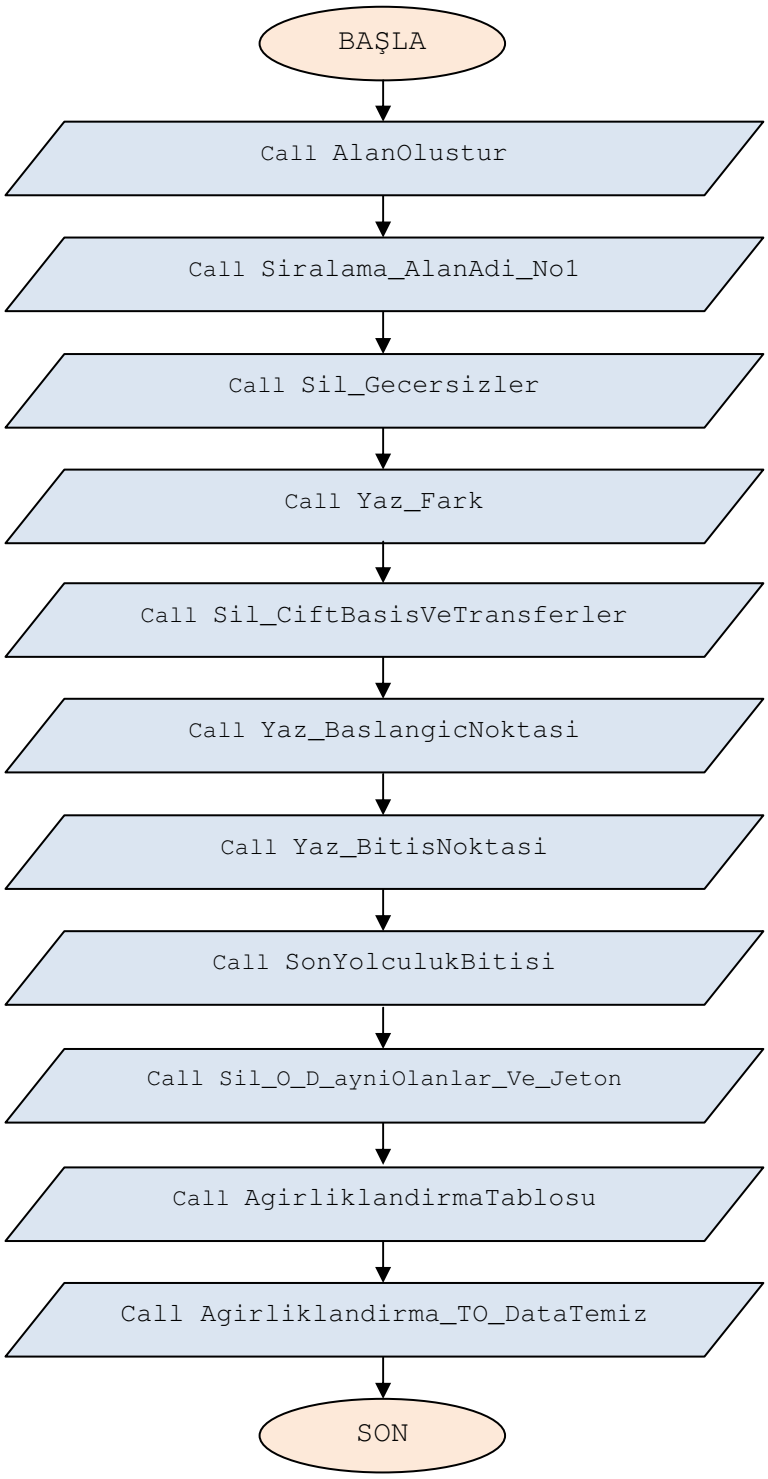
üzere yukarıda bahsedilen metot bu bölümde uygulanacaktır. Böylelikle, yolculukların bitiş noktaları tahmin edilmiş olacak; dolayısıyla da B-S matrisi elde edilmiş olacaktır. Uygulamayı yapmak üzere hazırlanmış olan program 11 adet alt programın birleşimi ile oluşmaktadır. Bu programlar, sırasıyla anlatılarak elde edilen çizelgelerden örnek kesitler sunulmaktadır. Ayrıca algoritmalara ilişkin işlem adımları da her algoritmaya ilişkin akış şemaları yardımıyla detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

#### 4.2.2.1 Yolculuk bitiş noktalarının belirlenmesi

Visual Basic dilinde hazırlanmış olan Ana program, 11 adet alt programdan oluşmaktadır. Daha önce hazırlanan ham akbil verilerinden oluşan veri tabanı üzerinde işlemler yapılmak suretiyle yolculuk bitiş noktaları,ulaşım bölgeleri bazında tahmin edilmiştir. Ana programda sırasıyla alt programlar çağırılmakta ve işlem adımları da bu sayede net olarak takip edilebilmektedir. Ana programa ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.13 ve 4.14'de verilmiştir. Programa ilişkin yazılımın tümü iseEK A'dasunulmuştur.

```
Sub Ana()
    Call AlanOlustur
    Call Siralama_AlanAdi_No1
    Call Sil_Gecersizler
    Call Yaz_Fark
    Call Sil_CiftBasisVeTransferler
    Call Yaz_BaslangicNoktasi
    Call Yaz_BitisNoktasi
    Call SonYolculukBitisi
    Call Sil_O_ve_D_ayniOlanlar_Ve_Jeton
Call AgirliklandirmaTablosu
    Call Agirliklandirma_TO_DataTemiz
End Sub
```

**Şekil 4.13:**Ana Program'a ilişkin yazılım kodları.



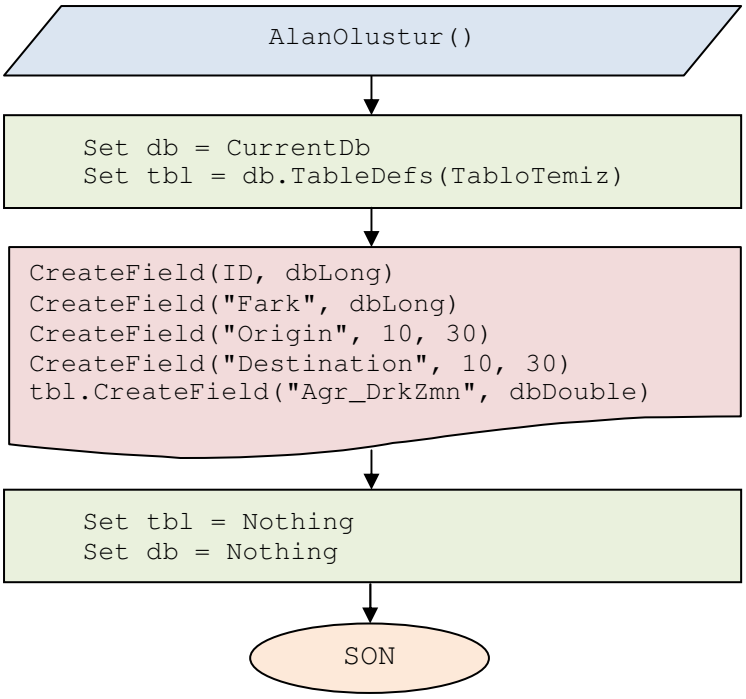

**Şekil 4.14:** Ana Program'a ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.2 Veri tabanına yeni alanların eklenmesi

Veri tabanı üzerinde çalışırken, ilerleyen adımlarda elde edilecek sonuçları yazmak üzere yeni alanlar oluşturulması gerekmektedir. Bu yüzden "TabloTemiz" olarak adlandırılan ve ham akbil verisinden oluşturulan sadeleştirilmiş veri tablosuna "ID, Fark, Origin, Destination, Agr_DrkZmn" alanlarının eklenmesi gerekmektedir. Bu işlemler, Şekil 4.15'de verilen kodlar yardımıyla yapılmaktadır. Programa ilişkin akış şeması ise Şekil 4.16'da verilmiştir.

```
Sub AlanOlustur()
    Dim db As Database
    Dim tbl As TableDef

    Set db = CurrentDb
    Set tbl = db.TableDefs(TabloTemiz)
    On Error Resume Next
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField(ID, dbLong)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Fark", dbLong)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Origin", 10, 30)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Destination", 10, 30)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Agr_DrkZmn", dbDouble)
    Set tbl = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.15:** Veri tabanına yeni alanların eklenmesine ilişkin kodlar.



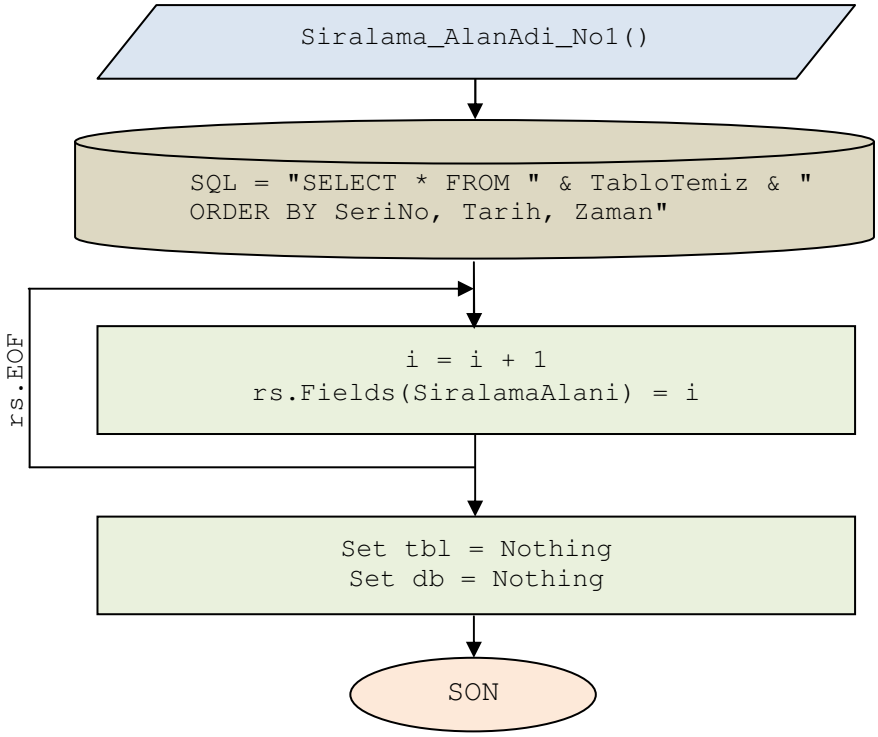

**Şekil 4.16:** Veri tabanına yeni alanların eklenmesine ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.3 Verilerin sıralanması

Bir önceki adımda yeni alanlar eklenen veri tabanı üzerinde bu adımda sıralama işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem sırasıyla, “SeriNo, Tarih ve Zaman” alanları için uygulanacaktır. Sıralama işlemi, bir sonraki adım için gerekli formatın hazırlanmasının yanı sıra işlem hızının artmasını da sağlayacaktır. Bu işlemde “SeriNo” alanı akbil seri numarasını, “Tarih” alanı “GG.AA.YYYY” formatında verinin ait olduğu tarihi, “Zaman” alanı ise akbil kullanımının gerçekleştiği zamanı saat-dakika-saniye bazında göstermektedir.Sıralama işlemi Şekil 4.17’de verilen kodlar yardımıyla yapılmaktadır. Programa ilişkin akış şeması ise Şekil 4.18’de verilmiştir.

```
Sub Siralama_AlanAdi_No1()
    Const SiralamaAlani = "No1"
    'AkbilNo,Tarih, Zaman
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim i As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY SeriNo, Tarih,
    Zaman"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    i = 0
    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        i = i + 1
        rs.Fields(SiralamaAlani) = i
        rs.Update
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.17:**Sıralama işlemine ilişkin kodlar.



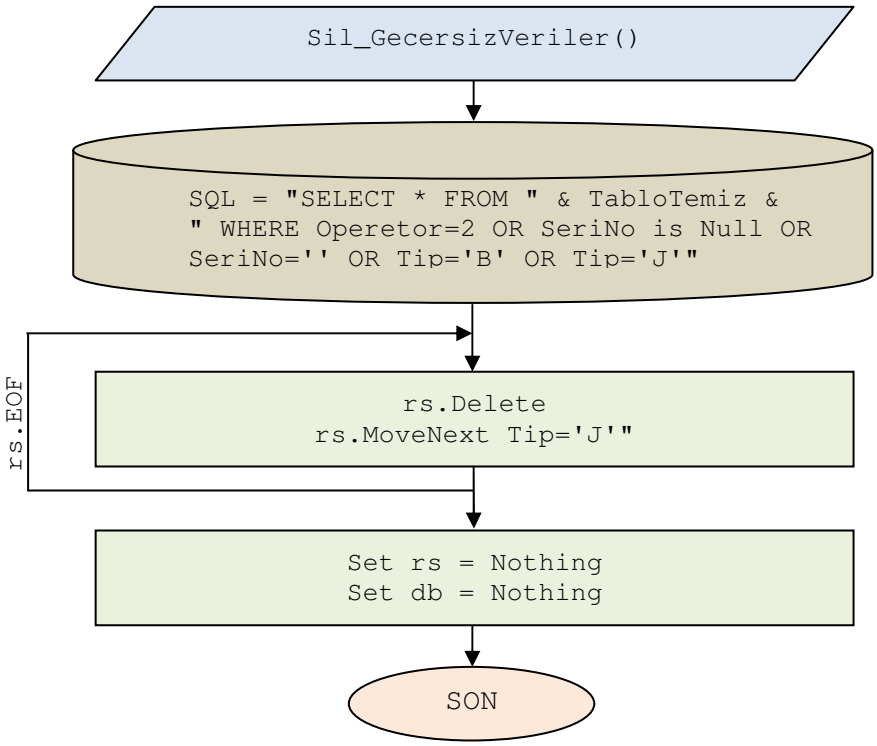

**Şekil 4.18:**Sıralama işlemine ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.4 Geçersiz verilerin silinmesi

Programın bu aşamasında geçersiz veriler silinecektir. Buradaki geçersiz verilerden kastedilen, seri numarasının boş olması, seri numarasının "null" değeri içermesi, kullanılan akbil tipinin "B" butonlu (ücretsiz) ya da "J" jetonlu geçişler olması durumlarıdır. Akbil seri numarasının "null" yada boş olması durumu veri hatalarından kaynaklanmaktadır. Bu verilerin, yapılacak işlemler sırasında programın sağlıklı bir şekilde çalışmasına engel olacağı düşünülerek silinmektedir. Akbil tipinin "B" yada "J" olması durumunda ise bu yolculara ilişkin yolculukların takip edilememesi sebebi ile bu tip verilerin veri tabanından elenmesi gerekmektedir. "B" yada "J" tipi akbil basışları, program sırasında kullanılan veritabanından elenmekte; ancak, son aşamada yapılacak ağırlıklandırma işlemleri sırasında bu yolculuklar da tüm yolculuklar içerisinde dikkate alınmaktadır. Programa ilişkin yazılım kodları ve akış şeması Şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.

```
Sub Sil_GecersizVeriler()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim i As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Operetor=2 OR
SeriNo is Null OR SeriNo='' OR Tip='B' OR Tip='J'"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.19:**Geçersiz verilerin silinmesine ilişkin kodlar.




**Şekil 4.20:**Geçersiz verilerin silinmesine ilişkin akış şeması.

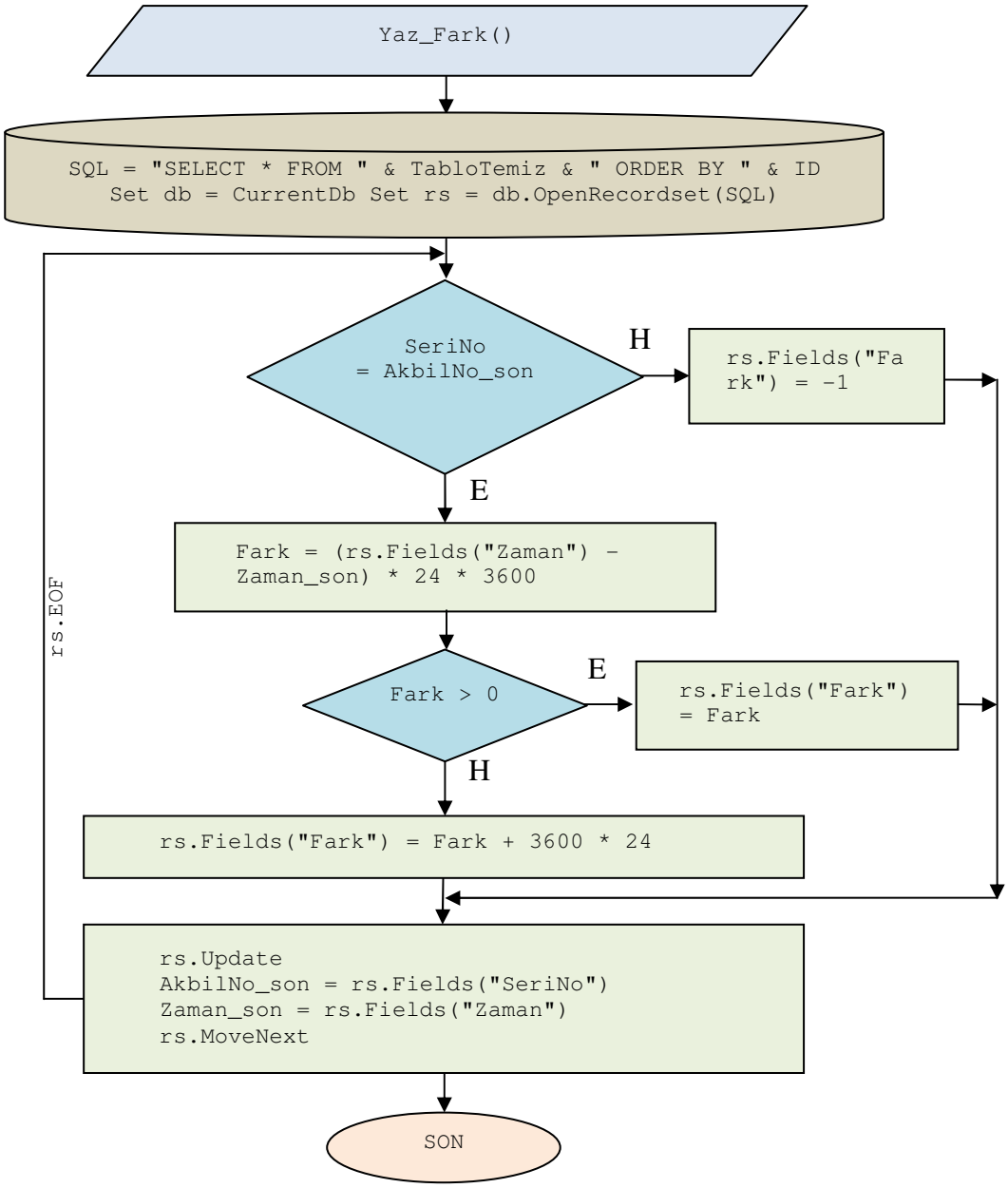
#### 4.2.2.5 Akbil kullanım zamanları arasındaki farkların araştırılması

Bu adımda, veritabanı “ID” alanına göre yani, “SeriNo” ve “Zaman” alanlarına göre sıralanmaktadır. Sıralanan veriler içerisinde akbil basışları arasındaki süresel farklar incelenerek; gün formatındaki veriler arasındaki fark saniye bazında belirlenmektedir. Bu işlemler sırasında gün farkı gibi bazı hatalarla karşılaşılmış olsa da bu hatalar giderilerek her “SeriNo”değerine ait gün içerisindeki yolculuklar zamana göre sıralanmış ve her “SeriNo” değerine ait günün ilk yolculuğuna ilişkin

zaman fark değeri “-1” olarak atanmıştır. Burada “-1” değeri sadece ilk yolculuğun başlangıcını gösteren bir simge niteliği taşımaktadır. Sonuç olarak, her akbil numarası için, gün içinde yapılan tüm yolculuklar zaman sırasına göre belirlenmiş olur. Bu durumda, incelenen herhangi bir akbil numarasına ilişkin, gün içinde yapılan yolculukların hangilerinin aktarma yolculuğu, hangilerinin gerçek yolculuk oldukları belirlenebilecektir.

```
Sub Yaz_Fark()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim AkbilNo_son As String
    Dim Zaman_son As Date
    Dim Fark As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY " & ID
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)

    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        If rs.Fields("SeriNo") = AkbilNo_son Then
            Fark = (rs.Fields("Zaman") - Zaman_son) * 24 * 3600
            If Fark > 0 Then
                rs.Fields("Fark") = Fark
            Else
                rs.Fields("Fark") = Fark + 3600# * 24
            End If
        Else
            rs.Fields("Fark") = -1
        End If
        rs.Update
        AkbilNo_son = rs.Fields("SeriNo")
        Zaman_son = rs.Fields("Zaman")
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.21:**Zaman farklarının araştırılmasına ilişkin kodlar.




**Şekil 4.22:**Zaman farklarının araştırılmasına ilişkin akış şeması.

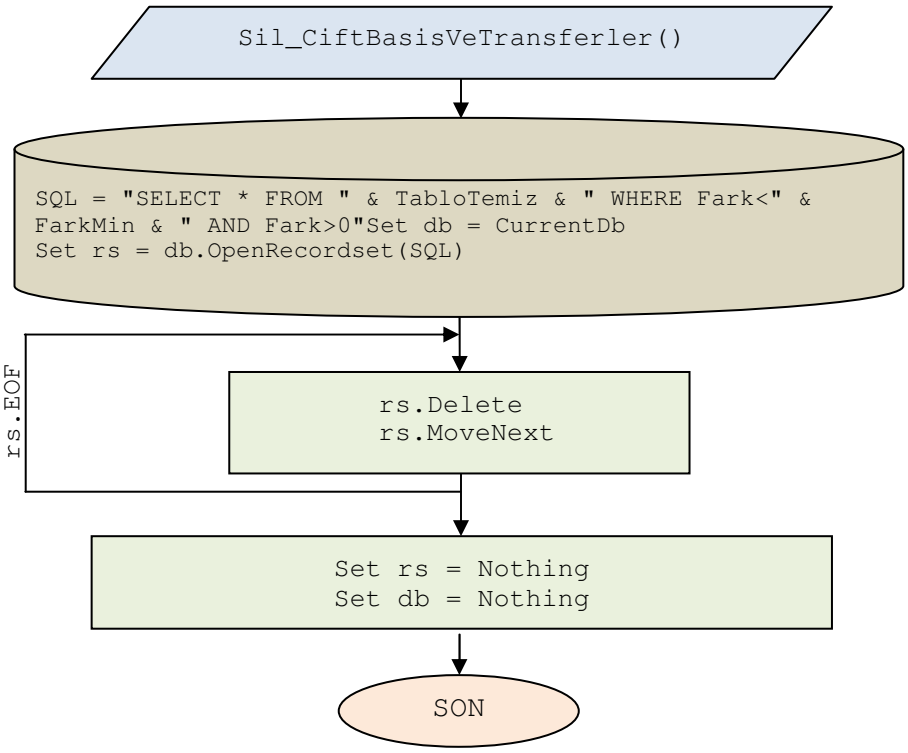
#### 4.2.2.6 Çoklu akbil basışlarının elenmesi

İstanbul geneli toplu taşıma sistemlerindeki yolcu davranışları ve akbil kullanımları incelendiğinde, bazı yolcuların beraber yolculuk yaptığı kişiler için de kendilerine ait akbili kullandıkları görülmektedir. Bununla birlikte, otobüs şoförlerinin de yolcuların nakit ücret ödemeleri karşılığında kendilerine ait akbilleri kullandıkları tespit edilmiştir. Bu durum hem otobüs kullanıcılarının sıklıkla karşılaştığı bir durumdur hem de veri kümesiiçerisinde aynı akbil "SeriNo" değerine ait olması gerekenden çok fazla kullanım bilgileri bulunmaktadır. Söz konusu akbil basışları, önceki

bölümlerde de bahsedildiği üzere geçersiz veri olarak kabul edilerek elenecek; ancak, toplam biniş sayısı hesaplanırken dikkate alınacaktır. Ayrıca, transfer süresi 90 dk. olarak belirlenmiş ve bu süre içerisinde yapılan binişler yolculuk olarak dikkate alınmamıştır. Programa ilişkin yazılım kodları ve akış şeması Şekil 4.23 ve 4.24'de verilmiştir.

```
Sub Sil_CiftBasisVeTransferler()
    Const FarkMin = 90 * 60 '90dk'nin altindaki basislar eleniyor
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Fark<" & FarkMin &
    " AND Fark>0"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.23:**Çoklu akbil basışlarının silinmesine ilişkin yazılım kodları.



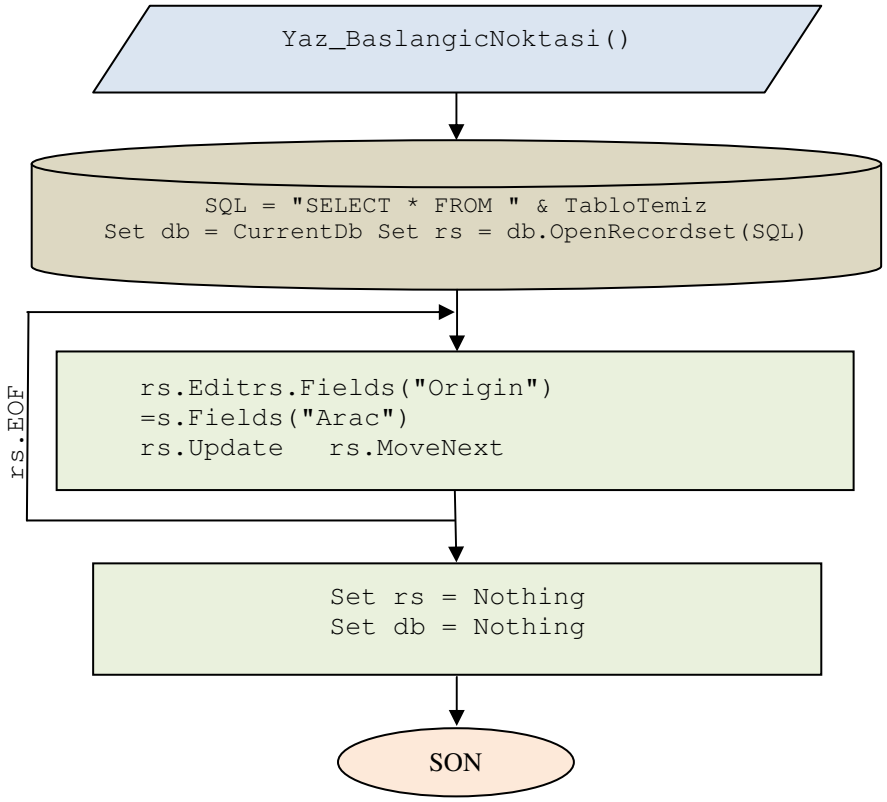

**Şekil 4.24:**Çoklu akbil basışlarının silinmesine ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.7 Yolculuk başlangıç noktalarının veritabanına girilmesi

Yolculuk başlangıç noktaları araç konumlarının tespiti aşamasında belirlenmişti. Bu aşamada, yolculukların başladıkları noktalar, yani biniş yapılan duraklar, veritabanında "Origin" olarak oluşturulan alana taşınmaktadır. İşlemlere ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

```
Sub Yaz_BaslangicNoktasi()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        rs.Fields("Origin") = rs.Fields("Arac")
        rs.Update
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.25:** Yolculuk başlangıç noktalarının taşınmasına ilişkin kodlar.



