

**LOGİT TÜREL DAĞILI M MODELİ  
KALİBRASYONU: İSTANBUL İÇİN BİR  
DEĞERLENDİRME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ş. Hancısı Hl m Berk ÇELİ KOĞLU  
501001551**

**Tezi n Enstitüye Verildiği Tari h : 20 Mayıs 2002  
Tezi n Savunul duğu Tari h : 29 Mayıs 2002**

**Tez Danış manı : Prof. Dr. Hl uk GERÇEK (İ. T. Ü)  
Di ğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ergun GEDİ ZLİ OĞLU (İ. T. Ü)  
Prof. Dr. Zerri n BAYRAKTAR ( Y. T. Ü)**

**MAYI S 2002**

## ÖNSÖZ

Her zaman yanımda olan annem, babam ve kardeşim başta olmak üzere, yüksek lisans tez çalışmamda bana yardımcı olan hocam Haluk Gerçek'e ve bilgisi ve kaynaklarını benimle paylaşan hocam K. Selçuk Ögüt'e teşekkür ederim.

Mayıs 2002

Hilmi Berk ÇELİKOĞLU

## İÇİNDEKİLER

|                     |      |
|---------------------|------|
| KISALTMALAR.....    | vii  |
| TABLO LİSTESİ.....  | viii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....  | xi   |
| SEMBOL LİSTESİ..... | xiv  |
| ÖZET.....           | xv   |
| SUMMARY.....        | xix  |

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                                            | <b>1</b>  |
| 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı .....                                                             | 1         |
| <b>2. TÜR SEÇİMİ: MODELLERİ ve KALİBRASYONLARI .....</b>                                         | <b>4</b>  |
| 2.1. Tür Seçimi .....                                                                            | 4         |
| 2.1.1. Deterministik Seçim .....                                                                 | 5         |
| 2.1.2. Stokastik Seçim .....                                                                     | 6         |
| 2.1.3. Tür Seçimini Tanımlayan Değişkenler .....                                                 | 8         |
| 2.1.3.1. Sosyo-ekonomik Talep Değişkenleri .....                                                 | 8         |
| 2.1.3.2. Hizmet Düzeyi veya Arz Değişkenleri .....                                               | 10        |
| 2.1.3.3. Sayısal Olmayan ve Tutumsal Değişkenler .....                                           | 11        |
| 2.2. Türel Dağılım Modelleri .....                                                               | 11        |
| 2.2.1. İkili Sapma Analizi .....                                                                 | 11        |
| 2.2.2. Tür Seçiminin Davranışsal Modelleri (Ayrık Seçim Modelleri) .....                         | 14        |
| 2.2.2.1. Çoklu Probit Model .....                                                                | 16        |
| 2.2.2.2. İkili Probit Model .....                                                                | 19        |
| 2.2.2.3. Çoklu Logit Model .....                                                                 | 20        |
| 2.2.2.4. Hiyerarşik Logit Model .....                                                            | 22        |
| 2.2.2.5. Karışık Çoklu Logit Model .....                                                         | 28        |
| 2-3. Seçim Modellerinin Kalibrasyonu .....                                                       | 28        |
| 2.3.1. Çoklu Topulaştırılmış Modeller .....                                                      | 29        |
| 2.3.2. İkili Topulaştırılmış Modeller .....                                                      | 32        |
| 2.3.3. Çoklu Topulaştırılmış Modeller .....                                                      | 33        |
| 2.3.4. İkili Topulaştırılmış Modeller .....                                                      | 33        |
| <b>3. İSTANBUL İÇİN YAPILAN ULAŞI METÜTLERİNDE KULLANILAN<br/>TÜREL DAĞILI MYÖNTEMLERİ .....</b> | <b>35</b> |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. IRTC Uaşı m Etüdü . . . . .                                        | 35 |
| 3.1.1. Çalış mada Kullanılan Model . . . . .                            | 35 |
| 3.1.2. Kullanılan Modelin Özellikleri ve Katsayıları . . . . .          | 37 |
| 3.1.3. Amaçlarına Göre Yolculuklar İçin Model Kalibrasyonu . . . . .    | 37 |
| 3.1.3.1. Ev Uçlu-İş Yolculukları İçin Türel Dağılım Modeli . . . . .    | 37 |
| 3.1.3.2. Diğer Yolculuklar İçin Türel Dağılı m Modeli . . . . .         | 38 |
| 3.1.4. Katsayıların Diğer Etütlerle Karşılaştırılması . . . . .         | 39 |
| 3.2. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Uaşı m Nazım Planı (1987) . . . . . | 40 |
| 3.2.1. Yolculuk Amaçlarına Göre Türel Dağılı m. . . . .                 | 40 |
| 3.2.1.1. Ev Uçlu-İş Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .             | 41 |
| 3.2.1.2. Ev Uçlu- Diğer Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .         | 42 |
| 3.2.1.3. Ev Uçlu-Okul Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .           | 42 |
| 3.2.1.4. Ev Uçlu O nayan Diğer Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .  | 42 |
| 3.2.2. Türel Dağılı m Modeli Kalibrasyon Sonuçları . . . . .            | 42 |
| 3.3. İstanbul Uaşı m Ana Planı (1997) . . . . .                         | 43 |
| 3.3.1. Yolculuk Amaçlarına Göre Türel Dağılı m. . . . .                 | 43 |
| 3.3.1.1. Ev Uçlu-İş Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .             | 43 |
| 3.3.1.2. Ev Uçlu- Diğer Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .         | 46 |
| 3.3.1.3. Ev Uçlu-Okul Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .           | 46 |
| 3.3.1.4. Ev Uçlu O nayan Diğer Yolculuklarının Türel Ayırımı . . . . .  | 46 |
| 3.3.2. Türel Dağılı m Modeli Kalibrasyon Sonuçları . . . . .            | 47 |

#### **4. İSTANBUL' DA TÜREL DAĞ I LI M İ Ç İ N LOG İ T MODEL**

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>KALİ BRASYONU . . . . .</b>                                                  | <b>49</b> |
| 4.1. Genel Bilgiler . . . . .                                                   | 49        |
| 4.1.1. Çalış mada Kullanılan Model . . . . .                                    | 50        |
| 4.1.2. Verilerin Toplu laştırılması . . . . .                                   | 51        |
| 4.2. Böl gel er Arası Yolculuk M ali yetleri . . . . .                          | 54        |
| 4.2.1. 1996 Yılı Özel Araç Yolculuk M ali yetleri . . . . .                     | 54        |
| 4.2.2. 1996 Yılı Toplu Taşı ma Yolculuk M ali yetleri . . . . .                 | 55        |
| 4.2.3. 1996 Yılı Servis Yolculukları M ali yetleri . . . . .                    | 55        |
| 4.3. Böl gel er Arası Yolculuk Süreleri . . . . .                               | 56        |
| 4.3.1. Özel Araç Yolculuk Süreleri . . . . .                                    | 56        |
| 4.3.2. Toplu Taşı ma Yolculukları Süreleri . . . . .                            | 57        |
| 4.3.3. Servis Araçları Yolculuk Süreleri . . . . .                              | 57        |
| 4.4. Kalibrasyon İçin Zaman Değ eri ve Genelleştiril miş M ali yetler . . . . . | 57        |
| 4.4.1. Zaman Değ eri ve Genelleştiril miş M ali yet . . . . .                   | 57        |
| 4.4.1.1. Özel Araç Kullanımı İçin Genelleştiril miş M ali yetler . . . . .      | 57        |
| 4.4.1.2. Toplu Taşı ma Kullanımı İçin Genelleştiril miş M ali yet . . . . .     | 58        |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.1.3 Servis Araçları İçin Genelleştirilmiş Maliyet                             | 59        |
| 4.4.2. Zaman Değeri                                                               | 59        |
| 4.5. Yolculuk Amaçlarına Göre Logit Türel Dağılım Modeli Kalibrasyonu             | 60        |
| 4.5.1. İş Yolculukları                                                            | 60        |
| 4.5.1.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon               | 62        |
| 4.5.1.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                   | 62        |
| 4.5.1.3. Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon             | 63        |
| 4.5.1.4. Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                 | 64        |
| 4.5.2. Ev Uçu- Diğer Yolculuklar                                                  | 64        |
| 4.5.2.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon               | 66        |
| 4.5.2.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                   | 66        |
| 4.5.2.3. Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon             | 67        |
| 4.5.2.4. Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                 | 68        |
| 4.5.3. Okul Yolculukları                                                          | 68        |
| 4.5.3.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon               | 69        |
| 4.5.3.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                   | 70        |
| 4.5.3.3. Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon             | 70        |
| 4.5.3.4. Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                 | 71        |
| 4.5.4. Diğer Yolculuklar                                                          | 72        |
| 4.5.4.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon               | 73        |
| 4.5.4.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                   | 74        |
| 4.5.4.3. Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon             | 74        |
| 4.5.4.4. Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon                 | 75        |
| <b>5. 2002 YILI NDAKİ TÜREL DAĞILI M N TAHMİNİ</b>                                | <b>76</b> |
| 5.1. Değerlendirmede Esas Alınan 2001 Yılı Değerleri                              | 76        |
| 5.1.1. Bölgeler Arası Yeni Yolculuk Maliyetleri                                   | 76        |
| 5.1.1.1. Özel Araç Yolculuk Maliyetleri                                           | 76        |
| 5.1.1.2. Toplu Taşıma Yolculukları Maliyetleri                                    | 77        |
| 5.1.1.3. Servis Aracı Kullanım Maliyetleri                                        | 83        |
| 5.1.2. Bölgeler Arası Yolculuk Süreleri                                           | 84        |
| 5.1.3. Bölgeler Arası Genelleştirilmiş Maliyetler ve Zaman Değerinin Hesaplanması | 85        |
| 5.1.3.1. Genelleştirilmiş Maliyet                                                 | 85        |
| 5.1.3.2. Zaman Değeri                                                             | 86        |
| 5.2. 2001 Yılı Değerleri İle Dağıtılan Yolculuklar                                | 86        |
| 5.2.1. İş Yolculukları                                                            | 87        |
| 5.2.1.1. 20 Sektörde                                                              | 87        |
| 5.2.1.2. Yedi Sektörde                                                            | 88        |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.2. Ev Uçlu Diğer Yolculuklar . . . . .                                                                      | 90         |
| 5.2.2.1. 20 Sektörde . . . . .                                                                                  | 90         |
| 5.2.2.2. Yedi Sektörde . . . . .                                                                                | 91         |
| 5.2.3. Okul Yolculukları . . . . .                                                                              | 92         |
| 5.2.3.1. 20 Sektörde . . . . .                                                                                  | 92         |
| 5.2.3.2. Yedi Sektörde . . . . .                                                                                | 94         |
| 5.2.4. Diğer Yolculuklar . . . . .                                                                              | 95         |
| 5.2.4.1. 20 Sektörde . . . . .                                                                                  | 95         |
| 5.2.4.2. Yedi Sektörde . . . . .                                                                                | 97         |
| <b>6. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER. . . . .</b>                                                                    | <b>98</b>  |
| 6.1. Değerlendirme . . . . .                                                                                    | 98         |
| 6.1.1. Verilerin Toplaştırılması Açısından Değerlendirme . . . . .                                              | 98         |
| 6.1.2. Modelde Kullanılan Değişkenler Açısından Değerlendirme . . . . .                                         | 99         |
| 6.1.2.1. Tek Değişkenli Modellerin Değerlendirilmesi . . . . .                                                  | 100        |
| 6.1.2.2. Tek Değişkenli Model Katsayılarının, Daha Önce Yapılan Çalışmalardakilerle Karşılaştırılması . . . . . | 100        |
| 6.1.2.3. İki Değişkenli Modellerin Değerlendirilmesi . . . . .                                                  | 101        |
| 6.2. Öneriler . . . . .                                                                                         | 101        |
| <b>KAYNAKLAR. . . . .</b>                                                                                       | <b>102</b> |
| <b>EKLER. . . . .</b>                                                                                           | <b>105</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ. . . . .</b>                                                                                        | <b>123</b> |