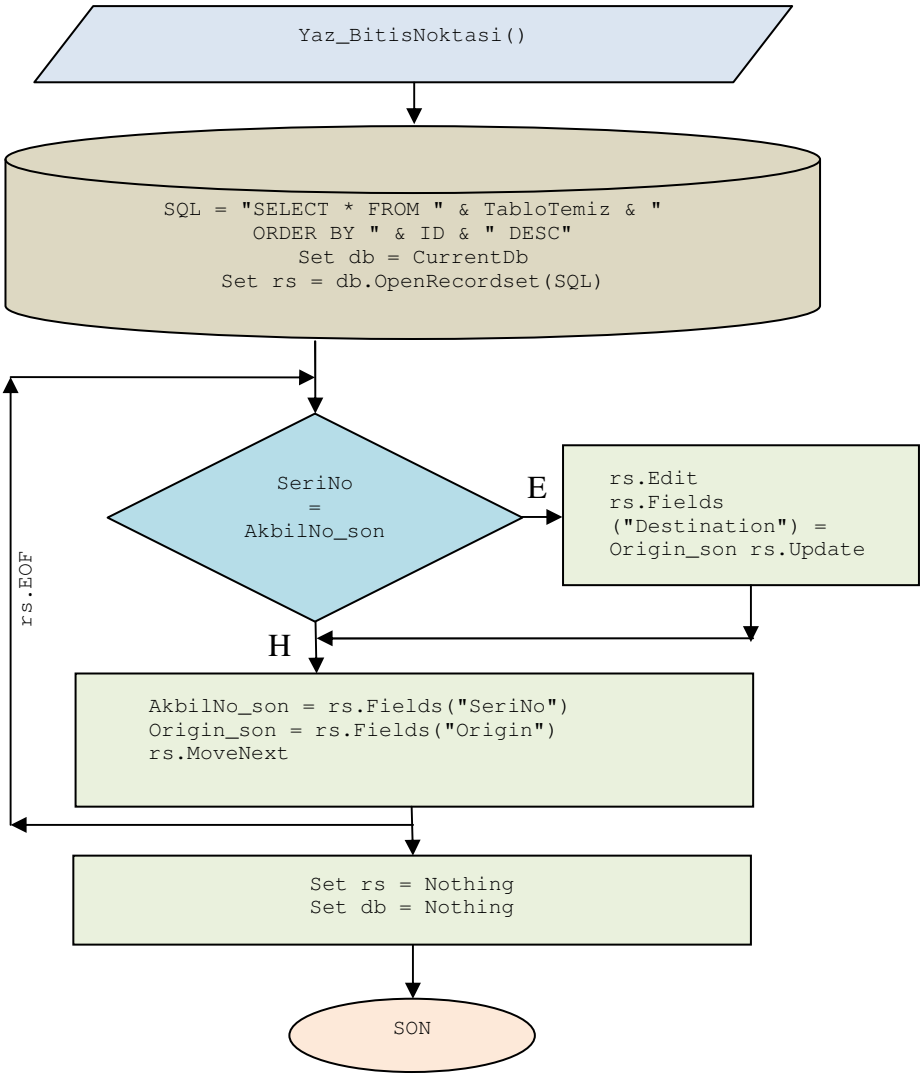

**Şekil 4.26:** Yolculuk başlangıç noktalarının taşınmasına ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.8 Yolculuk bitiş noktalarının veritabanına girilmesi

Yolculuk başlangıç noktalarının "Origin" alanına taşınmasından sonra, yolculuk bitiş noktalarını yazmak üzere "Destination" alanı oluşturulmaktadır. Veritabanı daha önce "AkbilNo" ve "Zaman" alanlarına göre sıralanmış durumdadır. Bu aşamada yapılan işlem, sıralı verilerin basış noktalarının ters sıralama yapılarak "Destination" alanına atılmasıdır. Böylelikle her akbil basışı için yolculuk başlangıç ("Origin") ve bitiş ("Destination") değerlerigirilmiş olmaktadır. Ancak, sıralanan veri incelendiğinde, ters sıralama yapılmasından dolayı, her akbil verisi için günün son yolculuğuna karşılık gelen "Destination" alanının boş kaldığı görülmektedir. Bu alana ilişkin değerlerin belirlenmesi bir sonraki adımda anlatılacaktır. İşlemlere ilişkin yazılım kodları ve akış şeması Şekil 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.

```
Sub Yaz_BitisNoktasi()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim Origin_son As String
    Dim AkbilNo_son As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY " & ID & "
DESC"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        If rs.Fields("SeriNo") = AkbilNo_son Then
            rs.Edit
            rs.Fields("Destination") = Origin_son
            rs.Update
        End If
        AkbilNo_son = rs.Fields("SeriNo")
        Origin_son = rs.Fields("Origin")
        rs.MoveNext
        'If rs.PercentPosition = Int(rs.PercentPosition) Then
Debug.Print "%" & rs.PercentPosition
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.27:** Yolculuk bitiş noktasının veritabanına girilmesine ilişkin kodlar.



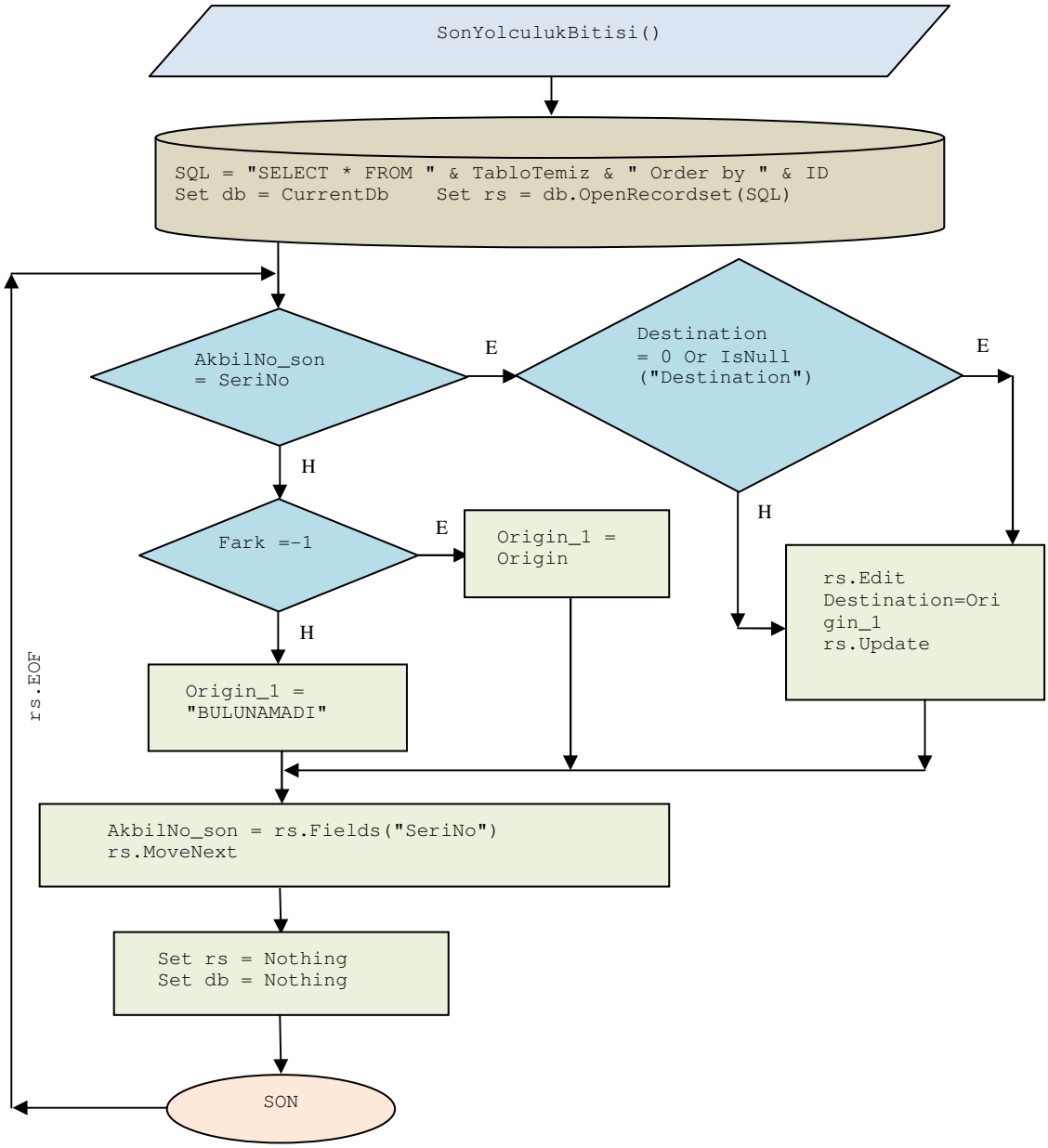

**Şekil 4.28:** Yolculuk bitiş noktasının veritabanına girilmesine ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.9 Günün son yolculuğuna ait bitiş noktasının belirlenmesi

Çalışma kapsamında 29 Mayıs 2006 tarihine ait bir günlük veri kullanıldığı önceki bölümlerde de anlatılmıştı. İzlenen yönteme göre, yolculukların gün sonundaki varış noktalarına ilişkin bilginin bir sonraki günün ilk yolculuk başlangıç noktası olarak atanması uygun olacaktır. Ancak, bu aşamaya kadar yapılan işlemlerin, ikinci güne ait veriler için de yapılması göz önüne alındığında; çalışma yükünün ve süresinin oldukça artması kaçınılmazdır. Bu sebepten dolayı, Zincirleme Yolculuk Metodu kısmında tarif edildiği şekilde, günün ilk yolculuk başlangıç noktası, günün son yolculuğunun bitiş noktası olarak "Destination" alanına taşınmaktadır. İşlemlere ilişkin yazılım kodu ve akış şeması Şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.

```
Sub SonYolculukBitisi()
    Dim TarihSil As Long
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " Order by " & ID
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Dim AkbilNoSon As String
    Dim Origin_1 As String
    Do Until rs.EOF
        If AkbilNoSon = rs.Fields("SeriNo") Then
            If rs.Fields("Destination") = "" Or
IsNull(rs.Fields("Destination")) Then
                rs.Edit
                rs.Fields("Destination") = Origin_1
                rs.Update
            End If
        Else
            If rs.Fields("Fark") = -1 Then Origin_1 =
rs.Fields("Origin") Else Origin_1 = "BULUNAMADI"
        End If
        AkbilNoSon = rs.Fields("SeriNo")
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.29:**Son yolculuğun bitiş noktasının belirlenmesi için hazırlanan kodlar.



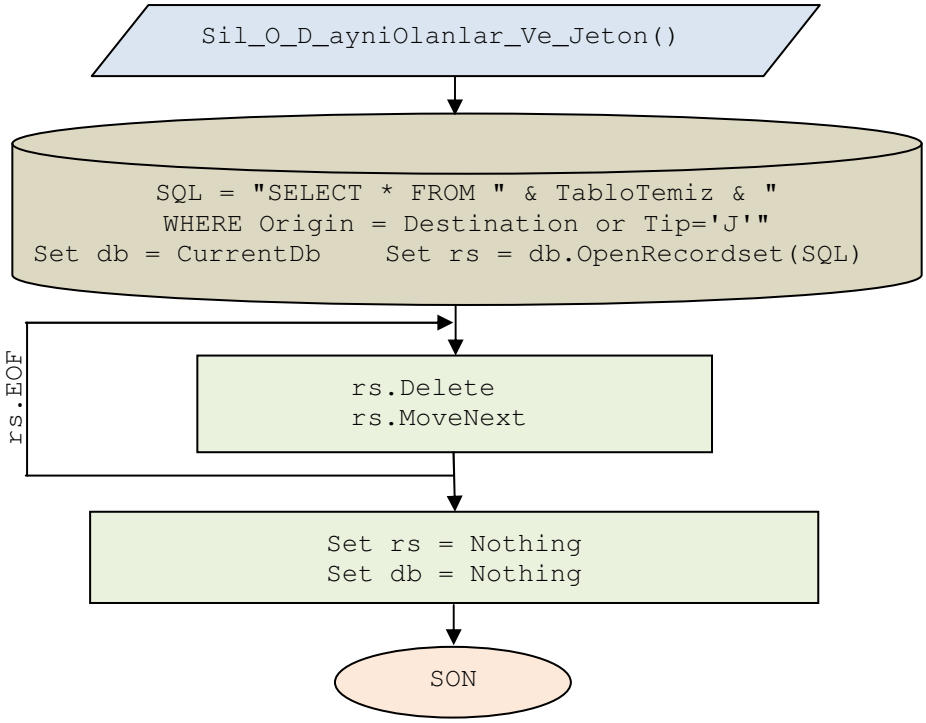

**Şekil 4.30:**Son yolculuğun bitiş noktasının belirlenmesi için hazırlanan akış şeması.

#### 4.2.2.10 Başlangıç ve bitiş noktası aynı olan ikililerin silinmesi

Veritabanı ile yapılmış olan çalışmaların sonucunda, her yolculuk satırı için, o yolculuğa ilişkin başlangıç ve bitiş noktaları, “Origin” ve “Destination” alanlarına girilmiş durumdadır. Ancak, yolculuklar incelendiğinde, herhangi bir yolculuk satırı için, yolculuk başlangıç ve bitiş noktalarının birbirleri ile aynı olduğu görülmektedir. Bu şekilde başlangıç ve bitişi aynı olan yolculukların veritabanından elenmesi gerekmektedir. Bu amaçla hazırlanan yazılıma ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de verilmiştir.

```
Sub Sil_O_D_ayniOlanlar_Ve_Jeton()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Origin =
Destination or Tip='J'"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.31:**Başlangıç ve bitişi aynı olan yolculukların elenmesi için hazırlanan kodlar.




**Şekil 4.32:**Başlangıç ve bitişi aynı olan yolculukların elenmesi için hazırlanan akış şeması.

#### 4.2.2.11 Ağırlıklandırma tablosunun hazırlanması

Bu aşamada amaç, sadeleştirilmiş tabloya ait satırlardaki yolculukların, ham veri tablosuna özdeş olacak şekilde gerçeğe en yakın ağırlık oranlarını bulmaktır. Bu ağırlık oranları hat ve zamana göre değişken alınmıştır. Bu şekilde veri doğruluğu için hassasiyetin arttırılması hedeflenmiştir.

Ağırlıklandırma işlemi, çalışmanın diğer çalışmalardan en önemli farklarından birisini oluşturmaktadır. Daha önce benzer konularda hazırlanan çalışmalar incelenirken farklı ağırlıklandırma yöntemleri ile karşılaşılmış, bu çalışma kapsamında gerçeğe en yakın katsayıyı bulmak üzere Denklem 4.1'de belirtilen yöntemin kullanılması uygun görülmüştür. Bu denkleme göre, her hat ve her 15 dk.'lık zaman dilimi için bir ağırlık katsayısı belirlenmektedir. Her hatta ilişkin ağırlık oranları aynı olmayacağı gibi, her zaman aralığına ait ağırlığın da aynı olmayacağı dikkate alınarak böyle bir denklem hazırlanmıştır. Bu denklemde saat dilimi olarak 15 er dakikalık zaman aralıkları göz önüne alınmaktadır. Böylece, hat ve zaman bazında hassasiyetin arttırılması ve gerçeğe daha yakın bir ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

$$AGR_{h_i,sd_i} = \frac{\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i} \left\{ 1 + \frac{1}{\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i}} \left[ \sum_{sd_i \in SD} X_{h_i \in \emptyset, sd_i} + B_{gün} + K_{gün} \right] \right\}}{\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i} - \sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i,D \in \emptyset}} \quad \textbf{(4.1)}$$

$h_i$: Hat

H: Tüm hatlar

$sd_i$: Saat dilimi

SD: Tüm saat dilimleri

$X_{hi,sdi}$: Akbil verisidir,$h_i \in H$, $sd_i \in SD$için 1 değerini verir.

$X_{hi \in \emptyset,sdi}$: Akbil verisidir,hattı belirsizdir ($hi \in \emptyset$), $sd \in sd_i$ için 1 değerini verir.

$X_{hi,sdi,D \in \emptyset}$: Akbil verisidir,hedef bölgesi belirsizdir ($D \in \emptyset$). $h_i \in H$, $sd_i \in SD$için 1 değerini verir. Bu veriler akbil satırlarındaki elenen verileri ifade eder. Bunlar çift basışlar, transferler ve diğer hedef bölgesi belirlenemeyenlerdir.

$B_{gün}$: Tüm hatlar için günlük toplam kullanılan bilet adedi.

$K_{gün}$: Tüm hatlar içinbeyan edilen günlük toplam kayıp adedi.

Denklem 4.1, $h_i$hattı ve $sd_i$saat dilimi için incelenecek olursa; ilk aşamada, $h_i$ hattına ait $sd_i$ zaman aralığındaki binişlerin, günlük bilet, kayıp ve hattı belirsiz olan binişler kadar olan miktarı tüm hatların günlük binişleri ile oranlanarak, $h_i$ hattı ve $sd_i$ saat dilimi için belirlenen miktar ile toplanmaktadır. Elde edilen değer, ikinci aşamada $h_i$ hattı ve $sd_i$ saat dilimi için belirlenen miktar ile $h_i$ hattı ve $sd_i$ saat dilimi için hedef zonu belirsiz olan miktarın farkına oranlanmaktadır. Böylelikle $h_i$ hattının $sd_i$ saat dilimi için ağırlıklandırma katsayısı belirlenmiş olmaktadır.

Ağırlıklandırma katsayısının belirlenmesinden sonra, bu katsayı hedef bölgesi belli olan tüm akbil satırlarına uygulanmaktadır:

$Elenmiş\ VeriKümesi_{h_i,sd_i} = \{\forall X \in (h_i, sd_i) | D \notin \emptyset\}$ olsun,

$$n\left(Elenmiş\ VeriKümesi_{h_i,sd_i}\right) = \sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i} - \sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i D \in \emptyset} \qquad \textbf{(4.2)}$$

Buradan $h_i$ hattına ait $sd_i$saat dilimindeki tüm ağırlıklandırmaların ($AGR_{hi,sdi}$) toplamı, $h_i$hattının $sd_i$ saat dilimindeki toplam talebine eşit olur:

$$\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} AGR_{h_i,sd_i} = \left(\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i} - \sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i,D \in \emptyset}\right) AGR_{h_i,sd_i} \qquad \textbf{(4.3)}$$

$$= \sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i} \left\{1 + \frac{1}{\sum_{\substack{h_i \in H \\ sd_i \in SD}} X_{h_i,sd_i}} \left[\sum_{sd_i \in SD} X_{h_i \in \emptyset, sd_i} + B_{gün} + K_{gün}\right]\right\}$$

Denklem 4.3, her $h_i$ hattı ve $sd_i$ saat dilimi için doğrulanmaktadır.

Yazılım içerisinde, ağırlıklandırma çalışmaları 3 aşama olarak incelenmiştir. Bu kapsamda sırasıyla “DilimOran1”, “DilimOran2” ve “Dilim” tabloları oluşturulmaktadır. Bunlardan “DilimOran1” ve “DilimOran2” tabloları hazırlık; “Dilim” ise sonuç tablosu olarak üretilecektir. Aşamalar incelenecek olursa:

1- Bu aşamada “DilimOran1” tablosu oluşturulur. Bu tablo, ham veri tablosu içinden “Hat” ve “15daklik” alanlarına göre gruplanmış verinin toplam sayısını içerir.

2- Bu aşamada “DilimOran2” tablosu oluşturulur. Bu tablo, temizlenmiş tablo (elenmiş ham veri tablosu) içinden “Hat” ve “15daklik” alanlarına göre gruplanmış verinin toplam sayısını içerir.

3- Bu aşamada ise, “Dilim” tablosu oluşturulur. Bu tabloda, “DilimOran1” ve “DilimOran2” tablolarındaki verilerin aynı hat ve aynı zaman dilimine ait olan satırları,Denklem 4.1’de tariflendiği şekilde işleme alınarak, ilgili hat ve zaman dilimine ait ağırlık verisi elde edilmektedir.

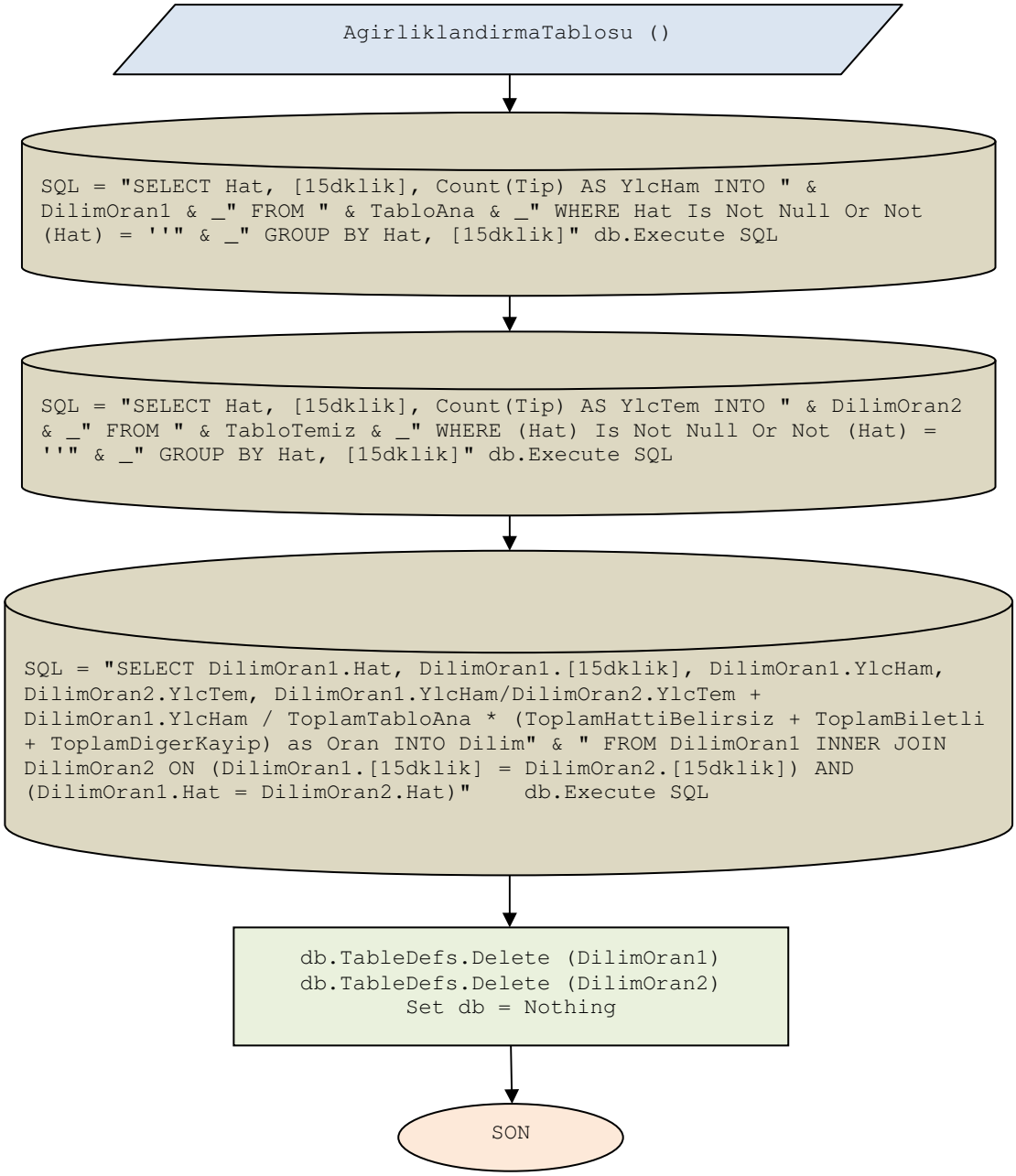
Yukarıda belirtilen üç aşama sonunda hedeflendiği şekilde her yolculuğa ilişkin ağırlık oranı, o yolculuğa ilişkin satırda “Oran” sütununa işlenmiştir. Böylelikle, temizlenmiş tablo ile ham veri tablosu arasında hat ve zaman parametrelerine göre gruplanmış verilerin özdeşliği sağlanmıştır. Söz konusu işlemlere ilişkin yazılıma ait kodlar ve akış şeması Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’de verilmektedir.

İncelenen diğer çalışmalarda olduğu gibi, bu çalışmada da her hat veya saat için tek bir ağırlık oranı kullanılabilirdi. Bu şekilde ağırlıklandırma yapılsaydı, kayıpların fazla olduğu hatlar veya zaman grupları için farklılık gözetilmemiş olurdu.

Sonuç olarak, izlenen her Akbil SeriNo’su, her hat için aynı ağırlık oranını taşımayacaktır. Bu yüzden hat bazlı ağırlıklandırma işlemi yapılmaktadır. Aynı şekilde, aynı Akbil SeriNo’suna ait yolculukların her zaman aralığı için yaptığı yolculuklar da aynı ağırlık oranını taşımayacaktır. Bu yüzden de 15’er dakikalık zaman dilimleri için incelenen yolculuklar, ilgili zaman dilimine göre ağırlıklandırılmıştır. Artık yapılması gereken işlem, bulunan ağırlık oranlarının “Ana” tabloya aktarılmasıdır. Bu işlem bir sonraki adımda anlatılacaktır.

```
Sub AgirliklandirmaTablosu()
    Const DilimOran1 = "DilimOran1"
    Const DilimOran2 = "DilimOran2"
    Dim db As Database
    Dim SQL As String
    Set db = CurrentDb
    SQL = "SELECT Hat, [15dklik], Count(Tip) AS YlcHam INTO " &
DilimOran1 & _
          " FROM " & TabloAna & _
          " WHERE Hat Is Not Null Or Not (Hat) = '''" & _
          " GROUP BY Hat, [15dklik]"
    db.Execute SQL
    SQL = "SELECT Hat, [15dklik], Count(Tip) AS YlcTem INTO " &
DilimOran2 & _
          " FROM " & TabloTemiz & _
          " WHERE (Hat) Is Not Null Or Not (Hat) = '''" & _
          " GROUP BY Hat, [15dklik]"
    db.Execute SQL
SQL = "SELECT DilimOran1.Hat, DilimOran1.[15dklik], _
DilimOran1.YlcHam, DilimOran2.YlcTem, _
DilimOran1.YlcHam/DilimOran2.YlcTem _
      + DilimOran1.YlcHam / ToplamTabloAna _
      * (ToplamHattiBelirsiz+ToplamBiletli+ToplamDigerKayip) _
as Oran INTO Dilim" & _
    " FROM DilimOran1 INNER JOIN DilimOran2 ON
(DilimOran1.[15dklik] = DilimOran2.[15dklik]) AND
(DilimOran1.Hat = DilimOran2.Hat)"
    db.Execute SQL
    db.TableDefs.Delete (DilimOran1)
    db.TableDefs.Delete (DilimOran2)
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.33:**Ağırlıklandırma işlemine ilişkin kodlar.



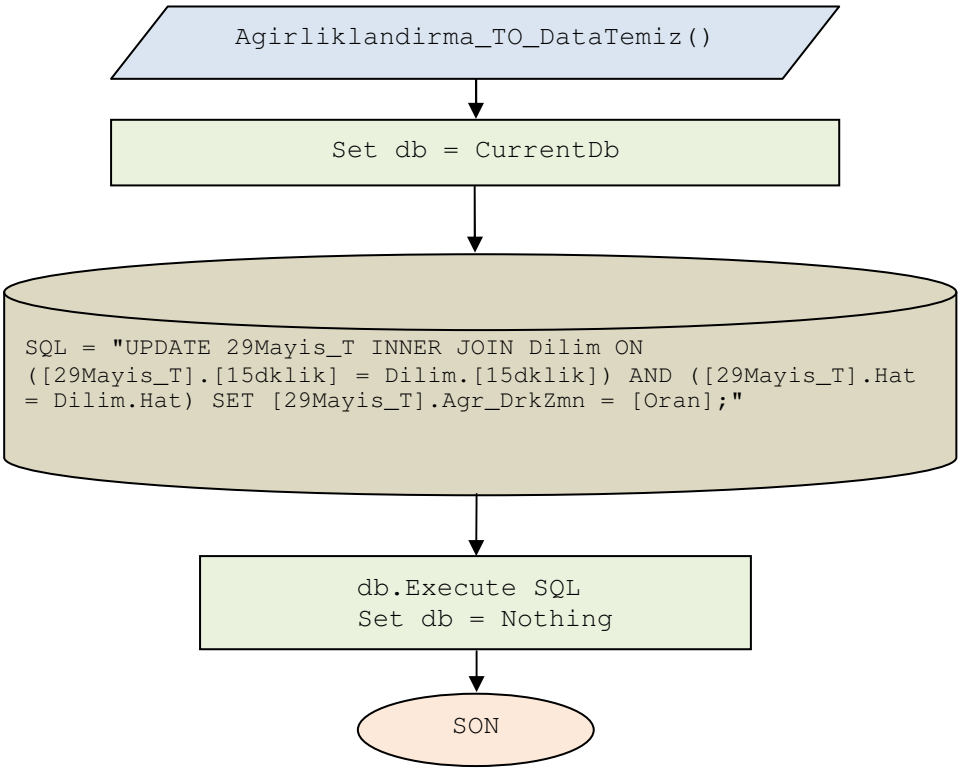

**Şekil 4.34:**Ağırlıklandırma işlemine ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.12 Ağırlıklandırma işleminin uygulanması

Önceki adımda bulunan, 15 dakikalık dilim, Hat ve ağırlıklandırma oranı, bu aşamada ana tabloya eklenerek, B-S matrisini oluşturmak üzere kullanılacak olan sonuç tablosu oluşturulmaktadır. Bu amaçla hazırlanan yazılıma ilişkin kodlar ve akış şeması Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da verilmektedir. Elde edilen sonuç tablosunun her satırı bir yolculuğu göstermekte ve bu yolculuklara ait ağırlık oranları da yine ilgili satırlarda bulunmaktadır. Böylelikle, her yolculuğun gerçekte kaç yolculuğa denk geldiği belirlenmiş hale gelmektedir.

```
Sub Agirliklandirma_TO_DataTemiz()
    Dim SQL As String
    Dim db As Database
    Set db = CurrentDb
    SQL = "UPDATE 29Mayis_T INNER JOIN Dilim ON
([29Mayis_T].[15dklik] = Dilim.[15dklik]) AND
([29Mayis_T].Hat = Dilim.Hat) SET [29Mayis_T].Agr_DrkZmn =
[Oran];"
    db.Execute SQL
    Set db = Nothing
End Sub
```

**Şekil 4.35:** Ağırlıklandırma işleminin uygulanmasına ilişkin kodlar.




**Şekil 4.36:** Ağırlıklandırma işleminin uygulanmasına ilişkin akış şeması.

#### 4.2.2.13 B-S ikililerinin oluşturulması

Bu aşamaya kadar B-S matrisi oluşturmak üzere, gereken tüm işlemler uygulanmış durumdadır. Bu aşamada, elde edilen sonuç veri tabanında bulunan "Origin" ve "Destination" alanları, bulunan ağırlık oranlarına göre gruplandırıldığında, başlangıç ve bitiş bölgelerine göre yolculuk değerleri (B-S ikilileri) belirlenmiş olacaktır. Bu işleme ilişkin SQL kodu Şekil 4.37'de verilmektedir.