## KI SALT MALAR

|                |                                                                                           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DM</b>      | : Talep Modelleri (Demand Models)                                                         |
| <b>MVN</b>     | : Çok Değişkenli Normal Dağılım (Multivariate Normal)                                     |
| <b>MNL</b>     | : Çoklu Logit (Multinomial Logit)                                                         |
| <b>IIA</b>     | : İlişkisi Olmayan Alternatiflerin Bağımsızlığı (Independence of Irrelevant Alternatives) |
| <b>IID</b>     | : Bağımsız Tanımlanacak Şekilde Dağılan (Independent and Identically Distributed)         |
| <b>HL</b>      | : Hiyerarşik Logit (Hierarchical Logit)                                                   |
| <b>EMU</b>     | : Beklenen Maksimum Fayda (Expected Maximum Utility)                                      |
| <b>MMNL</b>    | : Karışık Çoklu Logit (Mixed Multinomial Logit)                                           |
| <b>IRTC</b>    | : İstanbul Rail Tunnel Consultants                                                        |
| <b>CA</b>      | : Özel Araç Kullanma Olanağı Olan (Car Available)                                         |
| <b>NCA</b>     | : Özel Araç Kullanma Olanağı Olmayan (Non-car Available)                                  |
| <b>İUAP</b>    | : İstanbul Ulaşım Ana Planı                                                               |
| <b>GSYİH</b>   | : Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla                                                               |
| <b>İETT</b>    | : İstanbul Elektrik Tramvay Trolleybüs                                                    |
| <b>TDİ</b>     | : Türkiye Denizcilik İşletmeleri                                                          |
| <b>İDO</b>     | : İstanbul Deniz Otobüsleri                                                               |
| <b>İBB UNP</b> | : İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nazım Planı                                       |
| <b>OBÜ</b>     | : Ortalama Bilet Ücreti                                                                   |
| <b>SKT</b>     | : Sektör                                                                                  |
| <b>HBW</b>     | : Home Based Work                                                                         |
| <b>HBO</b>     | : Home Based Other                                                                        |
| <b>HBS</b>     | : Home Based School                                                                       |
| <b>NHB</b>     | : Non Home Based                                                                          |
| <b>GDP</b>     | : Gross Domestic Product                                                                  |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                                                                                                                           | <u>Sayfa No</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 3.1</b> : IRTC B ü d ü , İ ş Y o l c u l u k l a r ı T ü r e l D a ğ ı l ı m M o d e l i K a l i b r a s y o n K a t s a y ı l a r ı v e t İ s t a t i s t i ğ i D e ğ e r l e r i . . . . .                                     | 38              |
| <b>Tablo 3.2</b> : IRTC B ü d ü , B r l e Ŗ t i r i l m i Ŗ D ğ e r Y o l c u l u k l a r ı n T ü r e l D a ğ ı l ı m M o d e l i K a l i b r a s y o n K a t s a y ı l a r ı v e t İ s t a t i s t i ğ i D e ğ e r l e r i . . . .       | 39              |
| <b>Tablo 3.3</b> : IRTC B ü d ü , T ü r e l D a ğ ı l ı m M o d e l l e r i D e ğ i Ŗ Ŗ k e n l e r i K a t s a y ı l a r ı                                                                                                               | 39              |
| <b>Tablo 3.4</b> : T ü r e l D a ğ ı l ı m n a r ı n ı n T a h m i n i n d e L o g i t M o d e l K u l l a n ı l a n Y o l c u l u k l a r ı n K a l i b r a s y o n K a t s a y ı l a r ı . . . . .                                      | 43              |
| <b>Tablo 3.5</b> : T ü r e l D a ğ ı l ı m M o d e l S o n u ç l a r ı İ l e G ö z l e m D e ğ e r l e r i n i n K a r Ŗ ı l a Ŗ t ı r ı m ı . . . . .                                                                                    | 43              |
| <b>Tablo 3.6</b> : İ . U A P L o g i t M o d e l K a l i b r a s y o n K a t s a y ı l a r ı . . . . .                                                                                                                                    | 47              |
| <b>Tablo 3.7</b> : İ . U A P M o d e l K a l i b r a s y o n S o n u ç l a r ı . . . . .                                                                                                                                                  | 48              |
| <b>Tablo 4.1</b> : 1996 Y ı l ı V e r i l e r i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e T o p l u l a Ŗ t ı r ı l ı m ı Ŗ G ü n l ü k İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı . . . . .                                                                        | 61              |
| <b>Tablo 4.2</b> : 1996 Y ı l ı V e r i l e r i n e G ö r e Y e d i S e k t ö r d e T o p l u l a Ŗ t ı r ı l ı m ı Ŗ G ü n l ü k İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı . . . . .                                                                   | 61              |
| <b>Tablo 4.3</b> : Y o l c u l u k M a l i y e t i v e S ü r e s i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e k i İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .                     | 62              |
| <b>Tablo 4.4</b> : G e n e l l e Ŗ t i r i l m i Ŗ Y o l c u l u k M a l i y e t i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e k i İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .     | 63              |
| <b>Tablo 4.5</b> : Y o l c u l u k M a l i y e t i v e S ü r e s i n e G ö r e 7 S e k t ö r d e k i İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .                      | 63              |
| <b>Tablo 4.6</b> : G e n e l l e Ŗ t i r i l m i Ŗ Y o l c u l u k M a l i y e t i n e G ö r e 7 S e k t ö r d e k i İ Ŗ Y o l c u l u k l a r ı K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .      | 64              |
| <b>Tablo 4.7</b> : 1996 Y ı l ı V e r i l e r i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e T o p l u l a Ŗ t ı r ı l ı m ı Ŗ G ü n l ü k E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r . . . . .                                                          | 65              |
| <b>Tablo 4.8</b> : 1996 Y ı l ı V e r i l e r i n e G ö r e 7 S e k t ö r d e T o p l u l a Ŗ t ı r ı l ı m ı Ŗ G ü n l ü k E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r . . . . .                                                           | 65              |
| <b>Tablo 4.9</b> : Y o l c u l u k M a l i y e t i v e S ü r e s i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e k i E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . .           | 66              |
| <b>Tablo 4.10</b> : G e n e l l e Ŗ t i r i l m i Ŗ Y o l c u l u k M a l i y e t i n e 20 S e k t ö r d e k i E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . .  | 67              |
| <b>Tablo 4.11</b> : Y o l c u l u k M a l i y e t i v e S ü r e s i n e G ö r e 7 S e k t ö r d e k i E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . .           | 67              |
| <b>Tablo 4.12</b> : G e n e l l e Ŗ t i r i l m i Ŗ Y o l c u l u k M a l i y e t i n e G ö r e 7 S e k t ö r d e k i E v U ç l u D ğ e r Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i | 68              |
| <b>Tablo 4.13</b> : Y o l c u l u k M a l i y e t i v e S ü r e s i n e G ö r e 20 S e k t ö r d e k i O k u l Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .                  | 70              |
| <b>Tablo 4.14</b> : G e n e l l e Ŗ t i r i l m i Ŗ Y o l c u l u k M a l i y e t i n e 20 S e k t ö r d e k i O k u l Y o l c u l u k l a r K a l i b r a s y o n u n u n İ s t a t i s t i k s e l D e ğ e r l e r i . . . . .          | 70              |

|                   |                                                                                                                                                 |     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 4 15</b> | : Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 7 Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . . . . .                           | 71  |
| <b>Tablo 4 16</b> | : Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Yedi Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . . . . .                      | 72  |
| <b>Tablo 4 17</b> | : Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 20 Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . . . . .                        | 73  |
| <b>Tablo 4 18</b> | : Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre 20 Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . . . . .                 | 74  |
| <b>Tablo 4 19</b> | : Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Yedi Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . . . . .                      | 74  |
| <b>Tablo 4 20</b> | : Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre Yedi Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri . .                     | 75  |
| <b>Tablo 5 1</b>  | : İndirimi Akbil'ler Göz Önüne Alındığında, Yolculuk Sayısı ve Akbil Ücretleri . . . . .                                                        | 79  |
| <b>Tablo 5 2</b>  | : 2001 Yılı Aylık Metro Hattı Yolculukları (kişi) . . . . .                                                                                     | 81  |
| <b>Tablo 5 3</b>  | : 2001 Yılı Aylık Hafif Raylı Sistem Hattı Yolculukları (kişi) . .                                                                              | 82  |
| <b>Tablo 5 4</b>  | : 2001 Yılı Aylık Tramvay Hattı Yolculukları (kişi) . . . . .                                                                                   | 83  |
| <b>Tablo 5 5</b>  | : 2002 Yılı Servis Ücretleri . . . . .                                                                                                          | 84  |
| <b>Tablo 5 6</b>  | : İstanbul İçin 22, 03, 2002 Tarihinden İtibaren Geçerli Akaryakıt Fiyatları (TL) ve Motorlu Taşıtları Akaryakıt Kullanım Oranları              | 85  |
| <b>Tablo 6 1</b>  | : İstanbul İçin Yapılan Hütlerde ve Çalışmada Hedeflenen Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Katsayıları . . . . .                                 | 100 |
| <b>Tablo D 1</b>  | : 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Özel Araç Bölgeler Arası Ortalama Yolculuk Maliyetleri (TL)                       | 105 |
| <b>Tablo D 2</b>  | : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .      | 108 |
| <b>Tablo D 3</b>  | : 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Toplu Taşıma Bölgeler Arası Ortalama Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .  | 106 |
| <b>Tablo D 4</b>  | : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Toplu Taşıma Ortalama Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .   | 108 |
| <b>Tablo D 5</b>  | : 1997 Yılı Mesafeye Göre Servis Ücretleri                                                                                                      | 122 |
| <b>Tablo D 6</b>  | : 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Servis Aracı Bölgeler Arası Ortalama Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .  | 107 |
| <b>Tablo D 7</b>  | : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Servis Aracı Ortalama Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .   | 108 |
| <b>Tablo D 8</b>  | : 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Yolculuk Süreleri Matrisi (dakika) . . . . .    | 109 |
| <b>Tablo D 9</b>  | : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Yolculuk Süreleri Matrisi (dakika) . . . . .     | 112 |
| <b>Tablo D 10</b> | : 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Bölgeler Arası Toplu Taşıma Ortalama Yolculuk Süreleri Matrisi (dakika) . . . . . | 110 |