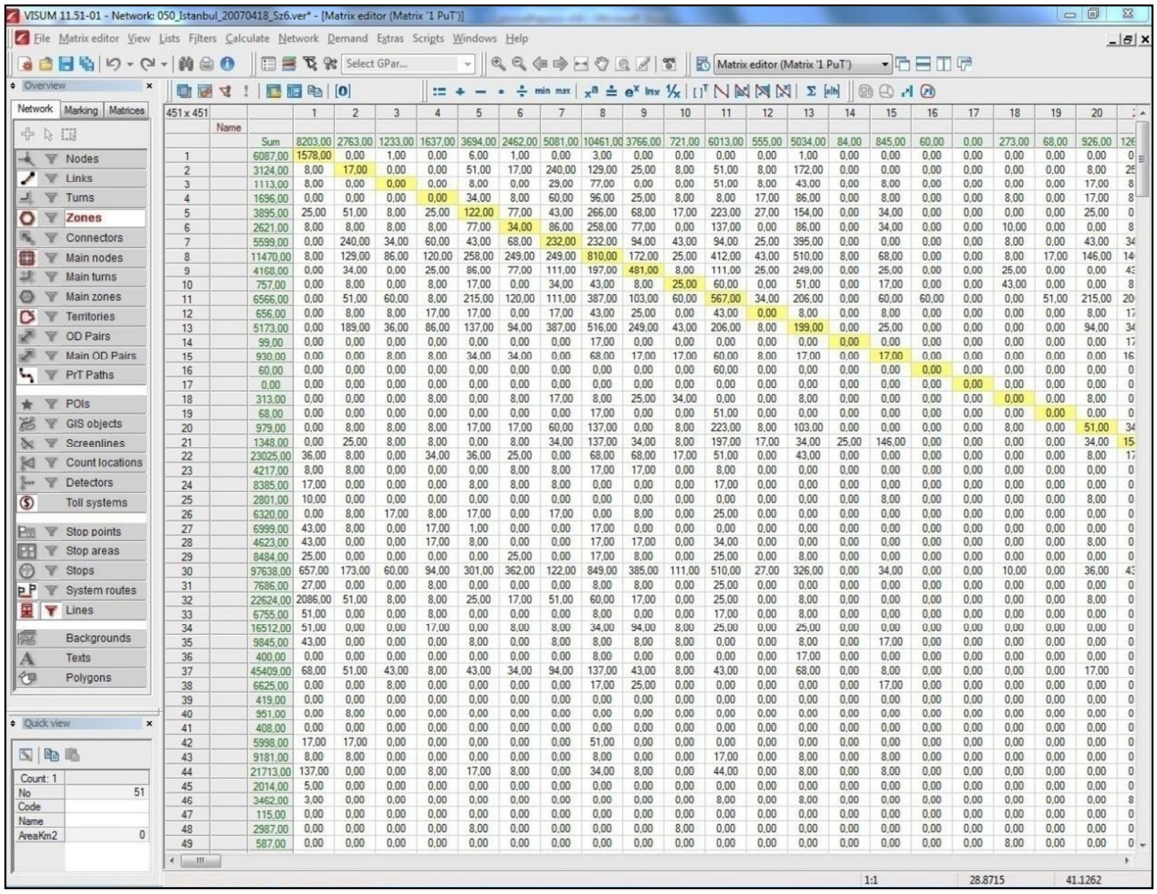
```
SELECT ORIGIN, DESTINATION, SUM(Agr_DrkZmn) INTO OD_Tbl FROM
29MAYIS_T GROUP BY ORIGIN, DESTINATION
```

**Şekil 4.37:**B-S ikililerini oluşturmak üzere hazırlanan SQL kodu.

B-S ikililerinin oluşturulmasıyla birlikte, elde edilen değerlerin matris formuna dönüştürülmesi MS Excel programı ile kolaylıkla yapılabilmektedir. Matris formuna dönüştürülen değerler kolaylıkla simulasyon programına eklenebilmektedir (Şekil 4.38). Elde edilen B-S ikililerine ilişkin tablodan bir kesit Çizelge 4.5'de verilmektedir. Bu çizelgede 57 ve 58 numaralı bölgelerden başlayan ve diğer bölgelerde sonlanan yolculuk toplam değerleri verilmektedir.

**Çizelge 4.5 :**B-S ikilileri.

| Origin | Destination | Yolculuk Adedi |
|---|---|---|
| 57 | 181 | 25 |
| 57 | 185 | 2 |
| 57 | 203 | 17 |
| 57 | 219 | 26 |
| 57 | 279 | 17 |
| 57 | 283 | 17 |
| 57 | 330 | 8 |
| 57 | 346 | 11 |
| 57 | 362 | 8 |
| 57 | 439 | 8 |
| 58 | 1 | 28 |
| 58 | 6 | 8 |
| 58 | 8 | 9 |
| 58 | 9 | 8 |
| 58 | 15 | 7 |
| 58 | 22 | 120 |
| 58 | 23 | 41 |
| 58 | 24 | 61 |
| 58 | 25 | 17 |




**Şekil 4.38:**B-S ikililerinin matris formunda gösterimi.

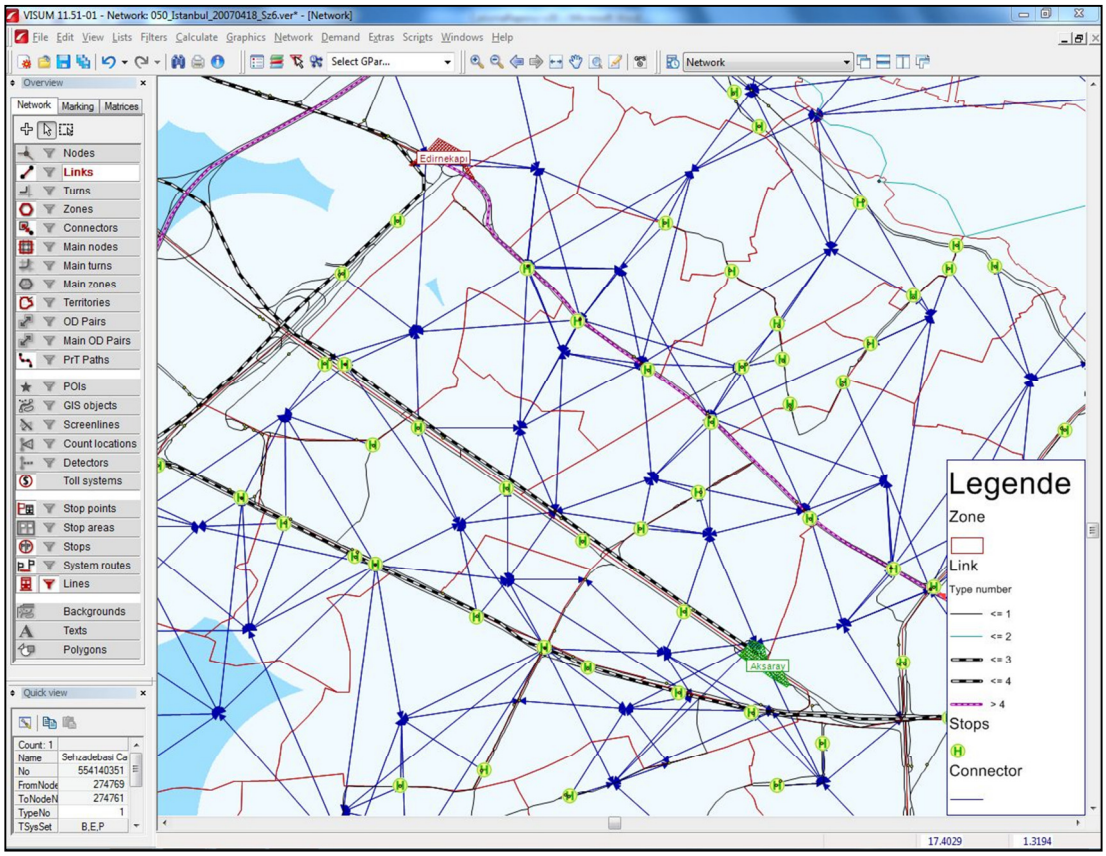
# 5. B-S MATRİSİNİN ATANMASI

Bu bölüme kadar, çalışmanın öncelikli amacı olan B-S matrisi tahmin çalışmaları tamamlanmıştır. Bu bölümde ise elde edilen yolculuk değerlerinin 2006 yılı İstanbul Ulaşım Ana Planı kapsamında anket verilerinden elde edilen yolculuk değerleri ve diğer toplu taşıma otoritelerinden elde edilen yolculuk değerleri ile karşılaştırılmak üzere atama işlemi gerçekleştirilecektir.

Atama işlemi, PTV AG tarafından hazırlanan VISUM (v.11.51-01) simülasyon programı kullanılarak yapılacaktır (Url-5). Atama işleminin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle Bölüm 4.1'de hazırlanan vektörel verilerin programa aktarılması gerekmektedir. Bu veriler başlıca, ulaşım bölgeleri, toplu ulaşım hatları, durak (iskele/istasyon) ve aktarmaalanları verilerinden oluşmaktadır. Bölüm 4.1'de "shape file" formatında hazırlanan veriler, dışarıdan dosya yükleme arayüzü ile programa yüklenmektedir. Söz konusu veriler, VISUM programına yüklendiklerinde hiçbir işlevi olmayan vektörel verilerden ibarettirler. Bu veriler aynı zamanda öznitelik tablolarına bağlı olarak programa yüklendikleri için, vektörel verilerin ve bu verilere bağlı olan tabloların program içerisinde tanımlanmaları gerekmektedir. Sırasıyla tanımlama işlemleri yapıldıktan sonra, ilk aşamada sadece "link" verileri durumundaki verileri toplu ulaşım hatları olarak, "node" durumundaki veriler "centroid", durak, iskele ve istasyon olarak, "area" durumundaki veriler ise ulaşım bölgeleri ve aktarma alanları olarak tanımlanmaktadır.

Tanımlama işlemlerinin sonrasında, her toplu ulaşım hattı ile ilgili durak, iskele ve istasyon noktaları ilişkilendirilmektedir. Böylelikle her hatta ilişkin detaylı bilgiler programa girilmek üzere toplu ulaşım hatları hazırlanmaktadır. Hatların ve durakların hazırlanmasından sonra, yolculukların başlayacağı ve sonlanacağı bölgleri gösteren zon verilerinin ve bu zonlara bağlı olarak yolculukların zon içerisinde yoğunlaştığı noktaları temsil eden "centroid" verileri hazırlanmaktadır.Bu amaçla, tanımlanan zon ve centroid verileri ile hatlar arasında erişimi sağlayacak bağlantı elemanlarının tanımlanması gerekmektedir. Centroid noktaları program içerisinde bağlı bulundukları zon bölgesini temsil etmektedirler. Centroid noktalarından çıkacak ve sonlanacak yolculuk değerlerinin toplu taşıma hatları ile ilişkilendirilmesi

ise “connector” olarak isimlendirilen “link”ler ile sağlanacaktır. Hazırlanan tüm vektörel verilerin biraraya getirilmesiyle birlikte atama işlemine esas olacak model oluşturulmaktadır (Şekil 5.1).




**Şekil 5.1:**Hazırlanan modele ilişkin detay görünümü.

Toplu taşıma hatları, durak, iskele, istasyon, centroid, connector ve zone verilerinin VISUM programına yüklenerek tanımlanmasından sonra Bölüm 4.2’de yapılan çalışmalar sonucu elde edilen B-S matrisi programa aktarılarak ilgili parametrelerin girilmesiyle birlikte atama işlemi gerçekleştirilmektedir. Atama işlemine ilişkin seçilen atama yöntemi ve parametreler, farklılık oluşmaması adına 2006 yılı İstanbul Ulaşım Ana Planı’nda kullanılan toplu taşıma atamasıyla benzer şekilde seçilmiştir.

Toplu taşıma ataması aşamalar halinde yapılmaktadır. Toplu taşıma yolcu taleplerinin belirlenebilmesi için B-S ikilileri arasında toplu taşıma süreleri kullanılmıştır. Yolculukların başlangıç ve bitiş noktaları belirlendikten sonra, bu yolculuklar yapılırken kullanılan yolların araştırılması ve belirlenmesi işlemleri toplu taşıma atamasını oluşturmaktadır.

Atamanın gerçekleştirilebilmesi için, atamanın yapılacağı şebekeye ilişkin aşağıda sıralanan bileşenlerin hazırlanması gerekmektedir:

- Bölge merkezleri
- Bölge merkezlerinin duraklara bağlantıları
- Toplu taşıma yolları ve hatları
- Yollar üzerine girilen gerekli veriler:
  - Ulaşım türleri için yol süreleri (hızları)
  - Ekspres türler için yol süreleri (hızları)
  - Yürünebilir yollar
  - Yürüme süreleri
- Hatlar üzerine girilen gerekli veriler:
  - Ulaşım türü
  - Saatlik kapasite
  - Kalkış aralığı (headway)
  - Durak kayıp süreleri (dwell time)
  - Ücret
  - Aktarma ücreti
  - Aktarma adedi (aktarma ücreti alınacak)
  - Hattın toplam süresinin standart sapması

Bu bileşenler toplu taşıma şebekesini kuran temel verileri oluşturmaktadır. Bunları kullanarak herhangi bir bölge merkezinden yola çıkan bir kişi; yürüme süresi, bekleme süresi, ücret ve hattın ulaştırma süresini de dikkate alarak yol seçimi yapabilir.

## 5.1 Atama İşleminde Kullanılan Parametreler

Atama sonuçlarının gerçek değerlere yakın değerler vermesi, kullanılan parametrelerin seçimiyle doğrudan ilgilidir. Atama işleminde kullanılan parametreler için sınır değerler belirlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde örneğin, bir kişinin bir yolu baştan sona yürüyerek gitmesi yerine, uygun bir mesafeden toplu taşıma aracını kullanabilmesi sağlanmış olmaktadır. Bir toplumun gelir seviyesinin düşük olması o toplumun yürüme mesafesini arttıracaktır fakat insan bünyesinin sınırları gibi fiziksel sebepler söz konusu olduğunda bir sınır değer konulması gerçeği yansıtabilmek

açısından önemlidir. Bu sebeple bölge merkezinden durağa erişimin maksimum süresi ve duraktan zon merkezine erişimin maksimum süresi belirlenmelidir. Süresel sınırları olan parametreler şunlardır:

1. Bölge merkezinden durağa erişimin maksimum süresi
2. Duraktan bölge merkezine erişimin maksimum süresi
3. Maksimum transfer süresi
4. Maksimum yolculuk süresi
5. İlk bekleme maksimum ve minimum süreleri
6. Aktarma bekleme maksimum ve minimum süreleri

Bunların dışında adetle belirtilen sınırlar vardır. Bunlar:

a. Maksimum toplam aktarma sayısı
b. Maksimum ücretli aktarma sayısı

Bu parametreler kullanılarak, toplam aktarma sayısını geçmeyecek şekilde bir yolculuk tanımlanabilir. Düşük ücretli aktarma sayısı daaktarmalar için sırayla hangi ücretlerin kullanacağını belirler. Bunların dışında kullanılan tek sınır değer, maksimum genelleştirilmiş maliyet değeridir. Bu değer ağırlıkların da etkisiyle yolculuğun gerçekleşen maliyeti de belirlenmektedir.

Atamanın gerçekleşmesinde rol oynayan diğer parametreler şunlardır:

1. Zamanın değeri
2. Bekleme süresinin hattın kalkış aralığına oranı (interarrival parameter)

Bu değerler çok önem taşıyan, hesaba doğrudan etkili parametrelerdir. Bu parametrelerden zamanın değeri aslen bölge bazında değişkendir. Fakat hazırlanan model buna ait değişkenlik içermemektedir. Bu sebeple zamanın değeri olarak, tüm gelir grupları için, ortalama değer olan 2.7 TL/saat değeri kullanılmıştır.

Bekleme süresinin hattın kalkış aralığına oranı 0.5 olarak alınmıştır. Bu değer, sefer aralığı 40 dakikadan fazla olan hatlarda 20 dakika ile sınırlandırılmıştır.

## 5.2 Parametrelerin Genelleştirilmiş Maliyetlere Katılım Oranları

Bazı parametrelerin hissedilen oranları, onları daha önemli veya daha önemsiz hale getirebilir. Örneğin yürüme süresi ile bekleme süresi veya araçta geçen süre ile ilgili olarak farklı hisler farklı katılım dengeleri söz konusu olabilir. Bekleme süresi araçta geçen süreye oranla genelde belirsizlik ve bir şey yapmıyor olmaktan dolayı daha rahatsızlık içerir. Bunun benzeri sebeplerle sistem içerisinde şu parametreler için ağırlık belirtilmesi istenmektedir:

1. Ücret
2. Araçta geçen süre (yol süreleri)
3. Aktarma hata süresi
4. Bekleme süresi
5. Durak kayıp süresi
6. Yürüme süresi

Bu parametreler sisteme hat bazında, ulaşım türü bazında veya genel olarak verilebilmektedir. Çalışma kapsamında bu ağırlıklar genel olarak verilmektedir.

## 5.3 Sıkışıklık Parametreleri

Toplu taşıma atamasında sıkışıklık parametresi olarak α (alfa) = 0,5 ; β (beta)= 4 alınmıştır. Bu parametrelerden alfanın anlamı, akım hattın kapasitesine yaklaştığında normal hat süresinin alfa oranında artmasıdır. Bu aslında hattın seçimi sırasında kişinin hat tercihinin sıkışık hatlardan kaçması yönünde kullanması anlamına gelmektedir. Kişi, sıkışıklığı ekstra yol süresi olarak değerlendirmeye katmakta ve bu sayede diğer sıkışık olmayan bir hattı tercih etmektedir. "Bureau Of Public Roads" sıkışıklık denklemi, Denklem 5.1'de verilmiştir.

$$t = t_f \left[ 1 + \alpha \left( \frac{v}{c} \right)^{\beta} \right] \qquad \textbf{(5.1)}$$

t: v akımı geçerken yol parçasını aşmak için gerekli süre

$t_f$: Serbest hızlarla yol parçasını aşmak için gerekli süre

α: Kapasite akımı için t süresindeki $t_f$'ye göre artış oranı

β: Fonksiyonun artış hızını belirleyen parametre

$\nu$: hacim

c: kapasite

### 5.4 Toplu Taşıma Atama Algoritmaları

İUAP kapsamında gerçekleştirilen toplu taşıma ataması, TRANSCAD programı kullanılarak yapılmıştır (Url-6). Bu program üç farklı atama algoritması içermektedir. Bunlar:

1. Ya hep ya hiç ataması,
2. Olasılıksal yolcu dengesi ataması (stochastic user equilibrium),
3. Yol arama (pathfinder) atamasıdır.

İUAP kapsamında gerçekleştirilen atamada, sabah akımlarını oluşturacak B-S matrisi sisteme yüklenmiş ve atama işlemi gerçekleştirilmiştir. Atama işlemleri 3 farklı atama algoritması kullanılarak denenmiş;sıkışıklığa duyarlı ve dağılımı sağlamada daha etkin olan Olasılıksal Yolcu Dengesi Ataması (Stochastic User Equilibrium) seçilmiştir (Wardrop, 1952).

Atama işlemi sürecinde, 100 adım tekrar sonucunda akımlar daha fazla değişim göstermemiş ve atama sonlandırılmıştır. Kullanılantoplu taşıma ataması, hemen her parametresine yüksek duyarlılık göstermekte ve bu durum, atamanın parametrelerini dikkatli seçmeyi gerektirmektedir. Atama işleminde sıkışıklık katsayıları olan $\alpha$ve $\beta$yüksek derecede öneme sahiptir. Sıkışıklığın ve konfor kaybının süre olarak maliyete yansıtılması için $\alpha$parametresi kullanılmaktadır. $\alpha$parametresi, sürenin, yollar boşken gidilen süreye göre ne kadar değişeceğini belirlemekte kullanılmaktadır. Bu durum, bir hat üzerinde iniş ve binişler arttıkça hattın daha çok süre kaybına uğrayacağı şeklinde ifade edilebilir. Fakat burada bir yol seçimi yapılmaktadır ve yol seçimi için dolu hatlardaki konfor kaybının kişiye belli bir süre kaybıyla maliyeti eşdeğerdir. Yol seçimi yapmakta olan bir kişi daha yavaş ama daha boş bir hattı tercih edebilir. Bunun anlamı konfor kaybının zaman değeridir. Bu sebeplerle,Olasılıksal Yolcu Dengesi Ataması (Stochastic User Equilibrium) toplu taşıma şebekesi atama algoritması olarak kullanılmıştır (Lam,Gao, vd., 1999), (Sheffi, 1985).

## 5.5 Atamada Kullanılan Parametre Değerleri

Atama sürecinde çeşitli parametre değerleri kullanılmaktadır. Kullanılan bu parametrelerden süresel kısıtlar aşağıdaki gibidir:

- Maksimum ilk bekleme süresi: 20 dakika
- Maksimum bölge-durak erişim yürüme süresi: 20 dakika
- Maksimum durak-bölge merkezi erişim yürüme süresi: 20 dakika
- Maksimum aktarma süresi: 20 dakika
- Maksimum toplam yolculuk süresi: 360 dakika (limitsiz)

olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, diğer parametre ve kısıtlar ise şöyle belirlenmiştir:

- Maksimum toplam genelleştirilmiş maliyet: 10000TL (limitsiz),
- Zamanın değeri: 0.045 TL/dk (2.7 TL/saat),
- Zaman ağırlıkları: Yürüme için 3, diğer türler için 1,
- Ücretsiz aktarma sayısı: İETT, Metro, Hafif Metro ve Hızlı Tramvay için 1 ücretsiz aktarma,
- İki atama arasında atamanın durma koşulu: İki adım arasındaki oran 0.0001

olarak belirlenmiştir.

Hat süresi, kalkış aralığı ve transfer kalkış aralığı için kullanılan standart sapma ve dağılımlar ise aşağıda verildiği şekilde kullanılmıştır:

- Hattın sabah, öğlen ve akşam saatlerindeki hızlarına göre hattın sürelerinde standart sapma hesaplanmıştır. Bu süre için normal dağılım fonksiyonu kullanılmıştır.
- İlk beklenen hattın kalkış aralığının standart sapması 5dakika ve dağılımı Normal Dağılım olarak belirlenmiştir.
- Transfer kalkış aralığının standart sapması 5 dakika ve dağılımı Normal Dağılım olarak belirlenmiştir.

## 5.6 Atama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Atama sonuçlarını değerlendirmek üzere, İstanbul Ulaşım Ana Planıkapsamında hazırlanan toplu ulaşım B-S matrisi atama sonuçları ile Akbil verilerinden elde edilenB-S matrisiile yapılmış olan atama sonuçları karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma işlemi kesit bazında gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla İstanbul genelindeki anaarterler üzerinden yaklaşık 70 adet kesit belirlenerek, bu kesitlerdeki İUAP toplu ulaşım yolculukları ve kalibrasyon çalışmaları kapsamında yapılan sayım değerleri ile Akbil verilerinden elde edilen yolculuk değerleri karşılaştırılmaktadır. İUAP kullanılan toplu ulaşım yolculuklarına ilişkin bu değerler karayolu bazında İETT, Özel Halk Otobüsü, Minibüs ve Dolmuş türlerine ilişkin yolculukları içerdiği için karayolu yolculuklarının, Minibüs ve Dolmuş yolculukları oranları kadar küçültülerek, Akbil verileri ile elde edilen karayolu yolculukları ile karşılaştırılması uygun görülmektedir.

İstanbul Ulaşım Ana Planı çalışması içerisinde, toplu taşıma kalibrasyon sonuç raporuna göre toplu taşıma şebekesinde günlük 5.4 milyon yolcu taşınmaktadır. Sabah zirve saatlerde ise (7:00-8:00) bu değerin %11,3'ü yani yaklaşık 616.000 yolcu taşınmaktadır.

**Çizelge 5.1:**Toplu taşıma ile taşınan yolcu sayısı.

| | | **Gün** | **Zirve saat** | **Oran (%)** |
|---|---|---|---|---|
| **DEMİRYOLU** | Havaalanı – Aksaray (LRT) | 181.160 | 17.958 | 3,33 |
| | İstanbul Metrosu | 163.151 | 16.153 | 3,00 |
| | Hızlı Tramvay Zeytinburnu | 209.533 | 13.819 | 3,85 |
| | TCDD (ANADOLU) | 57.321 | 6.895 | 1,05 |
| | TCDD (AVRUPA) | 65.385 | 5.914 | 1,20 |
| **DENİZYOLU** | Deniz Motorları | 66.000 | 11.000 | 1,21 |
| | İDO | 33.025 | 3.756 | 0,61 |
| | Şehir Hatları (TDİ) | 209.479 | 19.909 | 3,85 |
| **KARAYOLU** | İETT | 1.513.911 | 181.139 | 27,79 |
| | Halk Otobüsü | 940.909 | 113.000 | 17,27 |
| | Minibüs | 1.750.000 | 198.000 | 32,13 |
| | Dolmuş | 19.484 | 2.200 | 0,36 |
| | Uzak Belde Otobüs Hatları | 226.284 | 25.600 | 4,15 |
| **DİĞER** | Nostaljik Tramvay | 922 | 68 | 0,02 |
| | Tünel | 7.567 | 580 | 0,14 |
| | Teleferik | 2.657 | 86 | 0,05 |
| **TOPLAM** | | 5.446.788 | 616.077 | 100,00 |

Toplu taşıma kalibrasyon sonuç raporunda bu yolculuklar belirlenirken, ilgili kurumların yapmış olduğu çalışma sonuçları dikkate alınmıştır. İstanbul Ulaşım Ana Planı kapsamında toplu taşımaya ilişkin yolculuk değeri günlük 5.316.351 olarak verilmektedir. Bu rakam içerisinden otomatik ücretlendirme kullanılmayan sistemler elendiğinde 3.240.583 yolculuk elde edilmektedir. Bu değer karşılaştırma için toplam değer olarak dikkate alınmaktadır. Akbil verisinden elde edilenB-S matrisinde toplam yolculuklar 1.908.507 olarak belirlenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek adına bu değer büyütülerek 3.240.583 değeri yakalanmıştır.

Bu değerler göz önüne alındığında, otomatik ücretlendirme kullanılmayan, yani bu çalışma kapsamında dikkate alınmayan türlere ilişkin oranın %37 olduğu ortaya çıkmaktadır. İUAP kapsamında hazırlanan modelde kesitlere ilişkin değerler, otomatik ücretlendirme kullanılmayan sistemleri de içerdiği için, kesitlerle ilgili karşılaştırma yapılırken İUAP kesit verileri için bu oranda küçültme yapılmıştır. Çalışma sonucunda, her 15 dakikalık zaman dilimi ve her hat için ayrı matrisler oluşturulabilecek bir veritabanı hazırlanmıştır. Karşılaştırmada, sabah 07:00 – 08:00 saatleri arası yolculuklar dikkate alınacağından; karşılaştırma işlemine geçilmeden, öncelikle 07:00 – 08:00 saatleri arası yolculuk matrisi üretilmiştir. Hazırlanmış olan yolculuk veritabanı incelendiğinde, sabah zirve saatinde yapılan binişlerin toplamı 232.690; tüm gün biniş toplamı ise 2.127.700 olarak belirlenmektedir. Bu değerler dikkate alındığında, sabah zirve saatioranı %10,9 olarak bulunmaktadır.

Kesit yolculukları ile ilgili karşılaştırma Çizelge 5.2'de verilmektedir. Tabloda verilen kesitlerdeki toplu taşıma yolculuk oranları incelendiğinde İUAP atama değerlerine %80,3 oranında yaklaşıldığı görülmektedir. Standart sapma değeri ise %13,1 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Akbil verileri ile yapılan atamadan elde edilen kesit değerleri, İUAP kalibrasyon çalışmaları kapsamında yapılan sayım değerleri ile karşılaştırıldağında, gerçekleşen değere %82 oranından yaklaşıldığı ve standart sapma değerinin de %18,4 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.2:**Kesit yolculuklarının karşılaştırılması.

| KESİT ADI | YÖN | MODEL | İUAP | ORAN | SAYIM DEĞERİ | ORAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.Levent | 4.Levent-Maslak | 5355.3 | 4394.7 | 82.1% | 4678 | 87.4% |
| 4.Levent | 4.Levent-Beşiktaş yönü | 4127.1 | 3856.6 | 93.4% | 4654 | 88.7% |
| A.Hisarı-TEM Bağlantı Yolu | A.Hisarı Yönü | 405.1 | 450.6 | 89.9% | 366 | 90.4% |
| A.Hisarı-TEM Bağlantı Yolu | TEM yönü | 681.7 | 552.0 | 81.0% | 366 | 53.7% |
| A. Hisarı-Körfez Cad.(Sahil) | Üsküdar yönü | 1345.0 | 1269.9 | 94.4% | 1356 | 99.2% |
| Bakırköy İncirli | Bahçelievler yönü | 4975.1 | 3960.4 | 79.6% | 5049 | 98.5% |
| Bakırköy İncirli | Sahil yönü | 3953.5 | 2783.1 | 70.4% | 4122 | 95.9% |
| Barbaros Bulvarı | Barbaros Beşiktaş yönü | 5168.4 | 3942.4 | 76.3% | 5976 | 86.5% |
| Barbaros Bulvarı | Barbaros Maslak yönü | 3585.4 | 2274.1 | 63.4% | 5405 | 66.3% |
| Beşiktaş Sahilyolu | Ortaköy yönü | 2024.4 | 1642.3 | 81.1% | 2379 | 85.1% |
| Beykoz TEM | Doğu | 2878.5 | 3234.3 | 89.0% | 2699 | 93.8% |
| Beykoz TEM | Batı | 6203.3 | 4443.4 | 71.6% | 2918 | 47.0% |
| Beykoz-İncirköy Cad. (Sahil) | Kuzey yönü | 2188.3 | 2634.4 | 83.1% | 2215 | 98.8% |
| Boğaziçi Köprüsü | Mecidiyeköy yönü | 6435.2 | 4943.3 | 76.8% | 4779 | 74.3% |
| Boğaziçi Köprüsü | Üsküdar yönü | 3189.0 | 3212.7 | 99.3% | 4988 | 63.9% |
| Caddebostan | Bağdat Cad. | 1328.6 | 983.2 | 74.0% | 626 | 47.1% |
| Caddebostan | Op.Cemil Topuzlu Cad. | 357.0 | 303.2 | 84.9% | 585 | 61.0% |
| E5 Ataköy | E5 Ataköy-Bakırköy | 8260.9 | 6961.5 | 84.3% | 7207 | 87.2% |
| E5 Ataköy | E5 Bakırköy Ataköy | 8348.4 | 7305.9 | 87.5% | 8157 | 97.7% |
| E5 Avcılar | Dış yönde | 3761.1 | 8436.1 | 44.6% | 4499 | 83.6% |
| E5 Avcılar | Merkez yönü | 4811.1 | 9443.0 | 50.9% | 3396 | 70.6% |
| E5 Cevizlibağ | Merkeze | 13741.7 | 11787.8 | 85.8% | 11739 | 85.4% |
| E5 Cevizlibağ | Dışarıya | 14121.0 | 12000.0 | 85.0% | 13967 | 98.9% |
| E5 Defterdar | Dışarıya | 8003.2 | 8192.8 | 97.7% | 7732 | 96.6% |
| E5 Defterdar | Merkeze | 9817.1 | 8516.6 | 86.8% | 7877 | 80.2% |
| E5 Mecidiyeköy | E5 Mecidiyeköy - Boğaziçi | 5792.7 | 5181.5 | 89.4% | 5729 | 98.9% |
| E5 Mecidiyeköy | E5 Mecidiyeköy Merter | 6883.8 | 5288.4 | 76.8% | 5709 | 82.9% |
| Edirnekapı Rami Cad | Gaziosmanpaşa- E.kapı | 5107.9 | 4025.9 | 78.8% | 3239 | 63.4% |
| Edirnekapı Rami Cad | E.kapı-Gaziosmanpaşa | 1519.7 | 2363.6 | 64.3% | 3239 | 46.9% |
| FSM Köprüsü | Anadolu yönü | 3484.0 | 3266.1 | 93.7% | 3293 | 94.5% |
| FSM Köprüsü | Avrupa yönü | 4980.3 | 5224.5 | 95.3% | 3511 | 70.5% |
| Galata Köprüsü | Karaköy yönü | 7673.1 | 9225.4 | 83.2% | 11415 | 67.2% |
| Galata Köprüsü | Eminönü yönü | 2402.5 | 2199.4 | 91.5% | 5447 | 44.1% |
| Halkalı A.şehir İstanbul C. | Halkalı yönü | 640.0 | 725.7 | 88.2% | 598 | 93.4% |
| İçerenköy E5 | Dış yön | 3919.1 | 6194.9 | 63.3% | 6881 | 57.0% |
| İçerenköy E5 | Merkez | 6916.4 | 9666.8 | 71.5% | 6184 | 89.4% |
| Haydarpaşa Rıhtım Cad. | Kadıköy yönü | 8298.6 | 10411.4 | 79.7% | 9417 | 88.1% |
| Haydarpaşa Rıhtım Cad. | Haydarpaşa yönü | 9194.4 | 7894.7 | 85.9% | 9437 | 97.4% |
| Kandilli Cad | Beykoz yönü | 1427.5 | 1260.7 | 88.3% | 1565 | 91.2% |
| Koşuyolu Dr.Eyüp Aksoy C. | E5 yönü | 3714.9 | 3814.7 | 97.4% | 3924 | 94.7% |
| Koşuyolu E5 | Dış yönde | 1093.2 | 867.7 | 79.4% | 1033 | 94.5% |

**Çizelge 5.2 (devam) :**Kesit yolculuklarının karşılaştırılması.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Koşuyolu E5 | Merkez | 6707.6 | 8004.5 | 83.8% | 6221 | 92.7% |
| Maltepe Bağdat Cad | Merkeze | 991.7 | 884.9 | 89.2% | 568 | 57.3% |
| Maltepe Bağdat Cad. | Dış yöne | 595.0 | 704.4 | 84.5% | 569 | 95.6% |
| Maltepe E5 | Dış yön | 2048.7 | 5394.8 | 38.0% | 4601 | 44.5% |
| Maltepe E5 | Merkeze | 4500.8 | 7831.1 | 57.5% | 4669 | 96.4% |
| Maltepe Sahilyolu | Merkez yönü | 1142.4 | 604.0 | 52.9% | 366 | 32.0% |
| Maltepe Sahilyolu | Dış yön | 381.9 | 215.0 | 56.3% | 366 | 95.8% |
| Millet Cad. | Millet Cad. merkeze | 9973.4 | 9063.8 | 90.9% | 10054 | 99.2% |
| Millet Cad. | Millet Cad. dışarıya | 9094.5 | 8334.7 | 91.6% | 10583 | 85.9% |
| Şile Otoyolu | Şile yönü | 5046.3 | 4545.8 | 90.1% | 4994 | 99.0% |
| Şile Otoyolu | Merkez yönü | 4957.5 | 7563.1 | 65.5% | 4986 | 99.4% |
| TEM Polonezköy Bağ. Yolu | TEM Yönü | 1459.1 | 1752.9 | 83.2% | 1511 | 96.6% |
| TEM Polonezköy Bağ. Yolu | Polonezköy Yönü | 729.3 | 1104.6 | 66.0% | 1511 | 48.3% |
| Unkapanı Köprüsü | Eminönü yönü | 6268.2 | 3981.3 | 63.5% | 6610 | 94.8% |
| Ümraniye Alemdağ Cad. | Ümraniye yönü | 5026.9 | 4496.8 | 89.5% | 5279 | 95.2% |
| Üsküdar Abdullahağa (sahil). | Üsküdar yönü | 1799.2 | 1613.6 | 89.7% | 2505 | 71.8% |
| Üsküdar Hakimiyeti Milliye C. | Sahil yönünde | 372.4 | 345.1 | 92.7% | 354 | 95.1% |
| Üsküdar Hakimiyeti Milliye C. | Kara yönünde | 700.1 | 539.1 | 77.0% | 464 | 66.3% |
| Üsküdar Selman-ı Pak Cad. | Kara yönünde | 1429.1 | 1164.8 | 81.5% | 1485 | 96.2% |
| Üsküdar Selman-ı Pak Cad. | Sahil Yönünde | 1842.3 | 2639.1 | 69.8% | 1594 | 86.5% |
| VATAN CAD | Vatan Cad. dışarıya | 3330.4 | 3140.4 | 94.3% | 2995 | 89.9% |
| VATAN CAD | Vatan Cad. merkeze | 4702.1 | 3768.7 | 80.1% | 3342 | 71.1% |
| Vatan Cad. TEM bağlantısı | TEM'e doğru | 4495.1 | 4841.9 | 92.8% | 4453 | 99.1% |
| Vatan Cad. TEM bağlantısı | E5'e doğru | 4418.2 | 4869.6 | 90.7% | 4450 | 99.3% |
| Yenikapı | Yenikapı Taksim | 2580.0 | 2255.5 | 87.4% | 2584 | 99.8% |
| Yenikapı | Taksim-Yenikapı | 2498.7 | 2110.5 | 84.5% | 2565 | 97.4% |
| Yenikapı Sahilyolu | Yenikapı -Bakırköy | 656.4 | 788.6 | 83.2% | 614 | 93.5% |
| Yenikapı Sahilyolu | Bakırköy-Yenikapı | 514.3 | 387.0 | 75.3% | 246 | 47.8% |
| Ortalama | | | | 80.3% | | 82.0% |
| Standart Sapma | | | | 13.1% | | 18.4% |

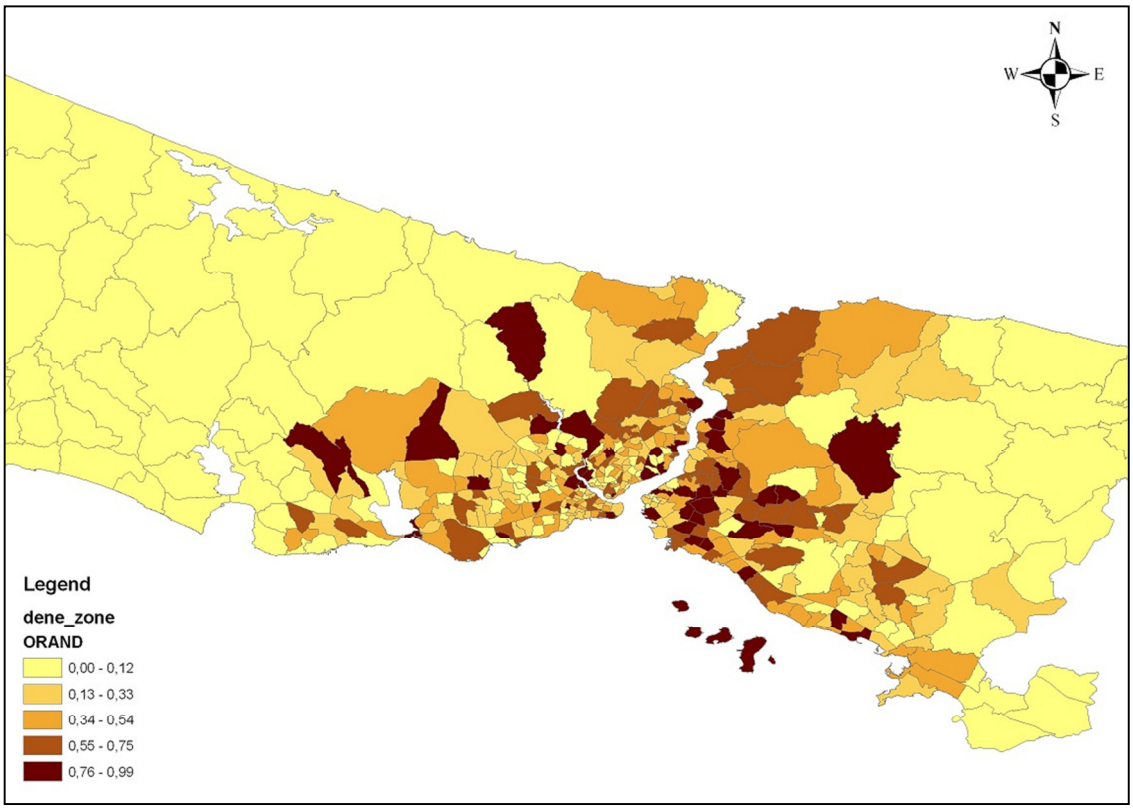
Çizelge 5.2 incelendiğinde atama sonuçlarının, şehir merkezinde daha düşük sapmalar gösterdeği, merkezden uzaklaştıkça karşılaştırılan değerler arasındaki sapmaların arttığı görülmektedir. Şehir merkezinden uzaklaştıkça, toplu ulaşım türleri değişmekte; merkez dışında ağırlıklı olarak minibüs ve belde otobüsleri toplu ulaşım hizmeti vermektedir. Bu türler otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmadıkları için, merkez dışında yakalanan yolculuk sayısı düşmektedir.Bununla birlikte, oluşturulan ulaşım modelleri ve kullanılan simülasyon programı sonuçlarının da farklılık oluşturucağı unutulmamalıdır. Ayrıca, atamada kullanılan yol ağı verileri temelde aynı olmasına karşın, bazı kesimlerde farklılıklar göstermektedir.Bu ve

bunun gibi sebeplerden dolayı karşılaştırılan değerler arasında bazı uyumsuzlukların oluşması beklenen bir durumdur.

## 5.7 Yolculuk Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması

Yolculuk üretim değerleri zonal bazda karşılaştırılmak üzere VISUM makro simülasyon programında düzenlenmiştir. Bu karşılaştırma işleminde atama yapılmayıp, doğrudan B-S matrislerinin üretim değerleri karşılaştırılacaktır. Burada İUAP kapsamında hazırlanan, günlük toplu taşıma yolculuk üretim değerleri ile Akbil verilerinden elde ettiğimiz yolculuk üretim değerleri oranlanarak; oransal dağılımı görüntülemek üzere ArcGIScoğrafi bilgi sistemi programında hazırlanmıştır.Dağılım, bulunan yolculuk üretim değerlerinin, İUAP üretim değerlerine yaklaşımına göre %20'lik oranlar halinde sınıflandırılarak Şekil 5.2'de sunulmuştur. Bu dağılıma göre, şehir dışından şehir merkezine doğru yaklaşıldıkça hassasiyetin arttığı görülmektedir. Kent genelinde ise İUAP ve model verileri arasında üretim değerleri oranlarının %20 civarında olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Bölüm 5.6'da yapılan kesit karşılaştırmaları ile de paralellik göstermektedir.

Otomatik ücretlendirme kullanılan toplu ulaşım sistemlerinin hizmet verdiği bölgelerde yolculukların yakalanma oranı daha büyük olmaktadır. Ayrıca, Özel Halk Otobüsleri sistem içerisinde olmasına rağmen hangi hatta çalıştıklarına ilişkin bilgiye sağlıklı olarak erişlemediği için, bu türe ilişkin yolculuklar yakalanamamakla birlikte, veri içerisinde bazı bölgeler için sapmalara neden olmaktadır. Örneğin, Adalar bölgesinde büyük oranda otomatik ücretlendirme sistemine dahil ulaşım türleri hizmet verdiği ve yolculuk bilgilerine sağlıklı bir şekilde ulaşıldığı için, bu bölgede %90 civarında doğrulukla yolculukların yakalanabildiği görülmektedir. Bununla birlikte, Eminönü bölgesindeki toplu ulaşım sistemlerinin de büyük oranda otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmasına karşın bu bölgede hizmet veren Özel Halk Otobüsleri sayısının oldukça yüksek olmasından dolayı, bu bölgede yakalanan yolculuk oranının düştüğü görülmektedir.

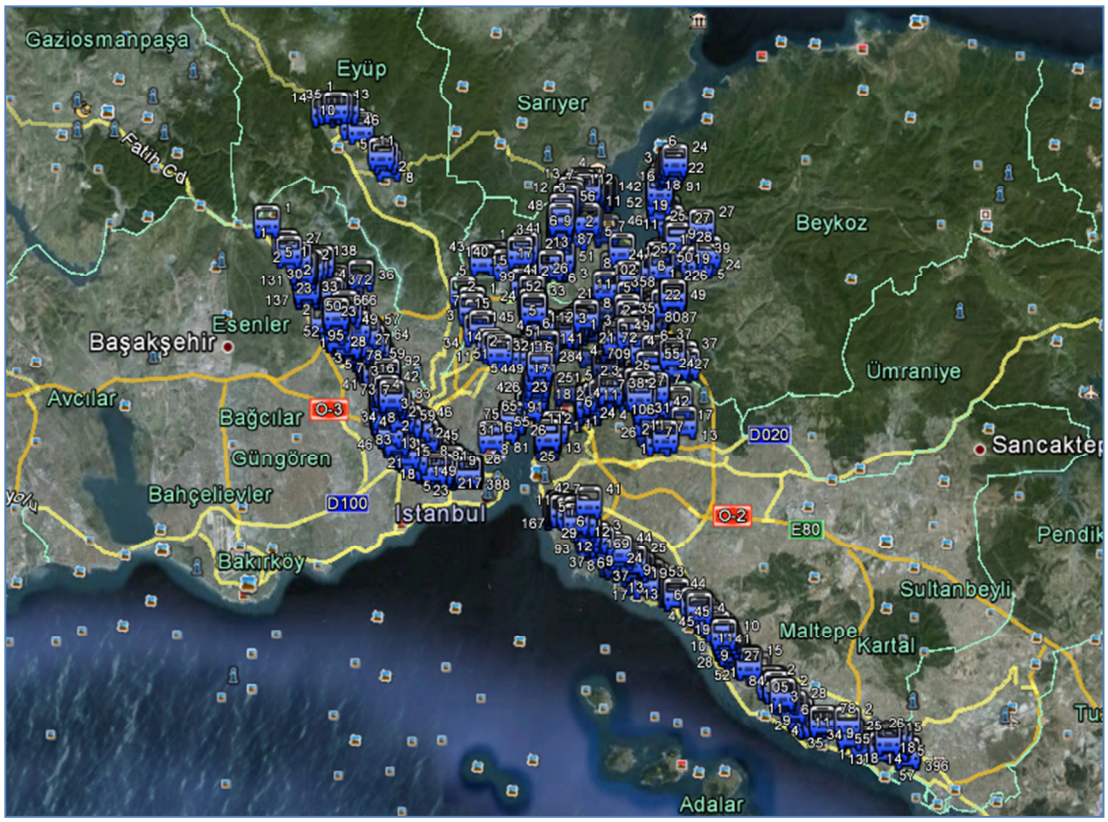



**Şekil 5.2:**Yolculuk üretim değerlerinin oransal dağılımı.

## 5.8 Duyarlılık Analizi

Bölüm 4.2'de B-S Matrisi oluşturma adımları iki alt başlık halinde incelenmişti. Bunlardan ilki "Araç Konumlarının Tahmini", ikincisi ise başlangıç noktaları belirlenen yolculuklara ilişkin varış noktalarının tahmini şeklindeydi. Bu bölümde ise araç konumlarının tahmini ile ilgili sonuçların gerçeğe ne ölçüde yaklaştığını görebilmek adına, zirve ve zirve dışı saatlerde otobüslere ilişkin konum ve zaman verileri kullanılarak modelde dikkate alınan duraklar arası sürelerle, GPS verilerinden elde edilen süreler karşılaştırılmaktadır.

Karşılaştırma işleminde, 2006 yılı verileri baz alınarak hazırlanmış olan modeldeki hat bilgileri ile 2011 yılıGPS verileri ile hazırlanan hat bilgilerinin aynı olmasının karşılaştırma sonuçlarını doğrudan etkileyeceği düşünülerek, analiz çalışmasının ilk adımı olarak 5 senelik süreçte değişmeyen 10 adet otobüs hattı tespit edilmiştir.Hatlar seçilirken, İstanbul genelindeki otobüs hatlarına ilişkin karakteristik özellikleri yansıtabilmesi adına, kent geneline yayılmış bir örneklem oluşturulması dikkate alınmıştır. Seçilen hatların uydu haritası üzerindeki görünümü Şekil 5.3'de verilmiştir.




**Şekil 5.3 :** Hatların uydu haritası üzerindeki görünümü.

Karşılaştırma işleminde, her ne kadar değişmeyen hatlar dikkate alınsa da, 2006 ve 2011 yılları arasındaki 5 senelik süreçte, yol şartları, araç özellikleri ve trafik yoğunluğu gibi parametrelerde meydana gelen değişikliklerin karşılaştırma sonuçlarında bazı sapmalara neden olacağı düşünülmektedir. Karşılaştırmada kullanılacak hatlara ilişkin, hat uzunluğu, sefer süresi ve durak sayılarına aitbilgiler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

**Çizelge 5.3 :**İncelenen otobüs hatları.

| HAT NO | HAT ADI | UZUNLUK (İETT) | SÜRE (İETT) | DURAK SAYISI (İETT) |
|---|---|---|---|---|
| 15M | KAVACIK-ÜSKÜDAR | 29.254 | 00:40:50 | 38 |
| 15P | SOĞUKSU MAH.-ÜSKÜDAR | 39.061 | 01:01:13 | 44 |
| 15S | SULTAN MURAT MAH.-ÜSKÜDAR | 15.987 | 00:23:29 | 22 |
| 15TY | ORTAÇEŞME-HEKİMBAŞI | 43.306 | 01:10:45 | 57 |
| 16 | PENDİK-KADIKÖY | 51.639 | 01:42:06 | 69 |
| 29C | TARABYAÜSTÜ-KABATAŞ | 33.101 | 00:50:27 | 38 |
| 36 | KARADENİZ MAHALLESİ-BAYAZID | 26.061 | 00:21:32 | 32 |
| 36A | CEBECİ MAHALLESİ-VEZNECİLER | 30.746 | 00:58:14 | 36 |
| 36ES | ESENTEPE-BAYAZID | 31.296 | 00:36:50 | 44 |
| 43R | RUMELİHİSARÜSTÜ-KABATAŞ | 16.907 | 00:25:30 | 20 |

Çizelge 5.3'de verilen hat bilgileri ile İETT Genel Müdürlüğü'nden temin edilen GPS verileri kullanılmak suretiyle, hat bazında karşılaştırma yapılarak sonuçlar değerlendirilecektir. Bu karşılaştırmayı gerçekleştirmek üzere öncelikle GPS verileri bir veri tabanına yazılmaktadır. GPS veri tabanı oluşturulduktan sonra, modelden elde ettiğimiz durak koordinatları veritabanına eklenmektedir. Böylece ham veri olarak GPS veri tabanında bulunan koordinat verileri, durak koordinatları ile eşleştirilebilmektedir.Analizi gerçekleştirmek üzere EK B'de verilen yazılım hazırlanmıştır. Bu yazılım, "Ana_DurakBelirle" ve "Ana_DurakIsaretle" isimli iki ana programdan oluşmaktadır. Bu programların altında ise üç fonksiyon çalışmaktadır. İlk ana programda GPS veritabanında bulunan veriler araç kapı numarası ve zaman bilgisine göre sıralanmaktadır. Sonrasında, sıralanan veri içerisindeki koordinatlara en yakın durak bilgileri eklenmektedir. Böylece, her koordinata en yakın durak bilgisi atanmış olur. İkinci ana programda ise durak noktaları ile GPS koordinatları arasındaki mesafeler incelenerek en kısa mesafede bulunan GPS verisi, ilgili durak ile ilişkilendirilmektedir. Sonuç olarak, GPS veri tabanında bulunan bir araca ait koordinatlar izlenerek, o aracın güzergahı, hangi zaman aralığında sefer yaptığı, durak koordinatlarına hangi sürede ulaştığına ilişkin bilgilere erişim sağlanmış olmaktadır. Böylece, GPS veri tabanında bulunan araç hareket bilgileri ile Bölüm 4.2.1'de incelenen araç konumlarının tahmini sonucunda elde edilen bilgiler karşılaştırılarak, hat bazındagerçekleştirilen karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.4'de verilmiştir. Buna göre toplam süreler bazında GPS verileri ile model verileri arasındaki hata oranlarının ortalaması %17,4 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 5.4 :**GPS verileri ile model verilerinin karşılaştırılması.

| HAT NO | HAT ADI | UZUNLUK (İETT) | SÜRE (İETT) | UZUNLUK (GPS) | SÜRE (GPS) | ORAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15M | KAVACIK-ÜSKÜDAR | 29.254 | 00:40:50 | 30.151 | 00:38:11 | 0,935 |
| 15P | SOĞUKSU MAH.-ÜSKÜDAR | 39.061 | 01:01:13 | 38.804 | 01:02:58 | 1,029 |
| 15S | SULTAN MURAT MAH.-ÜSKÜDAR | 15.987 | 00:23:29 | 16.227 | 00:25:08 | 1,070 |
| 15TY | ORTAÇEŞME-HEKİMBAŞI | 43.306 | 01:10:45 | 41.126 | 01:04:05 | 0,906 |
| 16 | PENDİK-KADIKÖY | 51.639 | 01:42:06 | 45.378 | 01:35:14 | 0,933 |
| 29C | TARABYAÜSTÜ-KABATAŞ | 33.101 | 00:50:27 | 32.926 | 00:50:49 | 1,007 |
| 36 | KARADENİZ MAH.-BAYAZID | 26.061 | 00:21:32 | 26.825 | 00:57:22 | 2,664 |
| 36A | CEBECİ MAHALLESİ-VEZNECİLER | 30.746 | 00:58:14 | 27.892 | 00:49:07 | 0,843 |
| 36ES | ESENTEPE-BAYAZID | 31.296 | 00:36:50 | 30.564 | 00:45:04 | 1,224 |
| 43R | RUMELİHİSARÜSTÜ-KABATAŞ | 16.907 | 00:25:30 | 16.800 | 00:29:01 | 1,138 |
| | | | | | Ortalama | 1,174 |

Ayrıca, Ek C'de bu hatlara ilişkin duraklar arası sürelerin karşılaştırması verilmiştir. Ek C'de verilen tablolar, İETT'den elde edilerek,Bölüm 4.2.1'de araç konumlarını tahmin etmek üzere kullanılan, duraklar arası mesafe ve süre bilgileri ile GPS verilerinden elde edilen duraklar arası mesafe ve süre bilgilerinin karşılaştırılmasını içermektedir.Karşılaştırma işleminde amaç öncelikle, duraklar arasında hata olup olmadığını tespit ederek; eğer hata meydana geldiyse hangi duraklar arasında meydana geldiğini bulmaktır. Sonrasında ise, durakların ait olduğu bölgeler arasında meydana gelebilecek talep kayması hatasını araştırmaktır. Bilindiği üzere çalışma kapsamında hazırlanan toplu taşıma B-S matrisi, zon bazlı olarak hazırlanmıştır. Dolayısıyla, duraklar arasında meydana gelebilecek tutarsızlıklar, durakların aynı bölgede kalması durumunda sonucu etkilemeyecektir.

Karşılaştırma işlemi, modelde kullanılan kümülatif süre değerleri ile GPS verilerinden elde edilen kümülatif süre değerlerinin kıyaslanarak; aracın, modelde incelenen kümülatif süre değerine göre gerçekte (GPS verilerine göre) hangi durakta olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir. İncelenen süre değeri (model), gerçekte (GPS) hangi süre değerine yakınsıyorsa, bu süreye ait durak sıra numarası "GPS'e Göre Aracın Durağı" alanına yazlımaktadır. Eğer incelenen sürenin ait olduğu durak sıra numarası ile bulunan sıra numarası arasında fark varsa, bu fark değeri "Hata Durak Sıra" alanına yazılmaktadır. Bu değer, durak sıralamasına göre kaç durak hata oluştuğunu göstermektedir. Önceki bölümlerde de değinildiği üzere, çalışma kapsamında hangi durağın hangi bölgeye ait olduğubilinmektedir. Buna göre, durakların ait oldukları bölge numaraları "ZONE_ID (IETT)" alanına yazılmıştır. Bir önceki adımda, durak sıra numaralarında meydana gelen kaymalar tespit edilmişti; bu kaymalar dikkate alınarak bölgesel kaymalar belirlenmekte ve "ZONE_ID (GPS)"alanına yazılmaktadır. Son olarak, "ZONE_ID (IETT)" ve "ZONE_ID (GPS)" alanlarında bulunan bölge numaraları karşılaştırılmaktadır. Bu işlemlerin sonucunda sözkonusu iki alana ilişkin değerler arasında tutarsızlık bulunuyorsa, "Hata Zon" isimli alana "YANLIŞ"; bu değerler arasında tutarlılık bulunması durumunda da "DOĞRU" ibaresi yazılmaktadır. Sonuç olarak, hangi bölgeler arasında hata oluştuğu bu şekilde tespit edilmiş olmaktdır. İncelenen hatlara ilişkin sonuç tablosu Çizelge 5.5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.5 :**İncelenen hatlara ilişkin sonuç tablosu.

| HAT NO | DURAK ADET | BÖLGE DOĞRU | BÖLGE YANLIŞ | HATA KM | HATA DURAK SIRA | BÖLGE HATA ORANI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15M | 36 | 35 | 1 | 0,15 | 0,39 | 2,8% |
| 15P | 43 | 41 | 2 | 0,17 | 0,49 | 4,7% |
| 15S | 21 | 20 | 1 | 0,11 | 0,29 | 4,8% |
| 15TY | 57 | 50 | 7 | 0,43 | 1,19 | 12,3% |
| 16 | 63 | 55 | 8 | 0,26 | 0,67 | 12,7% |
| 29C | 39 | 39 | 0 | 0,03 | 0,10 | 0,0% |
| 36 | 33 | 11 | 22 | 3,11 | 7,18 | 66,7% |
| 36A | 38 | 28 | 10 | 0,39 | 1,00 | 26,3% |
| 36ES | 42 | 25 | 17 | 1,26 | 2,93 | 40,5% |
| 43R | 19 | 18 | 1 | 0,10 | 0,21 | 5,3% |

Karşılaştırma işlemi soncunda hazırlanan tablolar incelendiğinde, dikkate alınan 10 adet otobüs hattının, toplamda 83 farklı bölgeden geçtiği ve bu bölgelerden 34 adedinde talep kayması meydana geldiği görülmektedir (Çizelge 5.6). Söz konusu 34 adet bölgeye ilişkin verilerin, gerçekte olması gereken bölgeye ait olmaması sebebiyle bu bölgelere bağlı matris hücrelerinin tamamında kayma meydana geldiği varsayılarak, elde ettiğimiz 203.401 adet hücreli (451x451) toplu taşıma B-S matrisinin, 7.500 hücresinde ($T_{ij}$) talep kayması meydana geldiği görülmektedir.