|                      |                                                                                                                                                                 |     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo D 11 :</b>  | 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Böl geler Arası Özel Araç Otalama Yolculuk Süreleri Matrisi (daki ka) . . . . .                      | 112 |
| <b>Tablo D 12 :</b>  | 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Böl geler Arası Servis Aracı Otalama Yolculuk Süreleri Matrisi (daki ka) . . . . .                  | 111 |
| <b>Tablo D 13 :</b>  | 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Böl geler Arası Servis Aracı Otalama Yolculuk Süreleri Matrisi (daki ka) . . . . .                   | 112 |
| <b>Tablo D 14 :</b>  | 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Özel Araç Böl geler Arası Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL). . . . .      | 113 |
| <b>Tablo D 15 :</b>  | 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden1996 Yılı Böl geler Arası Özel Araç Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .       | 116 |
| <b>Tablo D 16 :</b>  | 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Toplu Taşı na Böl geler Arası Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . . | 114 |
| <b>Tablo D 17 :</b>  | 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden1996 Yılı Böl geler Arası Toplu Taşı na Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL) . . . . .   | 116 |
| <b>Tablo D 18 :</b>  | 20 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden 1996 Yılı Servis Aracı Böl geler Arası Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL). . . . .   | 115 |
| <b>Tablo D 19 :</b>  | 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşkil Eden1996 Yılı Böl geler Arası Servis Aracı Otalama Genelleştiril miş Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL). . . . .     | 116 |
| <b>Tablo E 1-a :</b> | 2001 Yılı Bl et Çeşitine Göre İETT Yolculukları . . . . .                                                                                                       | 117 |
| <b>Tablo E 1-b :</b> | 2001 Yılı Bl et Çeşitine Göre İETT Yolculukları . . . . .                                                                                                       | 118 |
| <b>Tablo E 1-c :</b> | 2001 Yılı Bl et Çeşitine Göre İETT Yolculukları . . . . .                                                                                                       | 119 |
| <b>Tablo E 2-a :</b> | Farklılaşan Mesafelere Göre Mini büs Ücretleri (TL/ 1.000). . .                                                                                                 | 120 |
| <b>Tablo E 2-b :</b> | Farklılaşan Mesafelere Göre Mini büs Ücretleri (TL/ 1.000). . .                                                                                                 | 121 |
| <b>Tablo E 3 :</b>   | İstanbul'da %8'lik Hanelere Göre Gelir Dağılı m . . . . .                                                                                                       | 122 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                      | <b>Sayfa No</b>                                                                                                                                        |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Şekil 1.1</b> :   | Çalışma Alanı (İstanbul Metropolitan Alanı) . . . . . 2                                                                                                |
| <b>Şekil 2.1</b> :   | Toplu Taşıma Kullanım Oranı – Erişilebilirlik İlişkisi . . . . . 13                                                                                    |
| <b>Şekil 2.2</b> :   | Gelire Bağlı Araçlı Yolculuk İlişkisi . . . . . 15                                                                                                     |
| <b>Şekil 2.3</b> :   | Bağımlı ve Bağımsız Değişkene Göre Probit ve Logit Model<br>Sonuçları . . . . . 21                                                                     |
| <b>Şekil 2.4</b> :   | İki Gruplu Hiyerarşik Logit Model . . . . . 25                                                                                                         |
| <b>Şekil 2.5</b> :   | Çok Gruplu Hiyerarşik Logit Model . . . . . 27                                                                                                         |
| <b>Şekil 3.1</b> :   | İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nizamı, İş ve Ev<br>Uçlu Diğer Yolculuklar İçin Türel Dağılım Model<br>Kali brasyonu Akış Çizelgesi . . . . . 40 |
| <b>Şekil 3.2</b> :   | İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nizamı, Diğer<br>Yolculuklar İçin Türel Dağılım Model Kali brasyonu Akış<br>Çizelgesi . . . . . 41               |
| <b>Şekil 3.3</b> :   | İ. U. A. P. İş ve Ev Uçlu Diğer Yolculukların Türel Dağılım<br>Model Kali brasyonu Akış Çizelgesi . . . . . 45                                         |
| <b>Şekil 3.4</b> :   | İ. U. A. P. Okul Yolculuklarının Türel Dağılımı İçin İzlenen<br>Yöntem Akış Çizelgesi . . . . . 46                                                     |
| <b>Şekil 3.5</b> :   | İ. U. A. P. Ev Uçlu Otmayan Diğer Yolculukların Türel Dağılım<br>Model Kali brasyonu Akış Çizelgesi . . . . . 47                                       |
| <b>Şekil 4.1</b> :   | 20 Sektörde Toplu taşıtılmış Bölge ler . . . . . 52                                                                                                    |
| <b>Şekil 4.2</b> :   | Yedi Sektörde Toplu taşıtılmış Bölge ler . . . . . 53                                                                                                  |
| <b>Şekil 4.3</b> :   | 1997 Yılı Değerlerine Göre Servis Ücreti Msafeye İlişkisi . . . . . 56                                                                                 |
| <b>Şekil 4.4</b> :   | İş Yolculukları Model Kali brasyon Akış Çizelgesi . . . . . 60                                                                                         |
| <b>Şekil 4.5</b> :   | Okul Yolculukları Modeli Kali brasyon Akış Çizelgesi . . . . . 69                                                                                      |
| <b>Şekil 4.6</b> :   | Diğer Yolculukların Modeli Kali brasyon Akış Çizelgesi . . . . . 72                                                                                    |
| <b>Şekil 5.1</b> :   | İndirimli Akbil'ler Göz Önüne Alındığında, Yolculuk Sayısı<br>Akbil Ücreti İlişkisi . . . . . 79                                                       |
| <b>Şekil 5.2</b> :   | 2002 Yılı Değerleriyle Minibüs Ücreti- Msafeye İlişkisi . . . . . 80                                                                                   |
| <b>Şekil 5.3</b> :   | Kişi Başına, Servis Aracı Yolculuk Msafesi ve Ücreti<br>İlişkisi (TL) . . . . . 84                                                                     |
| <b>Şekil 5.4-a</b> : | Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20<br>Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının<br>İlişkileri . . . . . 88       |
| <b>Şekil 5.4-b</b> : | Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20<br>Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının<br>İlişkileri . . . . . 88         |
| <b>Şekil 5.5-a</b> : | Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20<br>Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının<br>İlişkileri . . . . . 88       |

|                     |                                                                                                                                                         |    |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 5.5-b</b>  | : Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .                 | 88 |
| <b>Şekil 5.6-a</b>  | : Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .             | 89 |
| <b>Şekil 5.6-b</b>  | : Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .               | 89 |
| <b>Şekil 5.7-a</b>  | : Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .             | 89 |
| <b>Şekil 5.7-b</b>  | : Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .               | 89 |
| <b>Şekil 5.8-a</b>  | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .      | 90 |
| <b>Şekil 5.8-b</b>  | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .        | 90 |
| <b>Şekil 5.9-a</b>  | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . . | 91 |
| <b>Şekil 5.9-b</b>  | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .      | 91 |
| <b>Şekil 5.10-a</b> | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .    | 91 |
| <b>Şekil 5.10-b</b> | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .      | 91 |
| <b>Şekil 5.11-a</b> | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .    | 92 |
| <b>Şekil 5.11-b</b> | : Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .      | 92 |
| <b>Şekil 5.12-a</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .        | 93 |
| <b>Şekil 5.12-b</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .          | 93 |
| <b>Şekil 5.13-a</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .        | 93 |

|                     |                                                                                                                                                     |    |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 5 13-b</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .      | 93 |
| <b>Şekil 5 14-a</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .  | 94 |
| <b>Şekil 5 14-b</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .    | 94 |
| <b>Şekil 5 15-a</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Teki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . . | 94 |
| <b>Şekil 5 15-b</b> | : Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Teki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .   | 94 |
| <b>Şekil 5 16-a</b> | : Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . .                          | 95 |
| <b>Şekil 5 16-b</b> | : Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .                        | 95 |
| <b>Şekil 5 17-a</b> | : Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . .                          | 96 |
| <b>Şekil 5 17-b</b> | : Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .                        | 96 |
| <b>Şekil 5 18-a</b> | : Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . .                        | 96 |
| <b>Şekil 5 18-b</b> | : Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .                      | 96 |
| <b>Şekil 5 19-a</b> | : Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem ve 1996 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . .                        | 97 |
| <b>Şekil 5 19-b</b> | : Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri . . . . .                      | 97 |

## SEMBOL LİSTESİ

|            |                                                                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $R_j^n$    | : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında ‘n’ ulaşım türünün kullanma oranı                                       |
| $G_j^n$    | : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında ‘n’ ulaşım türüyle yolculuk yapmanın ortalama maliyeti                  |
| $T_j^n$    | : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında ‘n’ ulaşım türüyle yolculuk yapmanın ortalama süresi                    |
| $GG_j^n$   | : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında ‘n’ ulaşım türüyle yolculuk yapmanın ortalama genelleştirilmiş maliyeti |
| $\lambda$  | : Kalibrasyon katsayısı                                                                                 |
| $\delta$   | : Toplu taşıma türüne özgü katsayı                                                                      |
| $\Delta C$ | : Ortalama yolculuk maliyetleri farkı                                                                   |
| $\Delta T$ | : Ortalama yolculuk süreleri farkı                                                                      |

## LOGİT TÜREL DAĞILI M MODELİ KALİBRASYONU: İSTANBUL İÇİN BİR DEĞERLENDİRME

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı; İstanbul Metropolitan Alanı'nda farklı yolculuk amaçları için uygun toplu taşıma seviyesinde ve uygun verilerle tahminin gücü yüksek geçerli logit türel dağılım modelleri kalibre etmektir. Ayrıca; elde edilen uygun modellerle, 2002 yılı değerlerine göre yolculukların taşıma türlerine dağılımı araştırılmıştır.

Giriş bölümünden sonraki ikinci bölümde; seçim olgusu, tür seçimi, türel dağılım modelleri ve bu modellerin kalibrasyonuna ilişkin genel bilgiler verilmiştir. Seçim yolculuk yapma düşüncesinde temel bir değişkendir. Yolculuk yapan; varış noktası, taşıma türü ve güzergah gibi bir takım yolculuk bileşenlerinin alternatiflerini seçme durumuyla karşı karşıyadır. Bundan dolayı; taşıma talep analizlerinde, yolculuk seçimi modellenmesi önemli bir aşamadır.

Günümüzde çoklu seçim modelleriyle çok sayıda alternatifi daha etkin bir biçimde analiz etmek mümkündür. Bu da, taşıma olgusunun geçmişteki kadar çok daha detaylı tanımlanmasını sağlamaktadır.

Çok iyi tanımlanamayan ve karmaşık bir işlem olan 'seçimi sadeleştirme' için çokça yapılan kabullerden birisi, seçimişleminin deterministik olmasıdır. Bir diğer varsayım da; seçimi yapacak kişi tarafından kullanılan ve devanını aynı kalan bir karar kuralı olduğudur. Deterministik seçim yapısı ve karar kuralı varsayımını birleştirip stokastik bir seçim modeli meydana getirmek de mümkündür. Seçim işleminin yalnız başına deterministik olmadığı fakat tanımlanan sayısal sınırlarla yapılacak rastgele etkilerle ilişkisi olduğu düşünüldüğünde bu şekilde bir model kurulabilir. Yolculuk davranışlarının gerçek faktörlerine dair bilgisizliğini göz önünde bulundurmasak, stokastik seçim modelleri en iyilerdir. Stokastik modeller; kavramsal olarak daha belirgin oldukları için ve ampirik durumlarla daha iyi desteklendiği için deterministik modellerden daha iyi bir yolculuk davranışı kestirimine olanak verirler. Bu nedenden dolayı, iyi bir seçim modeli; seçim fonksiyonunun belirli olasılıklarda farklı değerler aldığı bir rastgele fonksiyon olarak ele alınarak kurulabilir. Bu rastgele fonksiyon; seçim fonksiyonunun verilen değerlerinin veya bunların herhangi birisinin özelliklerinin, farklı bireylerce farklı şekilde algılanabileceği veya aynı birey tarafından değişik şekilde algılanabileceği olasılığı yansıtır. Böylece algılanan fayda bir rastgele fonksiyondur. Bu, algılanan faydanın rastgele bileşenlerinden elde edilen özel değerlere dayanan bir çıktı olarak stokastik bir seçimişleminle sonuçlanır. Bu modele 'rastgele fayda modeli' (random utility model) denir. Rastgele fayda modeli, stokastik seçim davranışını yansıtmak için yapılabilecek pek çok modelden en genel olanıdır ve çoğu stokastik seçim modelinin türetilmesine vesile olmuştur.