Bilindiği üzere, denizyolu ve raylı sistemlerde validatör konumları sabit olduğu için duyarlılık analizi çalışması, validatörlerin sürekli hareket halinde olduğu otobüs hatları için uygulanmıştır. Çalışma kapsamında elde ettiğimiz verilere göre, tüm otoritelere ait hat sayısı 514'dür. Akbil verilerindeki uyumsuzluktan dolayı yapılan eleme sonucu geriye kalan İETT hat sayısı ise 441 olmaktadır. ORER verileri ile akbil verilerinin eşleştirilmesi sonucunda ise İETT hatlarının %65'i yani,toplam 285 otobüs hatı çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi çalışmasına göre, incelenen 10 hattın etkilemiş olduğu $T_{ij}$ sayısı belirlenerek yukarıda belirtilmiştir.Otobüs hatların tamamına ilişkin gözlem değerleri (zamana göre araç konumları ve biniş sayıları) olsaydı, çalışma kapsamında elde edilen toplu taşıma B-S matrisinin tüm hücreleri için bir analiz yapılabilecekti. Bu yüzden, etkilenen hücrelerin içerdiği yolculuk değerlerinin ne şekilde değişeceğini belirlemek için çalışma kapsamında değerlendirilen 285 hattın tamamını dikkate almak gerekmektedir.

**Çizelge 5.6 :**İncelenen hatların geçtiği zonlara ilişkin bilgiler.

| Zone | Yanlış | Doğru | Toplam |
|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 8 | 9 |
| 8 | 1 | 4 | 5 |
| 9 | 1 | 24 | 25 |
| 10 | 1 | 3 | 4 |
| 12 | 1 | 6 | 7 |
| 46 | 1 | 4 | 5 |
| 60 | 1 | 4 | 5 |
| 63 | 1 | 6 | 7 |
| 68 | 1 | 3 | 4 |
| 191 | 1 | 1 | 2 |
| 225 | 1 | 1 | 2 |
| 275 | 1 | | 1 |
| 301 | 1 | 3 | 4 |
| 310 | 1 | | 1 |
| 311 | 1 | | 1 |
| 322 | 1 | | 1 |
| 323 | 1 | | 1 |
| 324 | 1 | | 1 |
| 2 | 2 | 9 | 11 |
| 11 | 2 | 6 | 8 |
| 45 | 2 | | 2 |
| 69 | 2 | 2 | 4 |
| 142 | 2 | 8 | 10 |
| 190 | 2 | | 2 |
| 279 | 2 | | 2 |
| 315 | 2 | | 2 |
| 326 | 2 | | 2 |
| 334 | 2 | | 2 |
| 194 | 3 | 1 | 4 |
| 312 | 4 | | 4 |
| 192 | 6 | 4 | 10 |
| 281 | 6 | | 6 |
| 319 | 6 | | 6 |
| 449 | 6 | | 6 |
| 3 | | 2 | 2 |
| 4 | | 7 | 7 |
| 6 | | 6 | 6 |
| 7 | | 12 | 12 |
| 13 | | 6 | 6 |
| 25 | | 2 | 2 |
| 26 | | 7 | 7 |
| 27 | | 2 | 2 |

| Zone | Yanlış | Doğru | Toplam |
|---|---|---|---|
| 28 | | 5 | 5 |
| 30 | | 4 | 4 |
| 32 | | 3 | 3 |
| 44 | | 7 | 7 |
| 58 | | 4 | 4 |
| 59 | | 2 | 2 |
| 130 | | 3 | 3 |
| 136 | | 6 | 6 |
| 137 | | 3 | 3 |
| 138 | | 9 | 9 |
| 139 | | 10 | 10 |
| 147 | | 6 | 6 |
| 154 | | 8 | 8 |
| 196 | | 16 | 16 |
| 197 | | 2 | 2 |
| 204 | | 4 | 4 |
| 205 | | 2 | 2 |
| 211 | | 1 | 1 |
| 212 | | 4 | 4 |
| 214 | | 4 | 4 |
| 215 | | 2 | 2 |
| 280 | | 1 | 1 |
| 293 | | 3 | 3 |
| 337 | | 4 | 4 |
| 338 | | 3 | 3 |
| 340 | | 4 | 4 |
| 341 | | 1 | 1 |
| 344 | | 7 | 7 |
| 346 | | 11 | 11 |
| 347 | | 5 | 5 |
| 359 | | 1 | 1 |
| 362 | | 2 | 2 |
| 364 | | 1 | 1 |
| 385 | | 4 | 4 |
| 389 | | 3 | 3 |
| 391 | | 6 | 6 |
| 399 | | 3 | 3 |
| 404 | | 1 | 1 |
| 439 | | 6 | 6 |
| 440 | | 4 | 4 |
| 441 | | 6 | 6 |
| **Toplam** | **69** | **322** | **391** |

# 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hazırlamış olduğumuz tez çalışması kapsamında, İstanbul genelinde oluşturduğumuz toplu ulaşım B-S matrisi ile otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin, toplu ulaşım planlamasına altlık oluşturacak B-S matrisine dönüştürülebileceğini ve bu dönüştürme çalışmalarıkapsamında önerilen yöntemin aşamaları detaylı olarakaçıklanmaktadır.

Literatür taraması kapsamında, dünya genelinde otomatik ücretlendirme sistemi konusunda ilerleme kaydetmiş şehirlere ilişkin bilgiler verilerek, sistem özellikleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Özellikle New York City ve Londra'da kullanılan otomatik ücretlendirme sistemleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu süreçte, akademik literatürdeki benzer çalışmalar incelenerek, çalışmamıza yardımcı olabilecek kaynaklar toplanmıştır. Bu kaynaklar araştırılarak şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarla, hazırlamış olduğumuz çalışma arasındaki farklılıklar ortaya konulmuş; böylece,çalışmanın özgünlüğü de belirtilmiştir. Çalışmaiçerisinde de belirtildiği gibi, diğer çalışmalarla en önemli farklılık, İstanbul genelindeki toplu ulaşım sistemlerinde GPS cihazı bulunmamakta; araç konumları, Bölüm 4.2.1'de açıklanan yöntemle belirlenmektedir. Bunun yanı sıraB-S matrisinin ağırlıklandırılması kısmı da diğer çalışmalarla, hazırlamış olduğumuz tez çalışması arasındaki en önemli farklılıklardan birisini oluşturmaktadır. Ağırlıklandırma işlemi, Bölüm 4.2.11'de açıklandığı üzere, hat ve zaman bazlı olarak gerçekleştirilmektedir. Böylece, ağırlıklandırmada kullanılacak katsayılar daha hassas bir işlemle hesaplanmakta; elde edilen sonuç yolculuk değerleri ise gerçeğe daha fazla yaklaşmaktadır.Ayrıca, B-S matrisi tahmin yöntemleri araştırılarak;analiz, veri işleme, metodoloji ve sonuçların değerlendirilerek sunulması hususları incelenmiştir.Bununla birlikte, İstanbul toplu ulaşım sistemi hakkındaki incelemelerden bahsedilerek, kullanılan otomatik ücretlendirme sistemi hakkında bilgiler verilmiştir.

Literatür taraması kısmında gerekli araştırmalar yapıldıktan sonra, Bölüm 4'de B-S matrisi tahmini için önerilen yöntem açıklanmaktadır.Bu bölüm iki ana başlık halinde incelenmiş olup; öncelikle verilerin hazırlanması, sonrasında da B-S matrisi oluşturma adımları incelenmektedir. Verilerin hazırlanması kısmında, Akbil

veritabanının oluşturulması, araç kalkış ve hat – durak verilerinin çalışmaya hazır hale getirilmesi hususunda detaylı bilgiler verilerek; model kurulumu için gerekli olan vektörel verilerin hazırlanması sırasında karşılaşılan zorluklar ve bulunan çözüm yöntemleri açıklanmaktadır. Ayrıca, vektörel verilerle sayısal verilerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi konusunda bilgiler verilmektedir. B-S matrisi oluşturma adımlarının incelenmesi kısmında ise öncelikle araç konumları tespit edilmiştir. Sonrasında ise aşamalar halinde önerilen yöntem detaylı olarak anlatılarak; her aşama için metodoloji kapsamında yapılan kabullerden bahsedilmektedir. Bu bölümün sonunda, çalışmanın temel amacı olan İstanbul genelinde toplu ulaşım B-S matrisi elde edilmektedir.

Tez çalışmamızın temel amacı olan toplu ulaşım B-S matrisinin elde edilmesine ilişkin çalışmalar bu aşamaya kadar tamamlanmış olup; bu aşamadan sonra İUAP toplu ulaşım yolculukları ile elde ettiğimiz B-S matrisi değerlerinin karşılaştırmasını yapmak üzere Bölüm 5'te atama işlemi gerçekleştirilmektedir. Atama yapılmak üzere, Bölüm 4.1'de bahsedilen vektörel veriler kullanılarak bir model oluşturulmaktadır. Bu modelin İUAP modeli ile mümkün olduğunca benzer olmasına önem gösterilmiştir. Atama çalışmaları kapsamında kullanılan yöntem, atama algoritmaları ve parametreler İstanbul Ulaşım Ana Planı'na benzer şekilde tercih edilerek, karşılaştırma yapılması esnasında herhangi bir uyumsuzluğun oluşmaması hedeflenmiştir.Atama sonucunda, İUAP kalibrasyon raporunda yaklaşık 70 adet kesit içinsunulan yolculuk değerleri, İUAP kalibrasyon çalışması kapsamında elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi gerçekleştirilirken, otomatik ücretlendirme sistemi içerisinde bulunmayan türlere ilişkin oranlar tespit edilmiş ve karşılaştırmada kullanılacak değerler bu oranlar ile ağırlıklandırılmıştır.Karşılaştırma sonucunda, İUAP atama değerlerine %80,3 oranında yaklaşıldığı ve standart sapma değerinin %13,1 olarak bulunduğu; sayım değerlerine ise %82 oranında yaklaşıldığı ve standart sapma değerinin %18,4 olarak bulunduğu belirtilmektedir. Elde edilen yolculuk değerleri her ne kadar İUAP yolculuk değerlerine %80,3 oranında; gerçekleşen değerlere ise %82 oranında yaklaşsa da, bu oranın daha da iyileştirebileceği düşünülmektedir. İyileştirme için yapılması gereken çalışmalarla ilgili olarak öneriler kısmında bilgi verilmektedir.

Yolculuk kesit değerlerinin karşılaştırmasında, kurulan model ile atama için kullanılan simulasyon programları arasında farklılıklar bulunduğu göz önüne

alınarak, yolculuk ataması yapmadan doğrudan B-S matrislerine ilişkin üretim değerleri Bölüm 5.7'de karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar coğrafi bilgi sistemi programı kullanarak zon bazında görselleştirilmiş olup; kesit değerleri karşılaştırmasında elde edilen sonuçlara benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma süresince, toplu ulaşım planlaması konusunda önemli veriler elde edilmiştir. Bu veriler, hat, durak ve ulaşım bölgelerine ilişkin vektörel bilgilerle birlikte; İstanbul genelinde tüm otobüs kalkış saatlerini gösteren araç kalkış bilgilerinden oluşmaktadır. Bu çalışma ile toplu ulaşım planlaması konusunda en çok ihtiyaç duyulan veri olan B-S matrisinin hazırlanmasının yanı sıra, işletme için yol gösterici nitelikte birçok veri kümesi ve veritabanı da hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında özellikle veri temini ve temin edilen verilerin sayısallaştırılması konularında sıkıntılar yaşanmıştır. Çoğu zaman sağlıklı verilere ulaşmakta güçlük çekilmiş, verilerdeki tutarsızlıkların çözümü için büyük zaman ve veri kayıpları yaşanmıştır. Veri kayıplarının yaşanması örneklem oranının azalmasına ve dolayısıyla sonuçların hassasiyetine olumsuz yönde etki etmiştir. Örneğin, araç kalkış verileri hazırlanırken, 56.372 adet kalkış verisi girişi yapılmış, fakat bu verinin sadece %22'si kullanılabilmiştir. Bunun yanı sıra, minibüs, dolmuş, uzak belde otobüsleri ve deniz motorlarına ilişkin yolculuklar, otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmadıkları için yakalanamamıştır. Ayrca, Özel Halk Otobüsleri, otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmasına karşın, havuz sistemi olarak tabir edilen ortak dağıtım sistemi içerisinde olduklarından dolayı hangi hatlarda hizmet verdikleri kesin olarak tespit edilememektedir. Dolayısıyla, Özel Halk Otobüsleri'ne ilişkin binişlerin ağırlıklandırma kısmında dikkate alınmasına karşın, Akbil veri kümesi içerisinde hatları belirsiz olduğundan dolayı yolculuk olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu ve bunun gibi etkenler, doğru sonuçlara ulaşmayı güçleştirmektedir.

Yukarıda sayılan olumsuzluklara karşın, otomatik ücretlendirme sistemi verilerinin İstanbul Ulaşım Ana Planı çalışmalarının yapıldığı dönemle aynı dönemde seçilmesi sonuçların karşılaştırılabilmesi adına avantaj sağlamaktadır.

İstanbul, oldukça dinamik ve her geçen gün büyüyen bir şehirdir. Son zamanlarda ulaşım hizmetleri konusunda büyük atılımlar gerçekleştirilerek, özellikle toplu ulaşım yatırımlarına ayrılan bütçelerin büyüklükleri göz önüne alındığında bu

atılımların önümüzdeki senelerde de artarak devam edeceği gözden kaçırılmamalıdır. Yapılan yatırımlar İstanbul toplu ulaşım sistemleri için oldukça umut vericidir. Şehir merkezinde oluşturulan yüksek kapasiteli toplu ulaşım sistemleri ve Metrobüs projesinde olduğu gibi sadece toplu taşıma araçlarına tahsis edilen şeritlerin oluşması, böylelikle toplu ulaşımda daha hızlı, konforlu, güvenilir ve ekonomik yolculuğun sağlanması, İstanbul'un, Literatür Taraması kısmında incelediğimiz toplu ulaşım sistemleri konusunda öncü kentler seviyesine erişmesinin yakın bir zamanda gerçekleşeceğinin sinyallerini vermektedir.

Kent genelinde toplu ulaşım sistemlerinin gelişmesiyle birlikte, otomatik ücretlendirme sistemleri ve farklı ulaşım türleri arasındaki entegrasyonun da gelişmesi beklenmektedir. Bu sistemler geliştikçe toplu ulaşım işletmecileri optimum işletme yapmak üzere anlık verilere sahip olacaklardır. İETT tarafından yürütülen AKYOL-BİL projesinin önümüzdeki seneler itibariyle hizmete girecek olması beklenmektedir. Bu projenin hayata geçmesiyle birlikte, İETT ve Özel Halk Otobüsleri anlık olarak tek merkezden takip edilebilecektir. Böylelikle, araç konumlarının kesin olarak belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu çalışma kapsamında %22 oranında yakalanabilen araç konumları, sözkonusu projenin devreye girmesiyle birlikte %95-98 civarında doğrulukla tespit edilebilecektir. Söz konusu verilerin kullanımı ile ileride yapılacak benzer çalışmaların doğruluk oranları daha yüksek olacaktır.

Otomatik ücretlendirme sistemlerinin gelişmesiyle birlikte akıllı kart (İstanbulkart) kullanım oranlarının da artış göstermesi beklenmektedir. Dolayısıyla, toplu ulaşımda bilet ve jeton kullanım oranlarınındüşmesi; buna paralel olarak, kayıp ve takip edilemeyen yolculuk oranlarının da azalması beklenmektedir.Böylece ileride yapılacak benzer çalışmalarda daha fazla yolculuk takip edilerek; tahmin edilecek B-S matrisi çözünürlüğünün de artacağı öngörülmektedir.

Otomatik ücretlendirme sistemine dahil olmayan minibüs, dolmuş ve uzak belde otobüsleri gibi türlerin de sisteme alınmasıyla birlikte, kent genelindeki toplu ulaşım yolculuklarının büyük oranda takip edilebilir nitelikte olması beklenmektedir.

Kentiçi toplu ulaşım sistemleri gelişmeye devam ettikçe, otomatik ücretlendirme sistemlerine ilişkin gelişmeler de devam edecektir. Bunun en önemli örneklerinden birisi de mesafeye dayalı ücretlendirme sistemlerinin gelişmesidir. Kullanıcılar

açısından daha ekonomik bir sistem olan mesafeye dayalı ücretlendirme sistemi, kullanıcıların sistem giriş ve çıkışlarında akıllı kartlarını okutmaları esasına bağlı olarak çalışmaktadır. Böylelikle, yolcuların biniş ve iniş noktaları belirlenerek aradaki mesafe yada bölgesel ayrım varsa bölgeye göre ücretlendirme uygulanmaktadır. Bu sistem sayesinde, yolculukların başlangıç ve bitiş noktaları kesin olarak tespit edilebilmektedir. İstanbul'da Metrobüs Hattı'nda uygulanmaya başlanan bu sistem yaygınlaştıkça, yolculukların yakalanması kolaylaşacak, ileride yapılacak benzer çalışmalar için yüksek doğrulukta veri sağlanmış olacaktır.

Bu tez kapsamında, ulaşım planlaması konusunda, toplu ulaşım yolculuk taleplerinin belirlenmesi adına, İstanbul genelinde toplu ulaşım B-S matrisi tahmini için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile klasik B-S matrisi elde etme yöntemlerine alternatif bir yöntem sunulmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte bu yöntem geliştirilerek daha doğru sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır. Bu sayede toplu ulaşım işletmecileri daha az iş gücü, zaman ve maliyetle, daha güvenilir yolculuk talep bilgilerine ulaşabileceklerdir.

Bu çalışmanın teorik ve pratik hayatta kullanılması, çalışma kapsamında açıklanan alternatif toplu ulaşım B-S matrisi tahmin yönteminin,mevcut ücretlendirme sistemlerinin gelişimiyle birlikte geliştirilerek daha doğru sonuçlara ulaşılması hedeflenmektedir.Ayrıca bu çalışma, başta İstanbul olmak üzere ülkemizin diğer şehirlerinde de toplu ulaşım sistemlerinin planlanması, işletilmesi ve yeni toplu ulaşım yatırımlarının karar aşamalarında kullanılacak ulaşım modelleri için yardımcı nitelikte bir çalışma olması amacıyla hazırlanmıştır.

## KAYNAKLAR


**Agard, B., Morency, C., Trépanier, M.** 2006.“Mining Public Transport User Behaviour From Smart Card Data.”,12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing – INCOM 2006, Saint-Etienne, France, May 17-19.

**Akalın, B.M., Delice, Y.** 2009. “Akıllı kart (Akbil) verileri kullanılarak Raylı Sistemler için Başlangıç – Son Yolculuk Matrisinin Tahmin Edilmesi”,TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 8. Ulaştırma Kongresi.

**Attoh-Okine, N.O., Shen, L.D.** 1995. “Security issues of emerging smartcard fare collectionapplication in mass transit.”, In: IEEE Vehicle Navigation and Information Systems ConferenceProceedings., In conjunction with the Pacific Rim TransTech Conference., Sixth International VNIS., *A Ride into the Future*, pp. 523-526.

**Bagchi, M., White, P.R.** 2005. “The potential of public transport smart card data.”,*Transport Policy*, 12, pp. 464-474.

**Bagchi, M., White, P.R.** 2004. “What role for smart-card data from bus system?”, *Municipal Engineer,* vol.157, March 2004, pp. 39-46

**Barry, J.J., Newhouser, R., Rahbee, A.,Sayeda, S.** 2002.“Origin and Destination Estimation in New York CityUsing Automated Fare System Data”, TRR Record: *Journal of The Transportation Research Board.*

**Blythe, P.** 2004. “Improving public transport ticketing through smart cards.”, Proceedings of theInstitute of Civil Engineers, *Municipal Engineer*, vol. 157, pp. 47-54.

**Buneman, K.** 1984.“Automated and Passenger-Based Transit Performance Measures”, TRR Record: *Journal of The Transportation Research Board*,pp. 23-28.

**Cevallos, F., Wang, X., Skinner, J.** 2010. “Using Data From An Electronic Fare Collection System to Identify The Travel Behavior of Seniors And The Disabled Community”, *Federal Transit Administration Final Report*, OMB No. 0704-0188, 2010.

**Chan, J.** 2007.“Rail Transit B-S Matrix Estimation and Journey Time Reliability Metrics Using Automated Fare Data”, *MSc. Thesis*, MIT.

**Chapleau, R., Chu, K.K.** 2007. “Modeling transit travel patterns from location-stamped smartcard data using a disaggregate approach”, 11th World Conference on Transportation ResearchCDROM, Berkeley, California.

**Cheung, F.** 2006. “Implementation of Nationwide Public Transport Smart Card in TheNetherlands: Cost-Benefit Analysis.”, Transportation Research

Record: *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1971, Transportation Research Board of the NationalAcademies, Washington, D.C., p. 127-132.

**Chira-Chavala, T., Coifman, B.** 1996. "Effects of Smart Cards on Transit Operators.",Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1521,Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 84-90.

**Cui, A.** 2006. "Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems",*MSc. Thesis*, MIT.

**Davis, D.** 1999. "Ten Projects that Shaped the Smart Card World.", Card Technology, December1999.

**Deakin, E., Kim, S.** 2001. "*Transportation Technologies: Implications for Planning.*", Universityof California Transportation Center paper #536, 27 p.

**Dempsey, S.P.** 2008. "Privacy Issues With The Use Of Smart Cards." *Legal Research*, Digest 25.

**Dessouky, M., Hall, R., Zhang, L., Singh, A.** 2003. "Real-Time Control of Busses For Schedule Coordination At ATerminal", *Transportation Research Part* A37.

**Farzin, J.M.** 2007. "Constructing an Automated Bus Origin-Destination Matrix Using Farecard and GPS Data in São Paulo, Brazil"TRB Annual Meeting.

**Gordillo, F.** 2006."The Value of Automated Fare Collection Data For Transit Planning: An Example of Rail TransitB-S Matrix Estimation", *MSc. Thesis*, MIT.

**Hickman, M.** 2002. "Robust passenger itinerary planning using transit AVL data", InProceedings of the IEEE 5th Conference on Intelligent Transportation Systems, Singapore, pp.840-845.

**Hoffman, M., Wilson, S., White, P.** 2009. "Automated Identification of Linked Trips at TripLevel Using Electronic Fare Collection Data", 88th Annual Meeting of the TransportationResearch Board CDROM, Washington, 18 p.

**Ibrahim, M.F.** 2003. "Car Ownership and Attitudes Towards Transport Modes For Shopping Purposes in Singapore",*Transportation*, 30 (4), 435-457.

**Iseki, H., Yoh, A.C., Taylor, B.D.** 2007. "Are Smart Cards the Smart Way to Go? Examining the Adoption of Smart Card Fare Systems Among U.S. Transit Agencies", 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board CDROM, Washington, 22 p.

**İstanbul Büyükşehir Belediyesi** 2005. "Ticari Taksi ve Dolmuş Yönergesi", 03.07.2005.

**İstanbul Ulaşım Ana Planı** 2007. "Ulaşım Talep Modeli Kalibrasyonu Final Raporu".

**Jansson, J.O.** 1980. "A Simple Bus Line Model For Optimization of Service Frequency And Bus Size", *Journal of Transport Economics and Policy*, 14 (1), 53–80.

**Jara-Diaz, S.R., Gschwender, A.** 2003a. "Towards a General Microeconomic Model For The Operation of Public Transport", *Transport Reviews*, 23 (4), 453–469.

**Jara-Diaz, S.R., Gschwender, A.** 2003b. "From The Single Line Model To The Spatial Structure of Transit Services: Corridors or Direct?", *Journal of Transport Economics and Policy*, 37 (2), 261–277.

**Kulcsár, B., Bécsi, T. Varga, I.** 2005. "Estimation of Dynamic Origin – Destination MatrixOf Traffıc Systems", *Periodica Polytechnica Ser. Transp. Eng.*, Vol. 33, No. 1–2, pp. 3–14.

**Lam, W.H.K., Gao, Z.Y., Chan, K.S., Yang, H.** 1999. "A Stochastic User Equilibrium Assignment Model For Congested Transit Networks", *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 33, Issue 5, Pages 351-368.

**Lappin, J.** 2009. "What Have We Learned About Advanced Traveller Information Systems And Customer Satisfaction?", John A. Volpe National Transportation System Centre.

**Layton, L.** 2000. "Metro's SmarTrip to Get Smart; Free Card to Gain Features, Discounts", Washington Post, May 19.

**Lueck, T. J.** 1998. "New York's Bus Ridership Surges After Long Decline", *New York Times*, December 22.

**Lundgren, J.T., Peterson,A.** 2007."A Heuristic For The Bilevel Origin–Destination Matrix Estimation Problem", *Transportation Research Part.*

**Maciejewski, J. J.** 2008. "Automating Journey Fare Calculation For Transport for London", *MSc. Thesis*,MIT.

**Marzano, V., Papola, A., Simonelli, F.** 2009. "Limits And Perspectives of Effective O–DMatrix CorrectionUsing Traffic Counts", *Transportation Research Part C*, 17 120–132.

**Mcdonald, N.** 2000."Multipurpose Smart Cards in Transportation: Benefits and Barriersto Use.", University of California Transportation Center Research Paper # 630, 27 p.

**Meadowcroft, P.** 2005. "Hong Kong raises the bar in smart card innovation",*Card Technology Today*, January 2005, pp. 12-13.

**Mehta, S.** 2006."Analysis of Future Ticketing Scenarios for TfL",*MSc. Thesis*, MIT.

**Morency, C., Trépanier, M., Agard, B.** 2006. "Analysing the variability of transit users behaviourwith smart card data.", The 9th International IEEE Conference on Intelligent TransportationSystems – ITSC 2006, Toronto, Canada, September 17-20.

**Morency, C., Trépanier, M., Agard, B.** 2007. "Measuring transit use variability with smart-carddata", *Transport Policy*, Volume 14, Issue 3, pp. 193-203.

**Munizaga, M.,Palma, C., Mora, P.** 2010. "Public Transport OD Matrix Estimation Drom Smart Card Payment System Data", in Presented at the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Paper No. 2988.

**Newman, A.** 1998. "Incentives Lured Bus and Subway Riders in January, Officials Say", *New York Times*, March 19.

**Nielsen, O.A., Hansen, C.O.** 2008. "Updating Trip Matrices for Copenhagen Using Multiple Data Sources", Transportation Research Board 87th Annual Meeting.

**Park, J.Y., Kim, D.J.** 2008. "The potential of using the smart card data to define the use of public transit in Seoul", *Transportation Research Record:Journal of the Transportation Research Board*, No. 2063, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 3-9.

**Pelletier, M., Trepanier, M., Morency, C.** 2011. "Smart Card Data Use in Public Transit: A Literature Review", *Transportation Research Part C*, 19557–568.

**Reddy, A., Lu, A., Kumar, S., Bashmakov, V., Rudenko, S.** 2009."Application of Entry-OnlyAutomated Fare Collection (AFC) System Data to Infer Ridership, Rider Destinations, UnlinkedTrips, and Passenger Miles", 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board CDROM, Washington, 21 p.

**Seaborn,C.** 2008. "Application of Smart Card Fare Payment Data to BusNetwork Planning in London, UK", *MSc. Thesis*, MIT.

**Seaborn, C., Wilson, N.H., Attanucci, J.** 2009. "Using Smart Card Fare Payment Data To AnalyzeMulti-Modal Public Transport Journeys (London, UK)", 88th Annual Meeting of theTransportation Research Board CDROM, Washington, 16 p.

**Şahin,İ., Altun, Y.B.** 2007. "Potential Uses of Electronic Fare Payment Records for Public Transit Agencies", *ITE Journal*, Volume 77, Issue12, pp 22-27.

**Sheffi, Y.** 1985."*Urban Transportation Network: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*", Prentice-Hall Inc.

**Shelfer, M., Procaccino, J.,D.** 2002. "Smart card evolution", *Communications of the ACM*, 45(7),pp. 83-88.

**Spiess, H.** 1987."A maximum likelihood model for estimating origin - destination matrices", *Transportation Research Part B*,vol. 21, 395–412.

**Tirachini, A., Hensher,D.,A.** 2011. "Bus Congestion, Optimal Infrastructure Investment and The Choice of aFare Collection System in Dedicated Bus Corridors", *Transportation Research Part B*, vol.45.

**Trépanier, M., Barj, S., Dufour, C., Poilpré, R.** 2004.“Examen des potentialités d’analyse des données d’un système de paiement par carte à puce en transport urbain” [Examination of the potential use of smart card fare collection system in urban transportation], Congrès annuel de 2004 de l’Association des transports du Canada, Québec.

**Trépanier,M., Chapleau,R., Tranchant,N.** 2007. “Individual trip destination estimation in transitsmart card automated fare collection system”, *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning and Operations*, Taylor & Francis, Vol. 11(1), pp. 1-15.

**Trépanier, M., Morency, C.** 2010. “Assesing Transit loyality with smart card data”, in: Presented at the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Paper No. 2341.

**Trépanier, M., Morency,C., Agard,B.** 2009b.“Calculation of Transit Performance Measures Using Smartcard Data”, *Journal of Public Transportation*, 12(1), pp. 79-96.

**Trépanier, M., Morency, C., Blanchette, C.** 2009a. “Enhancing household travel surveys using smart card data?”, 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board CDROM, Washington, 15 p.

**Trépanier, M., Vassivière, F.** 2008.“Democratized smart card data for transit operators”, 15thWorld Congress on Intelligent Transport Systems, New York, USA, 12 pages.

**U.S. DEPT. OF COMMERCE** 1967. “*Calibrating & Testing a Gravity Model for Any Size Urban Area*”, Bureau Of Public Roads Office Of Planning, Washington D.C.

**Utsunomiya, M., Attanucci, J., Wilson, N.** 2006. “Potential Uses of Transit Smart CardRegistration and Transaction Data to Improve Transit Planning”, Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1971, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 119–126.