Tür seçimini iki kategori dahilinde tanımlayan değişkenler; sosyo-ekonomik talep değişkenleri ile hizmet düzeyi veya arz değişkenleridir. İyi bir tür seçim analizi

önemli olan; belirlenen değişkenlerin anlamı olmasının yanında, tür seçimiyle beraber yapılacak karar alma analizinin veya planlanmasının da tipini yansıtacak olmasıdır.

Ulaşım modellemesinde türel dağılım aşaması için ilk olarak kullanılan yöntem sapma analizi dir. Sapma metodu yolculuk dağıtım analizi öncesi, yolculuklar ve türel dağılım için, sonrası ise yolculuk dağıtım modelinden elde edilen yolculuk geçişleri için kullanılmıştır. Tür seçiminin davranışsal modelleri olan ayrık seçim modelleri ise genelde; ‘bireylerin sunulan bir seçeneği tercih etme olasılığının bireylerin sosyo-ekonomik karakteristiklerinin ve seçeneğin göreceli çekiciliğinin bir fonksiyonu’ olduğunu varsayar. Alternatiflerin çekiciliğini temsil etmek için ‘fayda’ varsayımı yapılmıştır. Burada ‘fayda’, kişinin maksimize etmeye çalıştığı uygun teorik bir yapıdır. ‘Fayda’ alternatiflerinin karakteristiklerinden türetilir.

Ayrık seçim modelleri standart eğri uyumu teknikleri kullanılarak kalibre edilemez. Çünkü modelin bağımlı değişkeni olan seçim oranları, gözlemleneneyen olasılıklardır. Bu tekniklerin kabul edildiği durumlar yalnızca, modellerin gruplar veya bireyler için olduğu hallerde veya farklı durumlara dair her bir bireyin davranışının gözlemlendiği hallerde söz konusudur. En çok kullanılan ayrık seçim modelleri probit ve logit modellerdir.

Yapılan araştırmada, uygulamaya yönelik kullanılan model ise logit modelin ikili yapısıdır. Logit model; seçimfayda fonksiyonunun rastgele bileşenlerini tahmin etme ve bağımsız olduğu ve bileşenlerinin Gumbel Dağılım Fonksiyonu’na giretiğini andığı varsayıldığında elde edilir.

Tümyolculuktalep modellerinde olduğu gibi seçim modellerinin kalibrasyon işlemi; parametre değerlerinin hesaplanması, hesaplamaların istatistiksel önemlerinin değerlendirilmesi ve tahminlerin gözlemlenen davranışlarla karşılaştırılarak modelin geçerliliğinin kontrol edilmesi yoluyla yapılır. İlk iki adımla tahmin yapmada birer istatistiksel işlem olduklarından eşzamanlı yapılır. Üçüncü adım ise model kestirimlerinin, parametreleri hesaplamada kullanılanlardan farklı olarak gerçek verilerle karşılaştırılmasını gerektirir. Çalışmada; İstanbul’da kent içi yolculukların farklı amaçlarına göre ikili logit türel dağılım modelleri kalibre edilmiştir. Bu gibi durumda, seçimfonksiyonunun doğrusal olması halinde basit doğrusal bir formelde edilebilir. Bu doğrusal fonksiyon da regresyon analizi yöntemiyle hesaplanabilir. Yapılan çalışmada; tek değişkenli ve çok değişkenli doğrusal regresyon analizi yöntemleri kullanılarak türel dağılım modelleri kalibrasyonları yapılmıştır.

Üçüncü bölümde; İstanbul için yapılan ulaşım etütlerinde kullanılan türel dağılım yöntemlerine değinilmiştir. İstanbul’da kent içi yolculukların ulaştırma türlerine dağılımını irdeleyen çalışmalar daha önce sırasıyla; IRTC Ulaşım Etüdü, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nazım Planı (1987) ve İstanbul Ulaşım Ana Planı (1997) kapsamında yapılmıştır.

Dördüncü bölümde İstanbul verileriyle logit türel dağılım modeli uygulaması anlatılmaktadır. Yapılan çalışmada, farklı yolculuk amaçlarına göre belirlenen özel araç, toplu taşıma ve servis aracı kullanımı ayrımına göre yolculukların dağılımının yapılması için logit model kalibre edilmiştir. Model kalibrasyonu için kullanılan amaçlarına göre yolculuk matrisleri, İstanbul Ulaşım Ana Planı Çalışması’nda (1996) kullanılan yolculuk matrisleridir.

Amaçlarına göre yolculuklara ait geçerli modellerin elde edilmesi için yapılan kalibrasyonlarda kullanılan yolculuk maliyetleri, yolculuk süreleri ve genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri de yine 1996 yılı değerlerine göre hesaplanmıştır.

Model için kalibrasyon verileri, 7'li ve 20'li olmak üzere iki farklı büyüklükte sektör bazında toplanmıştır. Çalışmada kullanılan ve İstanbul için bölge bazında mevcut olan verilerin 20 ve 7 sektörde toplanması, yine verilerin ait oldukları bölgelerin birleştirilmesi yöntemiyle elde edilmiştir. 33 ilçeden 29'unun kendi içlerinde arazi kullanımı özellikleri ile sosyal ve ekonomik özellikler açısından planlamaya uygun ve kullanılabilir veri oluşturacak biçimde homojen olarak bölünmesiyle belirlenmiş olan bölgelerin gruplanarak daha büyük sektörler oluşturulmasında; bölgelerin sınır konusunu olanlarının ve sosyal, ekonomik ve fiziksel açıdan olabildiğince benzerlik gösterenlerinin bir araya getirilmesine dikkat edilmiştir. Bölgelerin toplanmasında etkin olan bir diğer ölçüt ise kentiçi ulaşım ağı dağılımıdır.

Toplanma sonucu elde edilen sektörler arası veriler yardımıyla; genelleştirilmiş maliyet değişkenine göre tek değişkenli, yolculuk maliyeti ve süresine göre de iki değişkenli ikili logit modeller kalibre edilerek farklı yolculuk amaçlarına ait geçerli modeller araştırılmıştır.

İş ve ev uçuşu-dışer amaçlı yolculuklar için logit model kalibrasyonuna veri teşkil eden yolculuklar, özel otomobilden yararlanma olanağı olan kullanıcıların yaptıkları yolculuklar olarak değerlendirilmiştir.

Özel otomobilden yararlanma olanağı olmayan kişilerin ağırlıklı olarak toplu taşımayı tercih ettikleri bilinmektedir ve bu yolculukların özel otomobilden yararlanma olanağı olan yolculuklarla birlikte değerlendirili kalibrasyon yapılması, hatalı modeller elde edilmesine neden olacaktır. Bu nedenle, iş ve ev uçuşu-dışer yolculuk amacı için kalibre edilen logit türel dağılım modelinde özel araçtan yararlanma olanağı olan kişilerin yolculukları değerlendirilmiştir.

Okul yolculuklarında ise özel araç kullanımı düşük oranda( %9) olduğu için toplam yolculuklardan ayrılmıştır. Geriye kalan yolculuklar ise türlerine göre; servis aracı ve toplu taşıma yolculukları olarak ayrılıp ikili logit model kalibre edilmiştir.

Dışer amaçlı yolculuklarda servis aracı kullanımı ihmal edilecek düzeyde olduğundan( %5, 5) bu yolculuklar, toplam yolculuklardan ayrılmıştır. Geriye kalan ve özel araçtan yararlanma olanağının bilinemediği yolculuklar ise türlerine göre özel araç ve toplu taşıma yolculukları olarak ikiye ayrılıp model kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Logit model kalibrasyonu için çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi; bölgeler arası yolculuklarda ulaştırma türleri kullanımlarının, yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri değişkenleri ile çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak ilişkilendirilmesi yoluyla yapılmıştır. Yolculuk maliyetleri ve süreleri değişkenlerine göre değerlendirme yapılırken, ulaşım modeline zaman değeri verisi girilmiştir. Doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen denklemde, yolculuk süresi farkı değişkeni katsayısının yolculuk maliyeti farkı değişkeni katsayısına oranı zaman değeri vermektedir.

Logit model kalibrasyonu için kullanılan diğer yöntem ise; bölgeler arası yolculuklarda ulaştırma türleri kullanımlarının genelleştirilmiş maliyet değişkeni ile tek değişkenli doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak ilişkilendirilmesi yoluyla yapılmıştır. Genelleştirilmiş maliyet değişkenine göre bir değerlendirilme

yapılabilirliği için ulaşım modeline genelleştirilmiş maliyetlerin yanı sıra zaman değeri de veri olarak girilmiştir.

Beşinci bölümde; 2002 yılı değerlerine göre, modellerin bağımsız değişkenleri olan yolculuk maliyetleri, süreleri ve genelleştirilmiş maliyetlerinin hesaplanarak 1996 fiyatlarına getirilmesi ve yeni değerlere göre farklı amaçlı yolculukların, ulaştırma türlerine dağılımının belirlenmesi anlatılmıştır.

Son bölüm olan altıncı bölümde ise; kalibrasyon verilerini toplulaştırma düzeylerine ve kalibrasyon değişkenlerine ilişkin değerlendirmeler ile, yapılacak araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

20 sektörde toplulaştırma ile elde edilen modeller daha uygun sonuçlar vermiştir. Genelleştirilmiş maliyet değişkeninin kullanıldığı tek değişkenli ve yolculuk maliyet ve süreleri değişkenlerinin kullanıldığı iki değişkenli logit model kalibrasyonları sonucunda anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

‘Genelleştirilmiş Maliyet’ değişkeni, yolculuk maliyetine ek olarak yolculuk sırasında geçen zamanın değerini de içermektedir. İstanbul’daki yolculuklar için; 1996 yılında kişi başına ortalama gayri safi yurtiçi hasıla değerleri kullanılarak, ortalama bir zaman değeri hesaplanmıştır. Zaman değerinin modele dışarıdan girilmesi nedeniyle, tek değişkenli tür seçimi modeli diğer modele göre daha hatalı sonuçlar vermiştir. Ayrıca, modele, farklı yolculuk amaçları için aynı zaman değerinin dahil edilmesi, farklı kentiçi yolculuklar için yapılan türel dağılımlarda hatalar meydana getirmektedir.

Yolculuk maliyet ve süreleri değişkenlerinin kullanıldığı iki değişkenli modelde ‘Zaman Değeri’ model kalibrasyonu içerisinde tahmin edilmekte ve yapılan tercihler göre yolcuların zamana verdikleri ağırlığı göstermektedir. Bu model daha az hatalı sonuçlar vermiştir.

Logit modelin fayda fonksiyonundaki ulaşım türüne özgü sabit, toplu taşıma türüne dahil edilmiştir. Farklı yolculuk amaçlarına göre pozitif ve negatif değerler alabilen bu sabit; konfor, güvenlik ve güvenilirlik gibi ölçülmesi ve sayısallaştırılması zor olan hizmet düzeyi karakteristiklerini temsil etmektedir. Tek değişkenli logit model kalibrasyonunda mutlak değeri yüksek değerler alabilen bu sabit; iki değişkenli logit model kalibrasyonunda ‘0’a yakın, başka bir deyişle önemsiz değerler almaktadır.

# **LOGIT MODAL-SPLIT MODEL CALIBRATION: AN EVALUATION FOR İSTANBUL**

## **SUMMARY**

This study examines the possibilities of obtaining better modal-split models for each trip purpose in İstanbul Metropolitan Area by calibrating the binary logit modal-split models at the appropriate aggregation level with the appropriate variables. The modal-split for the year 2002 is then studied by using the valid models with current data.

The second section consists of a brief summary of choice concept, mode choice, modal-split models, and the calibration techniques commonly used for modal-split models. Choice is a fundamental component of a trip-making process. Hence, modeling travel choice is an important function in transportation.

With multinomial choice models it is now possible to analyze a large number of alternatives rather efficiently.

One of the assumptions generally made to simplify the complex and not well defined 'choice' concept is that the choice process is deterministic. Another important simplifying assumption is that there is a decision rule which is used by the traveller and that this rule is consistent and stable. It is possible to relax both of these assumptions by adopting a stochastic model of choice. Such a model would be based on the postulate that the choice process itself is not deterministic but subject to random influences that cannot be completely accounted for. Stochastic models are the appropriate ones, if the inconsistencies in the behaviour of choice makers due to lack of information regarding the attributes of the alternatives available are not taken into consideration. Stochastic models provide superior means for predicting travel behaviour than deterministic models. Due to this, a good model of choice can be set in which the choice function is considered as a random function that takes on different values with certain probabilities. This random function reflects the possibility that given values of the choice function or of any of its attributes are perceived differently by different individuals or by the same individual on different occasions. The perceived utility is then a random function. This results in a stochastic choice process, the outcome of which depends on the specific values taken by the random components of the choice function. This postulation is referred to as the 'random utility model'. The postulate of random utility is the most general of many that can be made in order to reflect stochastic choice behaviour, and leads the derivation of most stochastic choice models.

The variables used to explain mode choice are socioeconomic demand variables and level of service or supply variables. The challenge in good mode choice analysis is not only to select the variables that are but those that can be used to reflect the type

of policy analysis or planning for which mode choice is modeling is intended in the first place.

In transportation modeling, the earlier approach that has been used to determine the mode choice split was the diversion analysis. The diversion method has been used both for trip and modal-split and for trip interchanges determined from a distribution model. Discrete choice models which are the behavioral models of mode choice generally postulate that: the probability of individuals choosing a given option is a function of their socioeconomic characteristics and the relative attractiveness of the option. To represent the attractiveness of the alternatives the concept of *utility* is used. Utility here, is a convenient theoretical construct that the individuals seeks to maximize. *Utility* is derived from the characteristics of the alternatives.

Discrete choice models cannot be calibrated in general using standard curve-fitting techniques. Because their independent variable 'choice proportion' is an unobserved probability. The only exceptions to this are models for homogenous groups of individuals, or when the behaviour of every individual is recorded on several occasions. The two most commonly used discrete choice models are the logit and the probit ones.

The binary form of the logit model is used during the application process of this study. The logit model is obtained by assuming that the random components of the choice utility function are all independent and identically distributed (IID) with a Gumbel distribution function.