**Vuchic,R. V.** 2005. “*Urban Transit Operations, Planning and Economics*”, John Wiley & Sons, USA.

**Wardrop,J.G.** 1952. “Some Theoretical Aspects Of Road Traffic Research”, Proceedings of the Institute of Civil Engineers, London.

**White, P.** 2010. “The role of Smart Card Data In Public Transport”, In: Presented At The 12th World Conference on Transport Research, Lisboni Paper No. 1461.

**Wong, K.I., Yu, S.A.** 2011. “Estimation of Origin–Destination Matrices ForMass Event: A Case of Macau Grand Prix”, *Journal of King Saud University Science*, vol. 23, 281–292.

**Zhao, J.** 2004. “The Planning and Analysis Implications of Automated Data Collection Systems: Rail Transit OD Matrix Inference and Path Choice Modeling Examples”, *MSc. Thesis*, MIT.

**Zhao, J.,Rahbee, A., Wilson, N.H.M.** 2007. “Estimating a Passenger Trip Origin-Destination Matrix Using Automatic DataCollection Systems”, In Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering”, MIT.

**Url-1** <*http://www.mta.info/metrocard/*>, alındığı tarih 20.08.2010.

**Url-2** <*http://www.tfl.gov.uk/*>, alındığı tarih 22.08.2010.

**Url-3** <*http://www.transitchicago.com/*>, alındığı tarih 24.08.2010.

**Url-4** <*http://www.mta.info/nyct/*>, alındığı tarih 24.08.2010.

**Url-5**<*http://www.ptvag.com/software/transportation-planning-trafficengineering/ software-system-solutions/visum/*>, alındığı tarih 10.09.2010.

**Url-6**<*http://www.caliper.com/tcovu.htm*>, alındığı tarih 10.09.2010.

**EKLER**

**EK A:** B-S matrisi oluşturmak için kullanılan yazılım.

**EK B :** Duyarlılık analizi bölümünde kullanılan yazılım.

**EK C :** Duraklara ilişkin bölge bilgilerinin araştırılması.

**EK A:**B-S matrisi oluşturmak için kullanılan yazılım.

```
Sub Ana()
    Call AlanOlustur
    Call Siralama_AlanAdi_No1
    Call Sil_Gecersizler
    Call Yaz_Fark
    Call Sil_CiftBasisVeTransferler
    Call Yaz_BaslangicNoktasi
    Call Yaz_BitisNoktasi
    Call SonYolculukBitisi
    Call Sil_O_D_ayniOlanlar_Ve_Jeton
Call AgirliklandirmaTablosu
    Call Agirliklandirma_TO_DataTemiz
End Sub

Sub AlanOlustur()
    Dim db As Database
    Dim tbl As TableDef

    Set db = CurrentDb
    Set tbl = db.TableDefs(TabloTemiz)
    On Error Resume Next
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField(ID, dbLong)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Fark", dbLong)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Origin", 10, 30)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Destination", 10, 30)
    tbl.Fields.Append tbl.CreateField("Agr_DrkZmn", dbDouble)
    Set tbl = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Siralama_AlanAdi_No1()
    Const SiralamaAlani = "No1"
    'AkbilNo,Tarih, Zaman
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim i As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY SeriNo, Tarih,
    Zaman"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    i = 0
    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        i = i + 1
        rs.Fields(SiralamaAlani) = i
        rs.Update
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
Sub Sil_GecersizVeriler()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim i As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Operetor=2 OR
SeriNo is Null OR SeriNo='' OR Tip='B' OR Tip='J'"
```

```
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Yaz_Fark()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim AkbilNo_son As String
    Dim Zaman_son As Date
    Dim Fark As Long
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY " & ID
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)

    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        If rs.Fields("SeriNo") = AkbilNo_son Then
            Fark = (rs.Fields("Zaman") - Zaman_son) * 24 * 3600
            If Fark > 0 Then
                rs.Fields("Fark") = Fark
            Else
                rs.Fields("Fark") = Fark + 3600# * 24
            End If
        Else
            rs.Fields("Fark") = -1
        End If
        rs.Update
        AkbilNo_son = rs.Fields("SeriNo")
        Zaman_son = rs.Fields("Zaman")
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Sil_CiftBasisVeTransferler()
    Const FarkMin = 90 * 60 '90dk’nin altindaki basislar eleniyor
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Fark<" & FarkMin &
    " AND Fark>0"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Yaz_BaslangicNoktasi()
    Dim db As Database
```

```
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Edit
        rs.Fields("Origin") = rs.Fields("Arac")
        rs.Update
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Yaz_BitisNoktasi()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    Dim Origin_son As String
    Dim AkbilNo_son As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " ORDER BY " & ID & "
DESC"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        If rs.Fields("SeriNo") = AkbilNo_son Then
            rs.Edit
            rs.Fields("Destination") = Origin_son
            rs.Update
        End If
        AkbilNo_son = rs.Fields("SeriNo")
        Origin_son = rs.Fields("Origin")
        rs.MoveNext
        'If rs.PercentPosition = Int(rs.PercentPosition) Then
Debug.Print "%" & rs.PercentPosition
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub SonYolculukBitisi()
    Dim TarihSil As Long
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " Order by " & ID
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Dim AkbilNoSon As String
    Dim Origin_1 As String
    Do Until rs.EOF
        If AkbilNoSon = rs.Fields("SeriNo") Then
            If rs.Fields("Destination") = "" Or
IsNull(rs.Fields("Destination")) Then
                rs.Edit
                rs.Fields("Destination") = Origin_1
                rs.Update
            End If
        Else
            If rs.Fields("Fark") = -1 Then Origin_1 =
```

```
rs.Fields("Origin") Else Origin_1 = "BULUNAMADI"
        End If
        AkbilNoSon = rs.Fields("SeriNo")
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Sil_O_D_ayniOlanlar_Ve_Jeton()
Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim SQL As String
    SQL = "SELECT * FROM " & TabloTemiz & " WHERE Origin =
Destination or Tip='J'"
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset(SQL)
    Do Until rs.EOF
        rs.Delete
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub AgirliklandirmaTablosu()
    Const DilimOran1 = "DilimOran1"
    Const DilimOran2 = "DilimOran2"
    Dim db As Database
    Dim SQL As String
    Set db = CurrentDb
    SQL = "SELECT Hat, [15dklik], Count(Tip) AS YlcHam INTO " &
DilimOran1 & _
          " FROM " & TabloAna & _
          " WHERE Hat Is Not Null Or Not (Hat) = '" & _
          " GROUP BY Hat, [15dklik]"
    db.Execute SQL
    SQL = "SELECT Hat, [15dklik], Count(Tip) AS YlcTem INTO " &
DilimOran2 & _
          " FROM " & TabloTemiz & _
          " WHERE (Hat) Is Not Null Or Not (Hat) = '" & _
          " GROUP BY Hat, [15dklik]"
    db.Execute SQL
SQL = "SELECT DilimOran1.Hat, DilimOran1.[15dklik], _
DilimOran1.YlcHam, DilimOran2.YlcTem, _
DilimOran1.YlcHam/DilimOran2.YlcTem _
      + DilimOran1.YlcHam / ToplamTabloAna _
      * (ToplamHattiBelirsiz+ToplamBiletli+ToplamDigerKayip) _
as Oran INTO Dilim" & _
    " FROM DilimOran1 INNER JOIN DilimOran2 ON
(DilimOran1.[15dklik] = DilimOran2.[15dklik]) AND
(DilimOran1.Hat = DilimOran2.Hat)"
    db.Execute SQL
    db.TableDefs.Delete (DilimOran1)
    db.TableDefs.Delete (DilimOran2)
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Agirliklandirma_TO_DataTemiz()
    Dim SQL As String
    Dim db As Database
```

```
    Set db = CurrentDb
    SQL = "UPDATE 29Mayis_T INNER JOIN Dilim ON
([29Mayis_T].[15dklik] = Dilim.[15dklik]) AND
([29Mayis_T].Hat = Dilim.Hat) SET [29Mayis_T].Agr_DrkZmn =
[Oran];"
    db.Execute SQL
    Set db = Nothing
End Sub
```

**EK B :**Duyarlılık analizi bölümünde kullanılan yazılım

```
Sub Ana_DurakBelirle()
    Dim db As DAO.Database
    Dim rs_gps As DAO.Recordset
    ReDim Durak(100)
    Dim Lon As Double, Lat As Double, DurakNo As Long, Uz2 As Double
    Call YukleDurakData(Durak())
    Set db = CurrentDb
    Set rs_gps = db.OpenRecordset("SELECT * FROM
I_HAT_E10_ARACLAR_gps ORDER BY AracKapi2,Zaman")
    Do Until rs_gps.EOF
        Lon = rs_gps.Fields("Lon")
        Lat = rs_gps.Fields("Lat")
        BulUzaklikDurak Lon, Lat, DurakNo, Uz2
        rs_gps.Edit
        rs_gps.Fields("DurakNO") = DurakNo
        rs_gps.Fields("Uzaklik2") = Uz2
        rs_gps.Update
        rs_gps.MoveNext
    Loop
    Set rs_gps = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub

Sub Ana_DurakIsaretle()
    Dim Arac As String, AracSon As String, Uz2_min As Double, Uz2 As
Double
    Dim DurakNo As Integer, DurakNoSon As Integer
    Dim db As DAO.Database
    Dim rs_gps As DAO.Recordset
    Set db = CurrentDb
    Set rs_gps = db.OpenRecordset("SELECT * FROM
I_HAT_E10_ARACLAR_gps ORDER BY AracKapi2,Zaman")
    db.Execute ("UPDATE I_HAT_E10_ARACLAR_gps SET Durak=False")
    Do Until rs_gps.EOF
        Uz2 = rs_gps.Fields("Uzaklik2")
        Arac = rs_gps.Fields("AracKapi2")
        DurakNo = rs_gps.Fields("DurakNO")
        If Arac <> AracSon Or DurakNo <> DurakNoSon Then
            If AracSon <> "" Then
                db.Execute ("UPDATE I_HAT_E10_ARACLAR_gps SET
Durak=True WHERE AracKapi2='" & AracSon & "' AND Zaman=#" & Zaman &
"#")
            End If
            Uz2_min = Uz2
            Zaman = rs_gps.Fields("Zaman")
        Else
            If Uz2_min > Uz2 Then
                Uz2_min = Uz2
                Zaman = rs_gps.Fields("Zaman")
            End If
        End If
        rs_gps.MoveNext
        AracSon = Arac
        DurakNoSon = DurakNo
    Loop
    Set rs_gps = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

```
Function BulUzaklikDurak(Lon As Double, Lat As Double, DurakNo As
Long, UzMin As Double)
    Dim i As Long, Uz As Double
    UzMin = (Lon - Durak(1).Lon) ^ 2 + (Lat - Durak(1).Lat) ^ 2
    For i = 2 To N_Durak
        Uz = (Lon - Durak(i).Lon) ^ 2 + (Lat - Durak(i).Lat) ^ 2
        If UzMin > Uz Then UzMin = Uz: DurakNo = i
    Next
    Uz2 = UzMin
End Function

Function YukleDurakData(Durak() As DurakData) As Long
    Dim i As Long
    Dim db As DAO.Database
    Dim rs As DAO.Recordset
    Set db = CurrentDb
    Set rs = db.OpenRecordset("SELECT * FROM I_HAT_E10_DURAK ORDER
BY SIRA")
    Do Until rs.EOF
        i = i + 1
        Durak(i).Lon = rs.Fields("Lon")
        Durak(i).Lat = rs.Fields("Lat")
        Durak(i).No = rs.Fields("SIRA")
        rs.MoveNext
    Loop
    Set rs = Nothing
    Set db = Nothing
    N_Durak = i
End Function

Function UzWGS(Lon1 As Double, Lat1 As Double, Lon2 As Double, Lat2
As Double) As Double
    Const R = 6372000
    Const Pi = 3.14159265358979
    Dim CosT As Double, Teta As Double, Tanjant As Double
    'CosT = Cos(Lon1 - Lon2) + Sin(Lat1) * Sin(Lat2)
    Lon1 = Lon1 / 180 * Pi
    Lat1 = Lat1 / 180 * Pi
    Lon2 = Lon2 / 180 * Pi
    Lat2 = Lat2 / 180 * Pi

    CosT = Sin(Lon1) * Cos(Lat1) * Sin(Lon2) * Cos(Lat2) _
         + Cos(Lon1) * Cos(Lat1) * Cos(Lon2) * Cos(Lat2) _
         + Sin(Lat1) * Sin(Lat2)
    Tanjant = ((1 - CosT ^ 2) ^ 0.5) / CosT
    Teta = Atn(Tanjant)
    UzWGS = Teta * R
End Function
```

**EK C :**Duraklara ilişkin bölge bilgilerinin araştırılması.

**Çizelge C.1 :** 15M numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata (KM) | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15M | 1 | 0,00 | A0001D | ÜSKÜDAR CAMI ÖNÜ | 66 | 0 | 61 | 0 | 1 | 0 | 130 | 0,00 | 0 | 130 | DOĞRU |
| 15M | 2 | 0,65 | A0002A | TEKEL DEPOSU | 94 | 66 | 88 | 61 | 2 | 0 | 137 | 0,65 | 0 | 137 | DOĞRU |
| 15M | 3 | 1,16 | A0003A | PASALIMANI | 38 | 160 | 27 | 149 | 3 | 0 | 136 | 1,16 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15M | 4 | 1,58 | A0004A | KUZGUNCUK | 76 | 198 | 76 | 176 | 4 | 0 | 136 | 1,58 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15M | 5 | 2,22 | A0005A | DNZ. EG.VE ÖG.KMT. | 48 | 274 | 39 | 252 | 6 | 1 | 138 | 2,78 | 0,556 | 138 | DOĞRU |
| 15M | 6 | 2,78 | A0006A | TÜNEL | 80 | 322 | 75 | 291 | 6 | 0 | 138 | 2,78 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15M | 7 | 3,22 | A0007A | ÇAYIRBASI | 83 | 402 | 76 | 366 | 7 | 0 | 138 | 3,22 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15M | 8 | 3,63 | A0008A | BEYLERBEYI | 58 | 485 | 79 | 442 | 9 | 1 | 139 | 3,99 | 0,365 | 139 | DOĞRU |
| 15M | 9 | 3,99 | A0009A | YALIBOYU | 91 | 543 | 81 | 521 | 9 | 0 | 139 | 3,99 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15M | 10 | 4,42 | A0010A | HAVUZBASI | 119 | 634 | 105 | 602 | 10 | 0 | 139 | 4,42 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15M | 11 | 4,82 | A0011A | ÇENGELKÖY | 165 | 753 | 157 | 707 | 11 | 0 | 142 | 4,82 | 0 | 142 | DOĞRU |
| 15M | 12 | 5,40 | A0012A | KULELI | 50 | 918 | 61 | 864 | 13 | 1 | 142 | 5,94 | 0,541 | 142 | DOĞRU |
| 15M | 13 | 5,94 | A0013A | SUBAYEVLERI | 97 | 968 | 51 | 925 | 14 | 1 | 142 | 6,39 | 0,447 | 142 | DOĞRU |
| 15M | 14 | 6,39 | A0014A | VANIKÖY | 42 | 1065 | 114 | 976 | 15 | 1 | 142 | 7,06 | 0,673 | 147 | YANLIŞ |
| 15M | 15 | 7,06 | A0015A | KAN.KIZ LISESI | 73 | 1107 | 57 | 1090 | 15 | 0 | 147 | 7,06 | 0 | 147 | DOĞRU |
| 15M | 16 | 7,60 | A0016A | KANDILLI | 130 | 1180 | 148 | 1147 | 16 | 0 | 147 | 7,60 | 0 | 147 | DOĞRU |
| 15M | 17 | 8,16 | A0017A | SEVDA TEPESI | 22 | 1310 | 54 | 1295 | 17 | 0 | 147 | 8,16 | 0 | 147 | DOĞRU |
| 15M | 18 | 8,45 | A0018A | KÜÇÜKSU | 96 | 1332 | 62 | 1349 | 18 | 0 | 2 | 8,45 | 0 | 2 | DOĞRU |
| 15M | 19 | 8,82 | A0019C | SPOR AKADEMISI | 71 | 1428 | 82 | 1411 | 19 | 0 | 2 | 8,82 | 0 | 2 | DOĞRU |
| 15M | 20 | 9,20 | A0133A | GÖKSU | 59 | 1499 | 34 | 1493 | 20 | 0 | 2 | 9,20 | 0 | 2 | DOĞRU |
| 15M | 21 | 9,34 | A0138B | HALAT FAB. | 66 | 1558 | 44 | 1527 | 22 | 1 | 9 | 9,71 | 0,371 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 22 | 9,71 | A0139A | GÖZTEPE | 58 | 1624 | 97 | 1571 | 23 | 1 | 9 | 10,12 | 0,409 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 23 | 10,12 | A0140B | BLOKLAR | 34 | 1682 | 23 | 1668 | 24 | 1 | 9 | 10,43 | 0,311 | 9 | DOĞRU |

**Çizelge C.1 (devam) :** 15M numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15M | 24 | 10,43 | A1409B | GÖKSU EVLERI | 38 | 1716 | 46 | 1691 | 25 | 1 | 9 | 10,73 | 0,294 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 25 | 10,73 | A0141B | ÇEVRE YOLU | 26 | 1754 | 46 | 1737 | 25 | 0 | 9 | 10,73 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 26 | 11,19 | A1950B | KAVACIK SAPAGI | 61 | 1780 | 29 | 1783 | 26 | 0 | 10 | 11,19 | 0 | 10 | DOĞRU |
| 15M | 27 | 11,70 | A1951B | KAVACIK MEZARLIK | 24 | 1841 | 54 | 1812 | 28 | 1 | 10 | 12,07 | 0,367 | 10 | DOĞRU |
| 15M | 28 | 12,07 | A0161B | CUMHURIYET CAD. | 105 | 1865 | 98 | 1866 | 28 | 0 | 10 | 12,07 | 0 | 10 | DOĞRU |
| 15M | 29 | 12,58 | A1410B | MIHRABAT CADDESI | 80 | 1970 | 84 | 1964 | 29 | 0 | 9 | 12,58 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 30 | 12,98 | A0152A | HASAN YAVUZ | 61 | 2050 | 51 | 2048 | 30 | 0 | 9 | 12,98 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 31 | 13,28 | A2343B | KARAKOL | 63 | 2111 | 51 | 2099 | 31 | 0 | 9 | 13,28 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 32 | 13,51 | A0147D | KAVACIK DÖRTYOL | 65 | 2174 | 54 | 2150 | 32 | 0 | 9 | 13,51 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 33 | 13,77 | A0148A | SPOR TESISLERI | 82 | 2239 | 26 | 2204 | 34 | 1 | 9 | 14,03 | 0,257 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 34 | 14,03 | A0149A | OTAGTEPE | 66 | 2321 | 20 | 2230 | 36 | 2 | 9 | 14,56 | 0,535 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 35 | 14,24 | A0150B | SITE | 63 | 2387 | 41 | 2250 | 36 | 1 | 9 | 14,56 | 0,319 | 9 | DOĞRU |
| 15M | 36 | 14,561 | A0151A | YENI CAMII | 0 | 2450 | 0 | 2291 | 36 | 0 | 9 | 14,561 | 0 | 9 | DOĞRU |

**Çizelge C.2 :** 15P numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata_KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15P | 1 | 0 | A0001C | ÜSKÜDAR CAMI ÖNÜ | 188 | 0 | 194 | 0 | 1 | 0 | 130 | 0 | 0 | 130 | DOĞRU |
| 15P | 2 | 0,616 | A0002A | TEKEL DEPOSU | 164 | 188 | 174 | 194 | 2 | 0 | 137 | 0,616 | 0 | 137 | DOĞRU |
| 15P | 3 | 1,128 | A0003A | PASALIMANI | 46 | 352 | 33 | 368 | 3 | 0 | 136 | 1,128 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15P | 4 | 1,539 | A0004A | KUZGUNCUK | 133 | 398 | 142 | 401 | 4 | 0 | 136 | 1,539 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15P | 5 | 2,183 | A0005A | DNZ. EG.VE ÖG..KMT. | 35 | 531 | 32 | 543 | 5 | 0 | 138 | 2,183 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15P | 6 | 2,739 | A0006A | TÜNEL | 78 | 566 | 84 | 575 | 6 | 0 | 138 | 2,739 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15P | 7 | 3,182 | A0007A | ÇAYIRBASI | 68 | 644 | 60 | 659 | 7 | 0 | 138 | 3,182 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15P | 8 | 3,59 | A0008A | BEYLERBEYI | 94 | 712 | 100 | 719 | 8 | 0 | 139 | 3,59 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15P | 9 | 3,954 | A0009A | YALIBOYU | 91 | 806 | 95 | 819 | 9 | 0 | 139 | 3,954 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15P | 10 | 4,384 | A0010A | HAVUZBASI | 96 | 897 | 90 | 914 | 10 | 0 | 139 | 4,384 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15P | 11 | 4,788 | A0011A | ÇENGELKÖY | 154 | 993 | 168 | 1004 | 11 | 0 | 142 | 4,788 | 0 | 142 | DOĞRU |
| 15P | 12 | 5,367 | A0012A | KULELI | 98 | 1147 | 111 | 1172 | 12 | 0 | 142 | 5,367 | 0 | 142 | DOĞRU |
| 15P | 13 | 5,908 | A0013A | SUBAYEVLERI | 78 | 1245 | 82 | 1283 | 13 | 0 | 142 | 5,908 | 0 | 142 | DOĞRU |
| 15P | 14 | 6,355 | A0014A | VANIKÖY | 102 | 1323 | 96 | 1365 | 13 | 1 | 142 | 5,908 | 0,447 | 142 | DOĞRU |
| 15P | 15 | 7,028 | A0015A | KAN.KIZ LISESI | 61 | 1425 | 68 | 1461 | 15 | 0 | 147 | 7,028 | 0 | 147 | DOĞRU |
| 15P | 16 | 7,562 | A0016A | KANDILLI | 136 | 1486 | 127 | 1529 | 15 | 1 | 147 | 7,028 | 0,534 | 147 | DOĞRU |
| 15P | 17 | 8,125 | A0017A | SEVDA TEPESI | 50 | 1622 | 31 | 1656 | 17 | 0 | 147 | 8,125 | 0 | 147 | DOĞRU |
| 15P | 18 | 8,418 | A0018A | KÜÇÜKSU | 61 | 1672 | 56 | 1687 | 18 | 0 | 2 | 8,418 | 0 | 2 | DOĞRU |
| 15P | 19 | 8,81 | A0019A | SPOR AKADEMISI | 88 | 1733 | 94 | 1743 | 19 | 0 | 2 | 8,81 | 0 | 2 | DOĞRU |
| 15P | 20 | 9,324 | A0020A | ANADOLU HISARI | 94 | 1821 | 105 | 1837 | 20 | 0 | 3 | 9,324 | 0 | 3 | DOĞRU |
| 15P | 21 | 9,701 | A0021A | DOLAYBAGI | 295 | 1915 | 317 | 1942 | 21 | 0 | 3 | 9,701 | 0 | 3 | DOĞRU |
| 15P | 22 | 10,494 | A0022A | KÖRFEZ | 170 | 2210 | 178 | 2259 | 22 | 0 | 4 | 10,494 | 0 | 4 | DOĞRU |

**Çizelge C.2 (devam) :** 15P numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15P | 23 | 11,18 | A0023A | KANLICA | 103 | 2380 | 95 | 2437 | 23 | 0 | 4 | 11,18 | 0 | 4 | DOĞRU |
| 15P | 24 | 11,54 | A0024A | SAHIL BOYU | 142 | 2483 | 139 | 2532 | 23 | 1 | 4 | 11,18 | 0,36 | 4 | DOĞRU |
| 15P | 25 | 12,349 | A0025A | HIDROGRAFI D.BASK. | 167 | 2625 | 176 | 2671 | 25 | 0 | 6 | 12,349 | 0 | 6 | DOĞRU |
| 15P | 26 | 13,068 | A0026A | ÇUBUKLU | 51 | 2792 | 46 | 2847 | 26 | 0 | 6 | 13,068 | 0 | 6 | DOĞRU |
| 15P | 27 | 13,556 | A0027A | DEDEOGLU KÖP. | 202 | 2843 | 193 | 2893 | 26 | 1 | 6 | 13,068 | 0,488 | 6 | DOĞRU |
| 15P | 28 | 14,284 | A0028A | BURUN BAHÇE | 42 | 3045 | 38 | 3086 | 28 | 0 | 5 | 14,284 | 0 | 5 | DOĞRU |
| 15P | 29 | 14,673 | A0029A | IBB SOS. TESISLERI | 114 | 3087 | 111 | 3124 | 28 | 1 | 5 | 14,284 | 0,389 | 5 | DOĞRU |
| 15P | 30 | 15,105 | A0030A | PASABAHÇE | 83 | 3201 | 71 | 3235 | 30 | 0 | 5 | 15,105 | 0 | 5 | DOĞRU |
| 15P | 31 | 15,429 | A0031A | SSK HASTANE | 54 | 3284 | 62 | 3306 | 31 | 0 | 5 | 15,429 | 0 | 5 | DOĞRU |
| 15P | 32 | 15,941 | A0182B | SISE CAM FAB. | 58 | 3338 | 67 | 3368 | 32 | 0 | 11 | 15,941 | 0 | 11 | DOĞRU |
| 15P | 33 | 16,415 | A0185A | ÇESME | 74 | 3396 | 59 | 3435 | 32 | 1 | 11 | 15,941 | 0,474 | 11 | DOĞRU |
| 15P | 34 | 16,882 | A0186B | TEPEKÖY | 42 | 3470 | 45 | 3494 | 34 | 0 | 5 | 16,882 | 0 | 5 | DOĞRU |
| 15P | 35 | 17,241 | A0187B | KATIRCI YOLU | 22 | 3512 | 29 | 3539 | 34 | 1 | 11 | 16,882 | 0,359 | 5 | YANLIŞ |
| 15P | 36 | 17,617 | A0191B | SOGUKSU MAH. | 17 | 3534 | 11 | 3568 | 35 | 1 | 11 | 17,241 | 0,376 | 11 | DOĞRU |
| 15P | 37 | 17,847 | A0192B | EDE SOK. | 24 | 3551 | 35 | 3579 | 35 | 2 | 12 | 17,241 | 0,606 | 11 | YANLIŞ |
| 15P | 38 | 18,115 | A0193A | SEHIT YASIN | 17 | 3575 | 19 | 3614 | 37 | 1 | 12 | 17,847 | 0,268 | 12 | DOĞRU |
| 15P | 39 | 18,304 | A0194B | DERE | 16 | 3592 | 13 | 3633 | 37 | 2 | 12 | 17,847 | 0,457 | 12 | DOĞRU |
| 15P | 40 | 18,482 | A0195B | KORULUK | 19 | 3608 | 25 | 3646 | 38 | 2 | 12 | 18,115 | 0,367 | 12 | DOĞRU |
| 15P | 41 | 18,79 | A0196B | DOLUNAY | 26 | 3627 | 63 | 3671 | 39 | 2 | 12 | 18,304 | 0,486 | 12 | DOĞRU |
| 15P | 42 | 19,234 | A0197B | GAZI TUFAN | 20 | 3653 | 44 | 3734 | 40 | 2 | 12 | 18,482 | 0,752 | 12 | DOĞRU |
| 15P | 43 | 19,561 | A0198A | KARSULAR MAH. | 0 | 3673 | 0 | 3778 | 41 | 2 | 12 | 18,79 | 0,771 | 12 | DOĞRU |

**Çizelge C.3 :** 15S numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata_KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15S | 1 | 0 | A0001B | ÜSKÜDAR CAMI ÖNÜ | 192 | 0 | 201 | 0 | 1 | 0 | 130 | 0 | 0 | 130 | DOĞRU |
| 15S | 2 | 0,522 | A0002A | TEKEL DEPOSU | 92 | 192 | 88 | 201 | 2 | 0 | 137 | 0,522 | 0 | 137 | DOĞRU |
| 15S | 3 | 1,034 | A0003A | PASALIMANI | 63 | 284 | 78 | 289 | 3 | 0 | 136 | 1,034 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15S | 4 | 1,445 | A0004A | KUZGUNCUK | 144 | 347 | 147 | 367 | 4 | 0 | 136 | 1,445 | 0 | 136 | DOĞRU |
| 15S | 5 | 2,089 | A0005A | DNZ. EG.VE ÖG.KMT. | 54 | 491 | 63 | 514 | 5 | 0 | 138 | 2,089 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15S | 6 | 2,645 | A0006A | TÜNEL | 51 | 545 | 35 | 577 | 5 | 1 | 138 | 2,089 | 0,556 | 138 | DOĞRU |
| 15S | 7 | 3,088 | A0007A | ÇAYIRBASI | 38 | 596 | 30 | 612 | 7 | 0 | 138 | 3,088 | 0 | 138 | DOĞRU |
| 15S | 8 | 3,496 | A0008A | BEYLERBEYI | 108 | 634 | 104 | 642 | 8 | 0 | 139 | 3,496 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15S | 9 | 3,86 | A0009A | YALIBOYU | 107 | 742 | 118 | 746 | 9 | 0 | 139 | 3,86 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15S | 10 | 4,29 | A0010A | HAVUZBASI | 29 | 849 | 32 | 864 | 10 | 0 | 139 | 4,29 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15S | 11 | 4,491 | A0084A | NATO YOLU | 155 | 878 | 142 | 896 | 10 | 1 | 142 | 4,29 | 0,201 | 139 | YANLIŞ |
| 15S | 12 | 4,987 | A0095B | NATO CADDESI | 35 | 1033 | 55 | 1038 | 12 | 0 | 142 | 4,987 | 0 | 142 | DOĞRU |
| 15S | 13 | 5,378 | A0096B | BENTLER | 76 | 1068 | 68 | 1093 | 13 | 0 | 139 | 5,378 | 0 | 139 | DOĞRU |
| 15S | 14 | 5,612 | A0097B | TASOCAGI | 70 | 1144 | 68 | 1161 | 14 | 0 | 154 | 5,612 | 0 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 15 | 5,988 | A1229B | ADA SOKAK | 39 | 1214 | 34 | 1229 | 15 | 0 | 154 | 5,988 | 0 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 16 | 6,371 | A0098B | ÇESME | 20 | 1253 | 19 | 1263 | 16 | 0 | 154 | 6,371 | 0 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 17 | 6,502 | A0099B | ÇAYIR | 22 | 1273 | 41 | 1282 | 17 | 0 | 154 | 6,502 | 0 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 18 | 6,78 | A0100B | HASTAHANE | 38 | 1295 | 50 | 1323 | 17 | 1 | 154 | 6,502 | 0,278 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 19 | 7,274 | A0101A | SU DEPOSU | 39 | 1333 | 53 | 1373 | 18 | 1 | 154 | 6,78 | 0,494 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 20 | 7,584 | A0102A | OKUL | 37 | 1372 | 82 | 1426 | 19 | 1 | 154 | 7,274 | 0,31 | 154 | DOĞRU |
| 15S | 21 | 7,99 | A0103A | SULTAN MURAT MAH. | 0 | 1409 | 0 | 1508 | 20 | 1 | 154 | 7,584 | 0,406 | 154 | DOĞRU |

**Çizelge C.4 :** 15TY numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata_KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15TY | 1 | 0 | A0264A | TOKATKÖY | 25 | 0 | 22 | 0 | 1 | 0 | 13 | 0 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 2 | 0,222 | A0263A | OKUL | 14 | 25 | 13 | 22 | 2 | 0 | 13 | 0,222 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 3 | 0,487 | A0262B | CINDERE YOLU | 21 | 39 | 21 | 35 | 3 | 0 | 13 | 0,487 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 4 | 0,637 | A0261A | SULTAN AZIZ | 33 | 60 | 29 | 56 | 4 | 0 | 13 | 0,637 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 5 | 0,866 | A0260B | LISE | 29 | 93 | 28 | 85 | 5 | 0 | 13 | 0,866 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 6 | 1,155 | A0259B | YUSA YOLU | 72 | 122 | 64 | 113 | 6 | 0 | 13 | 1,155 | 0 | 13 | DOĞRU |
| 15TY | 7 | 1,566 | A0040A | ORTAÇESME | 68 | 194 | 64 | 177 | 7 | 0 | 8 | 1,566 | 0 | 8 | DOĞRU |
| 15TY | 8 | 1,925 | A0039A | ÇAYIR CAD. | 77 | 262 | 60 | 241 | 8 | 0 | 8 | 1,925 | 0 | 8 | DOĞRU |
| 15TY | 9 | 2,404 | A0038A | KUNDURA FAB | 99 | 339 | 98 | 301 | 9 | 0 | 8 | 2,404 | 0 | 8 | DOĞRU |
| 15TY | 10 | 2,97 | A0037A | YALIKÖY | 75 | 438 | 67 | 399 | 11 | 1 | 8 | 3,375 | 0,405 | 8 | DOĞRU |
| 15TY | 11 | 3,375 | A0036A | BEYKOZ | 23 | 513 | 37 | 466 | 12 | 1 | 8 | 3,893 | 0,518 | 11 | YANLIŞ |
| 15TY | 12 | 3,893 | A0035B | BEYKOZ KORUSU | 91 | 536 | 74 | 503 | 12 | 0 | 11 | 3,893 | 0 | 11 | DOĞRU |
| 15TY | 13 | 4,292 | A0034B | BELEDIYE | 52 | 627 | 42 | 577 | 14 | 1 | 11 | 4,578 | 0,286 | 11 | DOĞRU |
| 15TY | 14 | 4,578 | A0033B | SU ÜRÜNLERI | 74 | 679 | 71 | 619 | 15 | 1 | 11 | 4,918 | 0,34 | 11 | DOĞRU |
| 15TY | 15 | 4,918 | A0032B | SISE CAM FAB. | 24 | 753 | 50 | 690 | 16 | 1 | 11 | 5,441 | 0,523 | 5 | YANLIŞ |
| 15TY | 16 | 5,441 | A0031B | SSK HASTANE | 98 | 777 | 80 | 740 | 16 | 0 | 5 | 5,441 | 0 | 5 | DOĞRU |
| 15TY | 17 | 5,703 | A0030B | PASABAHÇE | 77 | 875 | 65 | 820 | 18 | 1 | 5 | 6,241 | 0,538 | 5 | DOĞRU |
| 15TY | 18 | 6,241 | A0029B | IBB SOS. TESISLERI | 46 | 952 | 49 | 885 | 19 | 1 | 5 | 6,502 | 0,261 | 5 | DOĞRU |
| 15TY | 19 | 6,502 | A0028B | BURUN BAHÇE | 111 | 998 | 104 | 934 | 20 | 1 | 5 | 7,364 | 0,862 | 6 | YANLIŞ |
| 15TY | 20 | 7,364 | A0027B | DEDEOGLU KÖP. | 68 | 1109 | 44 | 1038 | 21 | 1 | 6 | 7,693 | 0,329 | 6 | DOĞRU |
| 15TY | 21 | 7,693 | A0026B | ÇUBUKLU | 97 | 1177 | 87 | 1082 | 22 | 1 | 6 | 8,412 | 0,719 | 6 | DOĞRU |

**Çizelge C.4(devam) :** 15TY numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15TY | 22 | 8,412 | A0025B | HIDROGRAFI D.BASK. | 218 | 1274 | 243 | 1169 | 22 | 0 | 6 | 8,412 | 0 | 6 | DOĞRU |
| 15TY | 23 | 9,168 | A0024B | SAHIL BOYU | 103 | 1492 | 130 | 1412 | 24 | 1 | 4 | 9,626 | 0,458 | 4 | DOĞRU |
| 15TY | 24 | 9,626 | A0023B | KANLICA | 37 | 1595 | 41 | 1542 | 25 | 1 | 4 | 10,258 | 0,632 | 4 | DOĞRU |
| 15TY | 25 | 10,258 | A0022B | KÖRFEZ | 68 | 1632 | 59 | 1583 | 26 | 1 | 4 | 10,414 | 0,156 | 4 | DOĞRU |
| 15TY | 26 | 10,414 | A0143A | KÖRFEZ | 96 | 1700 | 118 | 1642 | 26 | 0 | 4 | 10,414 | 0 | 4 | DOĞRU |
| 15TY | 27 | 11,39 | A0145A | KAPTANLAR | 79 | 1796 | 89 | 1760 | 27 | 0 | 9 | 11,39 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 28 | 11,807 | A0147A | KAVACIK DÖRTYOL | 61 | 1875 | 45 | 1849 | 29 | 1 | 9 | 12,031 | 0,224 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 29 | 12,031 | A2343A | KARAKOL | 19 | 1936 | 38 | 1894 | 30 | 1 | 9 | 12,33 | 0,299 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 30 | 12,33 | A0152B | HASAN YAVUZ | 64 | 1955 | 44 | 1932 | 31 | 1 | 9 | 12,793 | 0,463 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 31 | 12,793 | A0160A | ÇAVUSBASI CAD. | 37 | 2019 | 23 | 1976 | 33 | 2 | 9 | 13,36 | 0,567 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 32 | 13,097 | A0161A | CUMHURIYET CAD. | 53 | 2056 | 25 | 1999 | 34 | 2 | 10 | 14,011 | 0,914 | 9 | YANLIŞ |
| 15TY | 33 | 13,36 | A1951A | KAVACIK MEZARLIK | 30 | 2109 | 42 | 2024 | 35 | 2 | 9 | 14,389 | 1,029 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 34 | 14,011 | A1950A | KAVACIK SAPAGI | 51 | 2139 | 56 | 2066 | 35 | 1 | 9 | 14,389 | 0,378 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 35 | 14,389 | A0141A | ÇEVRE YOLU | 53 | 2190 | 70 | 2122 | 36 | 1 | 9 | 14,695 | 0,306 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 36 | 14,695 | A1409A | GÖKSU EVLERI | 10 | 2243 | 46 | 2192 | 37 | 1 | 9 | 14,992 | 0,297 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 37 | 14,992 | A0140A | BLOKLAR | 128 | 2253 | 36 | 2238 | 37 | 0 | 9 | 14,992 | 0 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 38 | 15,354 | A0139B | GÖZTEPE | 89 | 2381 | 100 | 2274 | 39 | 1 | 9 | 15,703 | 0,349 | 9 | DOĞRU |
| 15TY | 39 | 15,703 | A0138A | HALAT FAB. | 61 | 2470 | 71 | 2374 | 41 | 2 | 9 | 16,608 | 0,905 | 2 | YANLIŞ |
| 15TY | 40 | 16,397 | A0019D | SPOR AKADEMISI | 59 | 2531 | 21 | 2445 | 42 | 2 | 2 | 17,202 | 0,805 | 2 | DOĞRU |
| 15TY | 41 | 16,608 | A0019B | SPOR AKADEMISI | 113 | 2590 | 127 | 2466 | 42 | 1 | 2 | 17,202 | 0,594 | 2 | DOĞRU |
| 15TY | 42 | 17,202 | A0018C | KÜÇÜKSU | 73 | 2703 | 68 | 2593 | 43 | 1 | 2 | 17,568 | 0,366 | 2 | DOĞRU |
| 15TY | 43 | 17,568 | A0122A | PAZARYERI | 106 | 2776 | 97 | 2661 | 45 | 2 | 2 | 18,14 | 0,572 | 2 | DOĞRU |
| 15TY | 44 | 17,973 | A0123B | NISANGAH CAD. | 47 | 2882 | 35 | 2758 | 47 | 3 | 2 | 18,679 | 0,706 | 7 | YANLIŞ |
| 15TY | 45 | 18,14 | A0124A | CAMI | 70 | 2929 | 64 | 2793 | 48 | 3 | 2 | 18,93 | 0,79 | 7 | YANLIŞ |

**Çizelge C.4(devam) :** 15TY numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15TY | 46 | 18,404 | A0125A | NISANTASI | 56 | 2999 | 38 | 2857 | 49 | 3 | 7 | 19,25 | 0,846 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 47 | 18,679 | A0126B | OKUL | 74 | 3055 | 50 | 2895 | 49 | 2 | 7 | 19,25 | 0,571 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 48 | 18,93 | A0127A | KÜME EVLERI-1 | 117 | 3129 | 97 | 2945 | 50 | 2 | 7 | 19,553 | 0,623 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 49 | 19,25 | A0128B | RÜZGARLI SOKAK | 66 | 3246 | 83 | 3042 | 51 | 2 | 7 | 19,931 | 0,681 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 50 | 19,553 | A0129B | YENI MAHALLE1 | 353 | 3312 | 155 | 3125 | 51 | 1 | 7 | 19,931 | 0,378 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 51 | 19,931 | A0130B | YENI ÇIFTLIK CAD. | 94 | 3665 | 109 | 3280 | 55 | 4 | 7 | 21,365 | 1,434 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 52 | 20,226 | A0131B | KÜME EVLER-2 | 130 | 3759 | 44 | 3389 | 56 | 4 | 7 | 21,672 | 1,446 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 53 | 20,45 | A2358A | ÜÇYOL | 161 | 3889 | 133 | 3433 | 57 | 4 | 7 | 21,897 | 1,447 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 54 | 20,888 | A1649A | ORMAN YOLU | 123 | 4050 | 109 | 3566 | 57 | 3 | 7 | 21,897 | 1,009 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 55 | 21,365 | A0121B | ASFALT FABRIKASI | 42 | 4173 | 82 | 3675 | 57 | 2 | 7 | 21,897 | 0,532 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 56 | 21,672 | A0120A | SAGLIK OCAGI | 30 | 4215 | 88 | 3757 | 57 | 1 | 7 | 21,897 | 0,225 | 7 | DOĞRU |
| 15TY | 57 | 21,897 | A1723A | HEKIMBASI | 0 | 4245 | 0 | 3845 | 57 | 0 | 7 | 21,897 | 0 | 7 | DOĞRU |

**Çizelge C.5 :** 16 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | HataKM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 1 | 0 | A0586A | KADIKÖY KUMLUK | 113 | 0 | 110 | 0 | 1 | 0 | 30 | 0 | 0 | 30 | DOĞRU |
| 16 | 2 | 0,34 | A0587A | ÇARSI | 154 | 113 | 170 | 110 | 2 | 0 | 30 | 0,34 | 0 | 30 | DOĞRU |
| 16 | 3 | 0,769 | A0589A | ALTIYOL | 120 | 267 | 115 | 280 | 3 | 0 | 30 | 0,769 | 0 | 30 | DOĞRU |
| 16 | 4 | 1,299 | A0591A | BARIS MANÇO | 85 | 387 | 60 | 395 | 4 | 0 | 30 | 1,299 | 0 | 30 | DOĞRU |
| 16 | 5 | 1,584 | A0592A | F.BAHÇE STADI | 49 | 472 | 34 | 455 | 5 | 0 | 27 | 1,584 | 0 | 27 | DOĞRU |
| 16 | 6 | 1,84 | A0594A | KIZILTOPRAK | 104 | 521 | 92 | 489 | 6 | 0 | 27 | 1,84 | 0 | 27 | DOĞRU |
| 16 | 7 | 2,227 | A0595A | IHLAMUR | 50 | 625 | 47 | 581 | 8 | 1 | 28 | 2,527 | 0,3 | 28 | DOĞRU |
| 16 | 8 | 2,527 | A0597A | YAT LIMANI | 95 | 675 | 99 | 628 | 8 | 0 | 28 | 2,527 | 0 | 28 | DOĞRU |
| 16 | 9 | 2,98 | A0598A | KALAMIS | 66 | 770 | 76 | 727 | 10 | 1 | 28 | 3,33 | 0,35 | 28 | DOĞRU |
| 16 | 10 | 3,33 | A0604A | CEMIL TOPUZLU | 76 | 836 | 74 | 803 | 10 | 0 | 28 | 3,33 | 0 | 28 | DOĞRU |
| 16 | 11 | 3,672 | A0605A | 18 Mart | 62 | 912 | 74 | 877 | 11 | 0 | 28 | 3,672 | 0 | 28 | DOĞRU |
| 16 | 12 | 3,967 | A0606A | ÇIFTE HAVUZLAR | 28 | 974 | 32 | 951 | 13 | 1 | 26 | 4,144 | 0,177 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 13 | 4,144 | A1208A | TAHRAN LISESI | 66 | 1002 | 57 | 983 | 13 | 0 | 26 | 4,144 | 0 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 14 | 4,389 | A0607B | GÖZTEPE | 32 | 1068 | 25 | 1040 | 15 | 1 | 26 | 4,715 | 0,326 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 15 | 4,715 | A0610A | GELENGÜL | 34 | 1100 | 32 | 1065 | 16 | 1 | 26 | 5,161 | 0,446 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 16 | 5,161 | A0611A | CADDEBOSTAN | 41 | 1134 | 24 | 1097 | 17 | 1 | 26 | 5,429 | 0,268 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 17 | 5,429 | A0612C | ERENKÖY | 49 | 1175 | 58 | 1121 | 18 | 1 | 26 | 5,695 | 0,266 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 18 | 5,695 | A0613A | KANTARCI | 89 | 1224 | 94 | 1179 | 18 | 0 | 26 | 5,695 | 0 | 26 | DOĞRU |
| 16 | 19 | 6,196 | A0614A | SASKINBAKKAL | 38 | 1313 | 75 | 1273 | 20 | 1 | 25 | 6,662 | 0,466 | 25 | DOĞRU |
| 16 | 20 | 6,662 | A0616A | SUADIYE | 70 | 1351 | 83 | 1348 | 20 | 0 | 25 | 6,662 | 0 | 25 | DOĞRU |
| 16 | 21 | 7,205 | A0617A | TAN SOKAK | 66 | 1421 | 31 | 1431 | 21 | 0 | 32 | 7,205 | 0 | 32 | DOĞRU |

**Çizelge C.5 (devam) :** 16 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 22 | 7,47 | A0618A | ÇATALÇESME | 176 | 1487 | 156 | 1462 | 22 | 0 | 32 | 7,47 | 0 | 32 | DOĞRU |
| 16 | 23 | 8,205 | A0620A | ISKELE | 204 | 1663 | 215 | 1618 | 23 | 0 | 32 | 8,205 | 0 | 32 | DOĞRU |
| 16 | 24 | 9,053 | A0644B | ALTINTEPESI | 42 | 1867 | 59 | 1833 | 25 | 1 | 59 | 9,402 | 0,349 | 59 | DOĞRU |
| 16 | 25 | 9,402 | A0645B | BAHAR SOK. | 273 | 1909 | 300 | 1892 | 25 | 0 | 59 | 9,402 | 0 | 59 | DOĞRU |
| 16 | 26 | 10,265 | A0647B | ÇINAR | 69 | 2182 | 38 | 2192 | 26 | 0 | 58 | 10,265 | 0 | 58 | DOĞRU |
| 16 | 27 | 10,508 | A0648B | MERKEZ ILKOKULU | 44 | 2251 | 89 | 2230 | 27 | 0 | 58 | 10,508 | 0 | 58 | DOĞRU |
| 16 | 28 | 10,853 | A0649B | IDEALTEPE | 59 | 2295 | 28 | 2319 | 28 | 0 | 58 | 10,853 | 0 | 58 | DOĞRU |
| 16 | 29 | 11,272 | A0650B | DOGUEVLER | 67 | 2354 | 36 | 2347 | 29 | 0 | 58 | 11,272 | 0 | 58 | DOĞRU |
| 16 | 30 | 11,642 | A0651B | ÜÇEVLER | 51 | 2421 | 71 | 2383 | 31 | 1 | 60 | 11,929 | 0,287 | 60 | DOĞRU |
| 16 | 31 | 11,929 | A0652B | YÜZEVLER | 48 | 2472 | 36 | 2454 | 31 | 0 | 60 | 11,929 | 0 | 60 | DOĞRU |
| 16 | 32 | 12,189 | A0653B | MALTEPE BELEDIYESI | 38 | 2520 | 20 | 2490 | 33 | 1 | 60 | 12,453 | 0,264 | 60 | DOĞRU |
| 16 | 33 | 12,453 | A0654B | ASKERLIK SB. | 53 | 2558 | 67 | 2510 | 34 | 1 | 60 | 12,803 | 0,35 | 60 | DOĞRU |
| 16 | 34 | 12,803 | A0573A | MALTEPE GIRISI | 44 | 2611 | 49 | 2577 | 35 | 1 | 60 | 13,151 | 0,348 | 63 | YANLIŞ |
| 16 | 35 | 13,151 | A0655B | MALTEPE | 122 | 2655 | 127 | 2626 | 35 | 0 | 63 | 13,151 | 0 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 36 | 13,589 | A0656A | ISTASYON YOLU | 107 | 2777 | 115 | 2753 | 36 | 0 | 63 | 13,589 | 0 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 37 | 14,127 | A0657B | ESENYURT | 106 | 2884 | 86 | 2868 | 37 | 0 | 63 | 14,127 | 0 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 38 | 14,369 | A0658B | ORHANGAZI | 104 | 2990 | 93 | 2954 | 38 | 0 | 63 | 14,369 | 0 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 39 | 14,741 | A2609B | ÖGRENCI YURDU | 117 | 3094 | 63 | 3047 | 40 | 1 | 63 | 14,961 | 0,22 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 40 | 14,961 | A0659B | TUGAY YOLU | 129 | 3211 | 155 | 3110 | 41 | 1 | 63 | 15,444 | 0,483 | 63 | DOĞRU |
| 16 | 41 | 15,444 | A0660B | CEVIZLI | 113 | 3340 | 79 | 3265 | 42 | 1 | 63 | 16,091 | 0,647 | 45 | YANLIŞ |
| 16 | 42 | 16,091 | A0661B | YÜCEL SITESI | 36 | 3453 | 27 | 3344 | 44 | 2 | 45 | 16,84 | 0,749 | 46 | YANLIŞ |
| 16 | 43 | 16,348 | A0662B | BANKALAR | 135 | 3489 | 129 | 3371 | 44 | 1 | 45 | 16,84 | 0,492 | 46 | YANLIŞ |
| 16 | 44 | 16,84 | A0663B | ATALAR MAHALLESI | 86 | 3624 | 137 | 3500 | 45 | 1 | 46 | 17,286 | 0,446 | 46 | DOĞRU |
| 16 | 45 | 17,286 | A0664B | ISTASYON | 78 | 3710 | 76 | 3637 | 46 | 1 | 46 | 17,731 | 0,445 | 46 | DOĞRU |

**Çizelge C.5 (devam) :** 16 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 46 | 17,731 | A0665A | BEYAZ KÖSK | 129 | 3788 | 104 | 3713 | 47 | 1 | 46 | 18,25 | 0,519 | 46 | DOĞRU |
| 16 | 47 | 18,25 | A0666B | TEKNIK LISE | 201 | 3917 | 193 | 3817 | 48 | 1 | 46 | 18,792 | 0,542 | 46 | DOĞRU |
| 16 | 48 | 18,792 | A0667B | TOPRAK YOL | 92 | 4118 | 79 | 4010 | 50 | 2 | 46 | 19,478 | 0,686 | 44 | YANLIŞ |
| 16 | 49 | 19,018 | A1644B | KARTAL SSK | 52 | 4210 | 56 | 4089 | 50 | 1 | 44 | 19,478 | 0,46 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 50 | 19,478 | A0668B | KARTAL ÇARSI | 150 | 4262 | 147 | 4145 | 51 | 1 | 44 | 19,728 | 0,25 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 51 | 19,728 | A0670B | A.SIMSEK KOLEJI | 112 | 4412 | 132 | 4292 | 52 | 1 | 44 | 20,241 | 0,513 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 52 | 20,241 | A0672B | KÜLTÜR MERKEZI | 42 | 4524 | 51 | 4424 | 53 | 1 | 44 | 20,671 | 0,43 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 53 | 20,671 | A0671B | HAVA EVLERI | 204 | 4566 | 232 | 4475 | 53 | 0 | 44 | 20,671 | 0 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 54 | 21,415 | A0673B | YUNUS | 77 | 4770 | 111 | 4707 | 55 | 1 | 44 | 22,234 | 0,819 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 55 | 22,234 | A0674B | VETERINER OKULU | 188 | 4847 | 129 | 4818 | 55 | 0 | 44 | 22,234 | 0 | 44 | DOĞRU |
| 16 | 56 | 22,803 | A0675B | LISE SOK. | 136 | 5035 | 78 | 4947 | 57 | 1 | 68 | 23,12 | 0,317 | 68 | DOĞRU |
| 16 | 57 | 23,12 | A0676B | PALMIYE | 162 | 5171 | 119 | 5025 | 58 | 1 | 68 | 23,478 | 0,358 | 68 | DOĞRU |
| 16 | 58 | 23,478 | A2585B | DEVLET HASTANESI | 187 | 5333 | 151 | 5144 | 60 | 2 | 68 | 24,342 | 0,864 | 69 | YANLIŞ |
| 16 | 59 | 23,945 | A2581B | TREN KÖPRÜSÜ | 123 | 5520 | 52 | 5295 | 62 | 3 | 69 | 25,119 | 1,174 | 69 | DOĞRU |
| 16 | 60 | 24,342 | A0962B | PENDIK GEÇIT | 124 | 5643 | 111 | 5347 | 62 | 2 | 69 | 25,119 | 0,777 | 69 | DOĞRU |
| 16 | 61 | 24,8 | A1402B | SIFA HASTANESI | 171 | 5767 | 117 | 5458 | 63 | 2 | 69 | 25,562 | 0,762 | 68 | YANLIŞ |
| 16 | 62 | 25,119 | A0980C | KAVSAK | 188 | 5938 | 139 | 5575 | 63 | 1 | 69 | 25,562 | 0,443 | 68 | YANLIŞ |
| 16 | 63 | 25,562 | A2580B | MOSTAR KÖPRÜSÜ | 0 | 6126 | 0 | 5714 | 63 | 0 | 68 | 25,562 | 0 | 68 | DOĞRU |

**Çizelge C.6 :** 29C numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | HataKM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29C | 1 | 0 | L0448A | TARABYAÜSTÜ | 55 | 0 | 59 | 0 | 1 | 0 | 399 | 0 | 0 | 399 | DOĞRU |
| 29C | 2 | 0,185 | L0459A | SPOR TESISLERI | 85 | 55 | 75 | 59 | 2 | 0 | 385 | 0,185 | 0 | 385 | DOĞRU |
| 29C | 3 | 0,38 | L0460A | PARK(TARABYAÜSTÜ) | 69 | 140 | 82 | 134 | 3 | 0 | 385 | 0,38 | 0 | 385 | DOĞRU |
| 29C | 4 | 0,62 | L0230A | TARABYAÜSTÜ | 67 | 209 | 75 | 216 | 4 | 0 | 385 | 0,62 | 0 | 385 | DOĞRU |
| 29C | 5 | 0,938 | L0444A | MEYDAN | 71 | 276 | 69 | 291 | 5 | 0 | 399 | 0,938 | 0 | 399 | DOĞRU |
| 29C | 6 | 1,161 | L0229A | ÖMÜRTEPE | 61 | 347 | 51 | 360 | 6 | 0 | 385 | 1,161 | 0 | 385 | DOĞRU |
| 29C | 7 | 1,415 | L0228A | KÖSKEVLER | 22 | 408 | 34 | 411 | 7 | 0 | 399 | 1,415 | 0 | 399 | DOĞRU |
| 29C | 8 | 1,742 | L0227A | CUMHURIYET MAH. | 39 | 430 | 44 | 445 | 8 | 0 | 391 | 1,742 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 9 | 2,007 | L0226A | MERKEZ CAMII | 54 | 469 | 25 | 489 | 9 | 0 | 391 | 2,007 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 10 | 2,199 | L0446A | MEKKENUR CAMII | 34 | 523 | 28 | 514 | 10 | 0 | 391 | 2,199 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 11 | 2,55 | L0225A | HACI OSMAN MAH. | 32 | 557 | 42 | 542 | 11 | 0 | 391 | 2,55 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 12 | 2,829 | L0224A | TARABYA YOLU | 76 | 589 | 78 | 584 | 12 | 0 | 391 | 2,829 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 13 | 3,023 | L0122C | HACIOSMAN | 34 | 665 | 15 | 662 | 13 | 0 | 391 | 3,023 | 0 | 391 | DOĞRU |
| 29C | 14 | 3,207 | L0122A | HACI OSMAN | 153 | 699 | 141 | 677 | 14 | 0 | 404 | 3,207 | 0 | 404 | DOĞRU |
| 29C | 15 | 3,85 | L0123A | FATIH ORMANI | 89 | 852 | 108 | 818 | 15 | 0 | 441 | 3,85 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 16 | 4,299 | L0124A | DERBENT | 105 | 941 | 108 | 926 | 16 | 0 | 441 | 4,299 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 17 | 4,736 | L0125A | LISE | 97 | 1046 | 105 | 1034 | 17 | 0 | 441 | 4,736 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 18 | 5,67 | L0126A | ASTSUBAY ORDU EVI | 44 | 1143 | 52 | 1139 | 18 | 0 | 441 | 5,67 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 19 | 6,239 | L0127A | FAKÜLTE | 47 | 1187 | 32 | 1191 | 19 | 0 | 441 | 6,239 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 20 | 6,462 | L0128A | FEVZIYE MEKTEPLERI | 53 | 1234 | 52 | 1223 | 20 | 0 | 441 | 6,462 | 0 | 441 | DOĞRU |
| 29C | 21 | 6,903 | L0129B | MASLAK | 58 | 1287 | 51 | 1275 | 21 | 0 | 440 | 6,903 | 0 | 440 | DOĞRU |

**Çizelge C.6 (devam) :** 29C numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29C | 22 | 7,11 | L0130A | ITÜ REKTÖRLÜGÜ | 68 | 1345 | 67 | 1326 | 22 | 0 | 440 | 7,11 | 0 | 440 | DOĞRU |
| 29C | 23 | 7,809 | L0131A | KOLORDU | 146 | 1413 | 170 | 1393 | 23 | 0 | 440 | 7,809 | 0 | 440 | DOĞRU |
| 29C | 24 | 8,993 | L0132B | SEYRANTEPE YOLU | 36 | 1559 | 38 | 1563 | 24 | 0 | 440 | 8,993 | 0 | 440 | DOĞRU |
| 29C | 25 | 9,25 | L0133A | SANAYI SITESI | 104 | 1595 | 135 | 1601 | 25 | 0 | 359 | 9,25 | 0 | 359 | DOĞRU |
| 29C | 26 | 9,589 | L0134A | SANAYI MAHALLESI | 104 | 1699 | 95 | 1736 | 26 | 0 | 364 | 9,589 | 0 | 364 | DOĞRU |
| 29C | 27 | 9,953 | L0455A | EMNIYET EVLER | 33 | 1803 | 18 | 1831 | 27 | 0 | 362 | 9,953 | 0 | 362 | DOĞRU |
| 29C | 28 | 10,098 | L0136D | 4.LEVEND | 38 | 1836 | 48 | 1849 | 27 | 1 | 362 | 9,953 | 0,145 | 362 | DOĞRU |
| 29C | 29 | 10,807 | L0138A | FABRIKALAR | 130 | 1874 | 126 | 1897 | 29 | 0 | 439 | 10,807 | 0 | 439 | DOĞRU |
| 29C | 30 | 11,462 | L0139A | LEVEND | 73 | 2004 | 86 | 2023 | 30 | 0 | 439 | 11,462 | 0 | 439 | DOĞRU |
| 29C | 31 | 12,069 | L0140A | ZINCIRLIKUYU | 37 | 2077 | 43 | 2109 | 31 | 0 | 439 | 12,069 | 0 | 439 | DOĞRU |
| 29C | 32 | 12,584 | L0141A | KÖPRÜLÜ KAVSAK | 100 | 2114 | 115 | 2152 | 31 | 1 | 439 | 12,069 | 0,515 | 439 | DOĞRU |
| 29C | 33 | 13,065 | L0142A | KISLAÖNÜ | 76 | 2214 | 66 | 2267 | 33 | 0 | 204 | 13,065 | 0 | 204 | DOĞRU |
| 29C | 34 | 13,282 | L0143A | DARPHANE | 169 | 2290 | 86 | 2333 | 33 | 1 | 204 | 13,065 | 0,217 | 204 | DOĞRU |
| 29C | 35 | 13,6 | L0144A | ERTUGRUL SITESI | 125 | 2459 | 125 | 2419 | 35 | 0 | 205 | 13,6 | 0 | 205 | DOĞRU |
| 29C | 36 | 14,174 | L0145A | YILDIZ TEK.ÜNV. | 46 | 2584 | 36 | 2544 | 37 | 1 | 214 | 14,523 | 0,349 | 214 | DOĞRU |
| 29C | 37 | 14,523 | L0146A | BARBAROS | 102 | 2630 | 110 | 2580 | 37 | 0 | 214 | 14,523 | 0 | 214 | DOĞRU |
| 29C | 38 | 15,39 | L0002B | AKARETLER | 295 | 2732 | 359 | 2690 | 38 | 0 | 197 | 15,39 | 0 | 197 | DOĞRU |
| 29C | 39 | 16,523 | S0019B | KABATAS | 0 | 3027 | 0 | 3049 | 39 | 0 | 225 | 16,523 | 0 | 225 | DOĞRU |

**Çizelge C.7 :** 36 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 1 | 0 | T0113A | MERVE | 72 | 0 | 95 | 0 | 1 | 0 | 344 | 0 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36 | 2 | 0,373 | T0185B | MENDERES CADDESI | 65 | 72 | 58 | 95 | 2 | 0 | 344 | 0,373 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36 | 3 | 0,615 | T0186A | MEHMET AKIF CAD. | 63 | 137 | 90 | 153 | 3 | 0 | 344 | 0,615 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36 | 4 | 1,093 | T0289A | METRIS CEZA EVI | 41 | 200 | 68 | 243 | 4 | 0 | 196 | 1,093 | 0 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 5 | 1,444 | T0131B | 500 EVLER | 36 | 241 | 86 | 311 | 4 | 1 | 196 | 1,093 | 0,351 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 6 | 1,764 | T0130A | YENI EVLER | 39 | 277 | 81 | 397 | 4 | 2 | 196 | 1,093 | 0,671 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 7 | 2,095 | T0129A | B.HAYRETTINPASA MH. | 45 | 316 | 98 | 478 | 5 | 2 | 196 | 1,444 | 0,651 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 8 | 2,506 | T0128B | YILDIRIM MAHALLESI | 36 | 361 | 91 | 576 | 6 | 2 | 196 | 1,764 | 0,742 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 9 | 2,864 | T0127B | ALI FUAT BASGIL | 27 | 397 | 35 | 667 | 6 | 3 | 196 | 1,764 | 1,1 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 10 | 3,234 | T0126B | BARBOROS SOKAK | 30 | 424 | 37 | 702 | 6 | 4 | 196 | 1,764 | 1,47 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 11 | 3,797 | T0125B | ÇUKURÇESME | 61 | 454 | 112 | 739 | 7 | 4 | 196 | 2,095 | 1,702 | 196 | DOĞRU |
| 36 | 12 | 4,265 | T0124B | SAGMALCILAR LISESI | 34 | 515 | 87 | 851 | 7 | 5 | 191 | 2,095 | 2,17 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 13 | 4,77 | T0123A | BEREÇ | 56 | 549 | 171 | 938 | 8 | 5 | 194 | 2,506 | 2,264 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 14 | 5,426 | T0122C | SAGLIK MERKEZI | 31 | 605 | 57 | 1109 | 8 | 6 | 192 | 2,506 | 2,92 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 15 | 5,883 | T0473A | TUNA LISESI | 18 | 636 | 36 | 1166 | 9 | 6 | 192 | 2,864 | 3,019 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 16 | 6,141 | T0511A | YESILCAMI | 47 | 654 | 100 | 1202 | 9 | 7 | 194 | 2,864 | 3,277 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 17 | 6,618 | T0512A | KIZILAY | 22 | 701 | 85 | 1302 | 10 | 7 | 192 | 3,234 | 3,384 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 18 | 6,854 | T0177A | BAYRAMPASA | 96 | 723 | 305 | 1387 | 11 | 7 | 192 | 3,797 | 3,057 | 196 | YANLIŞ |
| 36 | 19 | 7,445 | T0513A | ÇEVIKKUVVET | 72 | 819 | 228 | 1692 | 12 | 7 | 190 | 4,265 | 3,18 | 191 | YANLIŞ |
| 36 | 20 | 7,767 | T0183B | MALTEPE | 45 | 891 | 226 | 1920 | 12 | 8 | 449 | 4,265 | 3,502 | 191 | YANLIŞ |
| 36 | 21 | 8,301 | T0610A | MATBAACILAR SITESI | 24 | 936 | 141 | 2146 | 13 | 8 | 449 | 4,77 | 3,531 | 194 | YANLIŞ |

**Çizelge C.7 (devam) :** 36 numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 22 | 8,883 | T0048J | TOPKAPI | 17 | 960 | 90 | 2287 | 13 | 9 | 449 | 4,77 | 4,113 | 194 | YANLIŞ |
| 36 | 23 | 9,284 | T0048F | TOPKAPI | 34 | 977 | 145 | 2377 | 13 | 10 | 326 | 4,77 | 4,514 | 194 | YANLIŞ |
| 36 | 24 | 9,782 | T0050A | PAZARTEKKE | 32 | 1011 | 78 | 2522 | 13 | 11 | 312 | 4,77 | 5,012 | 194 | YANLIŞ |
| 36 | 25 | 10,058 | T0051A | SEHREMINI | 48 | 1043 | 166 | 2600 | 14 | 11 | 312 | 5,426 | 4,632 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 26 | 10,542 | T0052A | ÇAPA | 39 | 1091 | 155 | 2766 | 14 | 12 | 334 | 5,426 | 5,116 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 27 | 10,979 | T0053A | FINDIKZADE | 22 | 1130 | 49 | 2921 | 14 | 13 | 319 | 5,426 | 5,553 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 28 | 11,303 | T0038C | HASEKI | 21 | 1152 | 24 | 2970 | 15 | 13 | 319 | 5,883 | 5,42 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 29 | 11,564 | T0054A | YUSUFPASA | 34 | 1173 | 203 | 2994 | 15 | 14 | 319 | 5,883 | 5,681 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 30 | 12,23 | T0084A | ORDU CADDESI | 32 | 1207 | 90 | 3197 | 16 | 14 | 281 | 6,141 | 6,089 | 194 | YANLIŞ |
| 36 | 31 | 12,536 | T0055B | LALELI | 22 | 1239 | 78 | 3287 | 16 | 15 | 281 | 6,141 | 6,395 | 194 | YANLIŞ |
| 36 | 32 | 12,94 | T0056B | BAYAZID | 31 | 1261 | 77 | 3365 | 17 | 15 | 281 | 6,618 | 6,322 | 192 | YANLIŞ |
| 36 | 33 | 13,394 | T0056C | BAYAZID | 0 | 1292 | 0 | 3442 | 17 | 16 | 279 | 6,618 | 6,776 | 192 | YANLIŞ |

**Çizelge C.8 :** 36A numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36A | 1 | 0 | T0143B | CEBECI MAHALLESI | 99 | 0 | 109 | 0 | 1 | 0 | 347 | 0 | 0 | 347 | DOĞRU |
| 36A | 2 | 0,382 | T0142A | HUZUR | 78 | 99 | 71 | 109 | 2 | 0 | 347 | 0,382 | 0 | 347 | DOĞRU |
| 36A | 3 | 0,642 | T0141A | MUHTARLIK | 48 | 177 | 42 | 180 | 3 | 0 | 347 | 0,642 | 0 | 347 | DOĞRU |
| 36A | 4 | 0,987 | T0151A | IBRAHIM YILDIZ | 22 | 225 | 13 | 222 | 4 | 0 | 347 | 0,987 | 0 | 347 | DOĞRU |
| 36A | 5 | 1,147 | T0151C | IBRAHIM YILDIZ | 36 | 247 | 39 | 235 | 5 | 0 | 347 | 1,147 | 0 | 347 | DOĞRU |
| 36A | 6 | 1,503 | T0139A | SULTAN ÇIFTLIGI | 70 | 283 | 75 | 274 | 6 | 0 | 346 | 1,503 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36A | 7 | 1,931 | T0138A | IBRAHIM TURAN IÖO | 34 | 353 | 20 | 349 | 7 | 0 | 346 | 1,931 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36A | 8 | 2,242 | T0261A | DÖRTYOL | 35 | 387 | 38 | 369 | 8 | 0 | 346 | 2,242 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36A | 9 | 2,445 | T0137B | DEVLET HASTANESI | 54 | 422 | 52 | 407 | 9 | 0 | 346 | 2,445 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36A | 10 | 2,95 | T0136B | ISTEK VAKFI | 55 | 476 | 42 | 459 | 10 | 0 | 346 | 2,95 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36A | 11 | 3,271 | T0135B | BASTABYA | 81 | 531 | 77 | 501 | 11 | 0 | 293 | 3,271 | 0 | 293 | DOĞRU |
| 36A | 12 | 3,915 | T0134B | CUMHURIYET MAH. | 52 | 612 | 44 | 578 | 13 | 1 | 293 | 4,281 | 0,366 | 293 | DOĞRU |
| 36A | 13 | 4,281 | T0133B | MESKENLER | 132 | 664 | 139 | 622 | 13 | 0 | 293 | 4,281 | 0 | 293 | DOĞRU |
| 36A | 14 | 5,086 | T0289A | METRIS CEZA EVI | 110 | 796 | 105 | 761 | 14 | 0 | 196 | 5,086 | 0 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 15 | 5,437 | T0131B | 500 EVLER | 45 | 906 | 30 | 866 | 16 | 1 | 196 | 5,757 | 0,32 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 16 | 5,757 | T0130A | YENI EVLER | 51 | 951 | 46 | 896 | 17 | 1 | 196 | 6,088 | 0,331 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 17 | 6,088 | T0129A | B.HAYRETTINPASA MH. | 52 | 1002 | 45 | 942 | 18 | 1 | 196 | 6,499 | 0,411 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 18 | 6,499 | T0128B | YILDIRIM MAHALLESI | 102 | 1054 | 106 | 987 | 19 | 1 | 196 | 6,856 | 0,357 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 19 | 6,856 | T0127B | ALI FUAT BASGIL | 82 | 1156 | 84 | 1093 | 20 | 1 | 196 | 7,226 | 0,37 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 20 | 7,226 | T0126B | BARBOROS SOKAK | 114 | 1238 | 126 | 1177 | 20 | 0 | 196 | 7,226 | 0 | 196 | DOĞRU |
| 36A | 21 | 7,79 | T0125B | ÇUKURÇESME | 119 | 1352 | 129 | 1303 | 21 | 0 | 196 | 7,79 | 0 | 196 | DOĞRU |

**Çizelge C.8 (devam) :** 36A numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36A | 22 | 8,258 | T0124B | SAGMALCILAR LISESI | 104 | 1471 | 98 | 1432 | 22 | 0 | 191 | 8,258 | 0 | 191 | DOĞRU |
| 36A | 23 | 8,762 | T0123A | BEREÇ | 138 | 1575 | 156 | 1530 | 23 | 0 | 194 | 8,762 | 0 | 194 | DOĞRU |
| 36A | 24 | 9,517 | T0122B | SAGLIK MERKEZI | 94 | 1713 | 46 | 1686 | 25 | 1 | 192 | 10,015 | 0,498 | 192 | DOĞRU |
| 36A | 25 | 10,015 | T0121B | KISLAYOLU CAD. | 99 | 1807 | 44 | 1732 | 27 | 2 | 192 | 10,564 | 0,549 | 301 | YANLIŞ |
| 36A | 26 | 10,34 | T0120B | KERVANÇESME | 73 | 1906 | 56 | 1776 | 28 | 2 | 301 | 11,096 | 0,756 | 301 | DOĞRU |
| 36A | 27 | 10,564 | T0119B | TOPÇULAR | 132 | 1979 | 114 | 1832 | 28 | 1 | 301 | 11,096 | 0,532 | 301 | DOĞRU |
| 36A | 28 | 11,096 | T0118B | DEMIRKAPI | 192 | 2111 | 163 | 1946 | 29 | 1 | 301 | 12,006 | 0,91 | 301 | DOĞRU |
| 36A | 29 | 12,006 | T0117B | SEHITLIK | 124 | 2303 | 55 | 2109 | 31 | 2 | 301 | 12,859 | 0,853 | 324 | YANLIŞ |
| 36A | 30 | 12,379 | T0068B | EDIRNEKAPI | 175 | 2427 | 137 | 2164 | 32 | 2 | 310 | 13,149 | 0,77 | 315 | YANLIŞ |
| 36A | 31 | 12,859 | T0067A | ACIÇESME | 127 | 2602 | 90 | 2301 | 34 | 3 | 324 | 13,781 | 0,922 | 311 | YANLIŞ |
| 36A | 32 | 13,149 | T0066A | KARAGÜMRÜK | 112 | 2729 | 91 | 2391 | 36 | 4 | 315 | 14,673 | 1,524 | 322 | YANLIŞ |
| 36A | 33 | 13,466 | T0065A | ATIKALI | 106 | 2841 | 48 | 2482 | 37 | 4 | 315 | 15,123 | 1,657 | 275 | YANLIŞ |
| 36A | 34 | 13,781 | T0064A | YAVUZSELIM | 181 | 2947 | 151 | 2530 | 38 | 4 | 311 | 15,43 | 1,649 | 280 | YANLIŞ |
| 36A | 35 | 14,316 | T0063A | FATIH | 125 | 3128 | 46 | 2681 | 38 | 3 | 323 | 15,43 | 1,114 | 280 | YANLIŞ |
| 36A | 36 | 14,673 | T0062A | ITFAIYE | 102 | 3253 | 118 | 2727 | 38 | 2 | 322 | 15,43 | 0,757 | 280 | YANLIŞ |
| 36A | 37 | 15,123 | T0560A | SEHZADEBASI | 139 | 3355 | 102 | 2845 | 38 | 1 | 275 | 15,43 | 0,307 | 280 | YANLIŞ |
| 36A | 38 | 15,43 | T0061A | VEZNECILER | 0 | 3494 | 0 | 2947 | 38 | 0 | 280 | 15,43 | 0 | 280 | DOĞRU |

**Çizelge C.9 :** 36ES numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | Hata_KM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36ES | 1 | 0 | T0234A | ESENTEPE | 47 | 0 | 61 | 0 | 1 | 0 | 346 | 0 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 2 | 0,317 | T0235B | DUMLUPINAR I.O. | 112 | 47 | 123 | 61 | 2 | 0 | 346 | 0,317 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 3 | 0,643 | T0187C | 50.YIL MAHALLESI | 56 | 159 | 73 | 184 | 3 | 0 | 346 | 0,643 | 0 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 4 | 1,06 | T0236B | AHMET YESEVI | 43 | 215 | 42 | 257 | 3 | 1 | 346 | 0,643 | 0,417 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 5 | 1,386 | T0237B | SANKO | 78 | 258 | 92 | 299 | 4 | 1 | 346 | 1,06 | 0,326 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 6 | 1,791 | T0238B | ÜÇ YOL | 122 | 336 | 131 | 391 | 5 | 1 | 346 | 1,386 | 0,405 | 346 | DOĞRU |
| 36ES | 7 | 2,399 | T0240B | FABRIKALAR | 117 | 458 | 50 | 522 | 7 | 0 | 344 | 2,399 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36ES | 8 | 2,604 | T0239B | CEBECI CAD. | 118 | 575 | 124 | 572 | 8 | 0 | 341 | 2,604 | 0 | 341 | DOĞRU |
| 36ES | 9 | 3,046 | T0241B | IMAM HATIP LISESI | 108 | 693 | 100 | 696 | 9 | 0 | 344 | 3,046 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36ES | 10 | 3,509 | T0242B | KAVAKLAR | 63 | 801 | 52 | 796 | 10 | 0 | 344 | 3,509 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36ES | 11 | 3,857 | T0213A | YENI MAHALLE | 91 | 864 | 102 | 848 | 11 | 0 | 344 | 3,857 | 0 | 344 | DOĞRU |
| 36ES | 12 | 4,106 | T0838A | BESYOL | 61 | 955 | 59 | 950 | 12 | 0 | 338 | 4,106 | 0 | 338 | DOĞRU |
| 36ES | 13 | 4,304 | T0263B | DUMLUPINAR I.O. | 44 | 1016 | 55 | 1009 | 13 | 0 | 338 | 4,304 | 0 | 338 | DOĞRU |
| 36ES | 14 | 4,531 | T0263D | KÜÇÜKKÖY | 94 | 1060 | 105 | 1064 | 14 | 0 | 338 | 4,531 | 0 | 338 | DOĞRU |
| 36ES | 15 | 4,933 | T0614A | GEBZELI CADDESI | 110 | 1154 | 138 | 1169 | 15 | 0 | 340 | 4,933 | 0 | 340 | DOĞRU |
| 36ES | 16 | 5,385 | T0116B | ISTANBUL CADDESI | 24 | 1264 | 6 | 1307 | 16 | 0 | 340 | 5,385 | 0 | 340 | DOĞRU |
| 36ES | 17 | 5,424 | T0516A | G.O.PASA CADDESI | 32 | 1288 | 13 | 1313 | 16 | 1 | 340 | 5,385 | 0,039 | 340 | DOĞRU |
| 36ES | 18 | 5,615 | T0216A | OKUL | 48 | 1320 | 65 | 1326 | 18 | 0 | 340 | 5,615 | 0 | 340 | DOĞRU |
| 36ES | 19 | 5,977 | T0218A | KEÇESUYU | 96 | 1368 | 116 | 1391 | 19 | 0 | 337 | 5,977 | 0 | 337 | DOĞRU |
| 36ES | 20 | 6,447 | T0840A | BAGLAR CAD. | 55 | 1464 | 76 | 1507 | 20 | 0 | 337 | 6,447 | 0 | 337 | DOĞRU |
| 36ES | 21 | 6,724 | T0841A | GOP HASTANESI | 73 | 1519 | 91 | 1583 | 20 | 1 | 337 | 6,447 | 0,277 | 337 | DOĞRU |

**Çizelge C.9 (devam) :** 36ES numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36ES | 22 | 7,351 | T0518A | SALIHPASA CAD. | 66 | 1592 | 80 | 1674 | 21 | 1 | 337 | 6,724 | 0,627 | 337 | DOĞRU |
| 36ES | 23 | 8,088 | T0122C | SAGLIK MERKEZI | 84 | 1658 | 77 | 1754 | 22 | 1 | 192 | 7,351 | 0,737 | 337 | YANLIŞ |
| 36ES | 24 | 8,545 | T0473A | TUNA LISESI | 42 | 1742 | 74 | 1831 | 23 | 1 | 192 | 8,088 | 0,457 | 192 | DOĞRU |
| 36ES | 25 | 8,803 | T0511A | YESILCAMI | 56 | 1784 | 60 | 1905 | 23 | 2 | 194 | 8,088 | 0,715 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 26 | 9,28 | T0512A | KIZILAY | 25 | 1840 | 35 | 1965 | 24 | 2 | 192 | 8,545 | 0,735 | 192 | DOĞRU |
| 36ES | 27 | 9,517 | T0177A | BAYRAMPASA | 64 | 1865 | 105 | 2000 | 24 | 3 | 192 | 8,545 | 0,972 | 192 | DOĞRU |
| 36ES | 28 | 10,107 | T0513A | ÇEVIKKUVVET | 24 | 1929 | 44 | 2105 | 25 | 3 | 190 | 8,803 | 1,304 | 194 | YANLIŞ |
| 36ES | 29 | 10,429 | T0183B | MALTEPE | 27 | 1953 | 59 | 2149 | 26 | 3 | 449 | 9,28 | 1,149 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 30 | 10,963 | T0610A | MATBAACILAR SIT. | 22 | 1980 | 32 | 2208 | 26 | 4 | 449 | 9,28 | 1,683 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 31 | 11,546 | T0048J | TOPKAPI | 24 | 2002 | 50 | 2240 | 27 | 4 | 449 | 9,517 | 2,029 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 32 | 11,947 | T0048F | TOPKAPI | 18 | 2026 | 38 | 2290 | 27 | 5 | 326 | 9,517 | 2,43 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 33 | 12,444 | T0050A | PAZARTEKKE | 19 | 2044 | 42 | 2328 | 27 | 6 | 312 | 9,517 | 2,927 | 192 | YANLIŞ |
| 36ES | 34 | 12,72 | T0051A | SEHREMINI | 21 | 2063 | 40 | 2370 | 28 | 6 | 312 | 10,107 | 2,613 | 190 | YANLIŞ |
| 36ES | 35 | 13,204 | T0052A | ÇAPA | 15 | 2084 | 22 | 2410 | 28 | 7 | 334 | 10,107 | 3,097 | 190 | YANLIŞ |
| 36ES | 36 | 13,641 | T0053A | FINDIKZADE | 18 | 2099 | 36 | 2432 | 28 | 8 | 319 | 10,107 | 3,534 | 190 | YANLIŞ |
| 36ES | 37 | 13,966 | T0038C | HASEKI | 16 | 2117 | 28 | 2468 | 28 | 9 | 319 | 10,107 | 3,859 | 190 | YANLIŞ |
| 36ES | 38 | 14,227 | T0054A | YUSUFPASA | 23 | 2133 | 55 | 2496 | 29 | 9 | 319 | 10,429 | 3,798 | 449 | YANLIŞ |
| 36ES | 39 | 14,892 | T0084A | ORDU CADDESI | 20 | 2156 | 36 | 2551 | 29 | 10 | 281 | 10,429 | 4,463 | 449 | YANLIŞ |
| 36ES | 40 | 15,198 | T0055B | LALELI | 18 | 2176 | 76 | 2587 | 29 | 11 | 281 | 10,429 | 4,769 | 449 | YANLIŞ |
| 36ES | 41 | 15,603 | T0056B | BAYAZID | 16 | 2194 | 41 | 2663 | 30 | 11 | 281 | 10,963 | 4,64 | 449 | YANLIŞ |
| 36ES | 42 | 16,057 | T0056C | BAYAZID | 0 | 2210 | 0 | 2704 | 30 | 12 | 279 | 10,963 | 5,094 | 449 | YANLIŞ |

**Çizelge C.10 :** 43R numaralı hatta ait durakların bölge bilgilerinin araştırılması.

| HAT | Durak Sıra | Durak Mesafe | Durak Kod | DURAK ADI | SÜRE (MODEL) | KÜMÜLATİF SÜRE (MODEL) | SÜRE (GPS) | KÜMÜLATİF SÜRE (GPS) | GPS'e Göre Aracın Durağı | Hata Durak Sıra | ZONE_ID (IETT) | Mesafe (GPS) | HataKM | ZONE_ID (GPS) | Hata Zon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43R | 1 | 0 | L0159A | RUMELIHISARÜSTÜ | 52 | 0 | 64 | 0 | 1 | 0 | 389 | 0 | 0 | 389 | DOĞRU |
| 43R | 2 | 0,425 | L0158B | BOGAZIÇI ÜNIVERSITE | 128 | 52 | 138 | 64 | 2 | 0 | 389 | 0,425 | 0 | 389 | DOĞRU |
| 43R | 3 | 0,794 | L0329C | NISPETIYE | 62 | 180 | 72 | 202 | 3 | 0 | 389 | 0,794 | 0 | 389 | DOĞRU |
| 43R | 4 | 1,037 | L0157D | CENGIZ TOPEL | 72 | 242 | 68 | 274 | 4 | 0 | 212 | 1,037 | 0 | 212 | DOĞRU |
| 43R | 5 | 1,364 | L0155D | BASIN SITESI | 61 | 314 | 57 | 342 | 5 | 0 | 212 | 1,364 | 0 | 212 | DOĞRU |
| 43R | 6 | 1,736 | L0154B | ETILER | 86 | 375 | 91 | 399 | 6 | 0 | 212 | 1,736 | 0 | 212 | DOĞRU |
| 43R | 7 | 2,08 | L0153C | ÇARSI | 82 | 461 | 97 | 490 | 7 | 0 | 212 | 2,08 | 0 | 212 | DOĞRU |
| 43R | 8 | 2,483 | L0152B | AKMERKEZ | 24 | 543 | 17 | 587 | 8 | 0 | 215 | 2,483 | 0 | 215 | DOĞRU |
| 43R | 9 | 2,635 | L0151B | POLIS OKULU | 105 | 567 | 100 | 604 | 8 | 1 | 215 | 2,483 | 0,152 | 215 | DOĞRU |
| 43R | 10 | 3,418 | L0139H | LEVEND | 63 | 672 | 52 | 704 | 10 | 0 | 211 | 3,418 | 0 | 211 | DOĞRU |
| 43R | 11 | 4,044 | L0140A | ZINCIRLIKUYU | 102 | 735 | 115 | 756 | 11 | 0 | 439 | 4,044 | 0 | 439 | DOĞRU |
| 43R | 12 | 4,558 | L0141A | KÖPRÜLÜ KAVSAK | 186 | 837 | 200 | 871 | 12 | 0 | 439 | 4,558 | 0 | 439 | DOĞRU |
| 43R | 13 | 5,04 | L0142A | KISLAÖNÜ | 43 | 1023 | 21 | 1071 | 13 | 0 | 204 | 5,04 | 0 | 204 | DOĞRU |
| 43R | 14 | 5,257 | L0143A | DARPHANE | 76 | 1066 | 72 | 1092 | 13 | 1 | 204 | 5,04 | 0,217 | 204 | DOĞRU |
| 43R | 15 | 5,575 | L0144A | ERTUGRUL SITESI | 65 | 1142 | 79 | 1164 | 15 | 0 | 205 | 5,575 | 0 | 205 | DOĞRU |
| 43R | 16 | 6,149 | L0145A | YILDIZ TEK.ÜNV. | 48 | 1207 | 42 | 1243 | 16 | 0 | 214 | 6,149 | 0 | 214 | DOĞRU |
| 43R | 17 | 6,498 | L0146A | BARBAROS | 181 | 1255 | 264 | 1285 | 16 | 1 | 214 | 6,149 | 0,349 | 214 | DOĞRU |
| 43R | 18 | 7,365 | L0002B | AKARETLER | 94 | 1436 | 192 | 1549 | 18 | 0 | 197 | 7,365 | 0 | 197 | DOĞRU |
| 43R | 19 | 8,498 | S0019B | KABATAS | 0 | 1530 | | 1741 | 18 | 1 | 225 | 7,365 | 1,133 | 197 | YANLIŞ |

**ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad:** Yavuz DELİCE

**Doğum Yeri ve Tarihi:** İstanbul, 18.08.1980

**Lise:** Sarıyer İmam – Hatip Lisesi

**Lisans:** Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Yüksek Lisans:** İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Mühendisliği Bölümü

**Yayın Listesi:**

- Ergün, M., Güler, H., **Delice, Y.**, Çalışkan, N. 2004."GIS-Based Transportation Infrastructure Management Systems of Istanbul: Case of Sarıyer Municipality", *24th Urban Data Management Symposium*, Venice, Italy, October 27-29, 2004.
- **Delice, Y.**, Ergün M., Bakırcı, A. E. 2006. "GIS-Based Transportation Infrastructure Management Systems: Case Of Sarıyer Municipality", *3rd Traffic and Road Safety International Congress*, May 16-19, 2006, Ankara, TURKEY.
- Akalın, B., M., **Delice, Y.** 2009. "Akıllı Kart (Akbil) Verileri Kullanılarak Raylı Sistemler İçin Başlangıç-Son Yolculuk Matrisinin Tahmin Edilmesi", *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası8. Ulaştırma Kongresi*, Ekim 2009, İstanbul, TÜRKİYE.
- Eyigün, Y., **Delice, Y.** 2011. "Taksim – 4. Levent Hattı'nın, Şişhane – AOS Hattı'na Dönüşümü Esnasında Karşılaşılan Zorluklar ve Geliştirilen Çözümler", *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 9. Ulaştırma Kongresi*, Mayıs 2011, İstanbul, TÜRKİYE.
- Akalın, B., M., **Delice, Y.**, İncegül, M., 2011: "Beylikdüzü-Avcılar Metrobüs Hattı'nın Hizmete Girmesiyle Birlikte Uygulanacak Yeni İşletme Sistemi İçin Bir Öneri", *TRANSİST 2011 Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu Ve Sergisi*, 02-03 Aralık, İstanbul, TÜRKİYE.