As with other types of travel demand models, the calibration process of choice models consists of estimating the parameter values, evaluating the statistical significance of the estimates, and then validating the model by comparing its prediction with observed behaviour. The first two steps are usually carried out simultaneously as the statistical process of estimation. The third requires that model predictions be compared with actual data, preferably other than those used to estimate the parameters. For this case study, the binary logit modal-split models are calibrated for different trip purposes in İstanbul. Simple linear regression and multivariate linear regression analysis methods are used to calibrate the modal-split models of this study.

The third section reviews the earlier modal-split studies in İstanbul which are respectively, the IRTC Bosphorus Rail Tunnel and İstanbul Metro Feasibility Study (1985), İstanbul Master Plan Transport Study (1987), and İstanbul Master Plan Transport Study (1997).

In the fourth section, the applications of the calibrated modal-split models are presented. The modal-split model is calibrated by taking the interzonal trip matrices used for İstanbul Master Plan Transport Study (1997), and splitting them between private, public and service transport modes.

The variables used in the model calibrations are: trip costs, trip times and generalised trip costs data in the year 1996.

The model calibration data are aggregated at two zonal levels: 7 and 20 sectors. The study area were disaggregated into 209 zones based on land use characteristics in the recent İstanbul Master Plan Transportation Study. For this case study, the zones are aggregated in respect to their social, economical, and physical attributes.

By means of the intersectoral data obtained by the aggregation process; a single variable logit model with the generalized trip cost variable and a multivariable logit model with the trip cost and the trip time variables are calibrated for each trip purpose to determine the valid models.

For home based work trips (HBW) service bus movements are first removed from the total trip matrix using a set of factors relating to travel between the study zones. The remaining total trips are then split between car available and non-car available groups (defined by household car ownership) using information from the household survey. The need for splitting by car ownership is that non-car available people are, in effect, public transport captive whereas those with a car at their disposal have the choice of public or private transport open to them. The calibration is applied by splitting the car available private and public total trips into private and public transport modes.

For the home based other (HBO) trips the procedure used is the same as the home based work trips.

For the home based school (HBS) trips, the private car trips are removed from the total mode trip matrix, because they are insignificant. The calibration is then applied by splitting the remaining total mode trips into service and public transport modes.

Non home based (NHB) trips do not contain a significant number of service bus movements. It is not possible to derive a car ownership split of the trips as in the case of hbw and hbo as the household characteristics of the trip generators are not known in this case. The calibration is applied by splitting the private and public total mode trips into private and public transport modes.

Two methods lead the logit model calibrations. First one is the creation of a relationship between interzonal trips of transport modes and the independent variables of these trips-trip cost and trip time- by the multivariate linear regression analysis. During the assessment among trip cost and trip time variables, the value of time is not included in the transportation model. The proportion (division) of the coefficient of cost difference to the coefficient of time difference obtained after the linear regression analysis determines the value of time for each trip purposes. The second method used to calibrate the logit model is the creation of a relationship between interzonal trips of transport modes and the independent variable of these trips-generalised trip cost- by the simple linear regression analysis. In order to make an assessment among the generalised trip cost, the value of time is included in the transport model.

In the fifth section, the modal-split of the year 2002 is studied with the valid models in the presence of current data.

The final section presents the evaluation of the results and the suggestions. The evaluation of the study in brief, can be summarized as follows:

- The models calibrated at higher aggregation level give more accurate and appropriate results.
- Significant results are obtained from both; the simple linear regression analysis in the presence of generalized trip cost, and the multivariable linear regression analysis in the presence of trip cost and trip time.
- ‘Generalized trip cost’ variable includes the value of time besides the trip cost. An average value of time is calculated based on the, GDP per capita values in the year

1996 in İstanbul. Because of including the value of time that was calculated externally, the single variable logit model produces more errors as compared to the multivariable logit model. Moreover, taking an average single value of time into consideration for different trip purposes leads to model errors during the modal splitting stage.

- The multivariable binary logit model allows us to determine different values of time for each trip purpose. This model gives less error in results relatively.

- The mode specific constant included in the utility function of the logit model represents the unmeasurable and the unquantifiable level of service characteristics of the public transport mode such as comfort, safety, and reliability. The absolute value of the mode specific constant obtained from the single variable logit model is considerable whereas it has a negligible value in the multivariable logit model.

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bir kentin kentlilerinin ihtiyaçlarına en iyi biçimde cevap verebilmesi, kent olgusunun oluşmasını sağlayan bir takım özelliklerini iyi yapılandırılmış olmasına bağlıdır. Bu bağlamda; kent içerisinde yaşayan insanların sıkça yaptıkları bir faaliyet olan ‘yolculuk’ ile canlılık kazanan ulaştırma altyapısı, kenti gerek fiziksel gerekse de sosyal açıdan tanımlayan ve varlığıyla kente hareketlilik veren bir değerdir. Bir gelişmişlik ölçütü olarak da değerlendirilebilecek ulaştırma olgusu kentiçi düzeyde irdelendiğinde, ön plana çıkan; şüphesiz kentiçi ulaşım ağı ve kentiçi ulaştırma türleridir. Kentiçi ulaştırma türlerinin, gerek mahalle ve ilçe gibi de mografik düzeyde gerekse de topografik özelliklere istinaden fiziksel düzeyde entegrasyonu ile; kentsel alanların gelişmesinde etkin, arazi kullanım kararları yönlendirilir. Bu denli önemli olan ve geleceğe dönük yatırımlar içerisinde de her zaman büyük bir paya sahip olan ulaştırma olgusuyla ilgili olarak yapılacak çalışmalara yol göstermesi açısından katkısı olması amacıyla; bu çalışmada, İstanbul’daki kentiçi yolculukların ulaştırma türlerine dağılımının tahmin edilmesine imkan veren toplulaştırılmış logit model kalibrasyonu araştırılmıştır. Çalışma alanı olan İstanbul Metropolitan Alanı ve bölgeleri Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Amaçlarına göre yolculuklar için, tahmin gücü yüksek modellerin elde edilmesinde, logit model kalibrasyonlarına veri olan değişkenlerin uygun toplulaştırma düzeylerinin belirlenmesi ile kalibrasyona uygun değişkenlerin belirlenmesi, çalışmanın amacına yönelik ilk yapılanlardır. Daha sonra ise; elde edilen uygun modellerle, yolculukların ulaştırma türlerine dağılımı araştırılmıştır.

Giriş bölümünden sonraki ikinci bölümde; seçim olgusu, tür seçimi, türel dağılım modelleri ve bu modellerin kalibrasyonuna ilişkin genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; İstanbul için yapılan ulaşım metotlerinde kullanılan türel dağılım yöntemlerine değinilmiştir. Farklı yolculuk amaçlarına göre ne tür modellerin kalibre

edildiği, kalibrasyona hangi değişkenlerin dahil edildiği ve kalibrasyon katsayıları kısaca özetlenmiştir.

İstanbul verileriyle logit türel dağılı m modeli uygulanmasını anlatıldığı dördüncü blmise; çalışmada kullanılan model yapısını, kalibrasyon değişkenleri olan 1996 yılı bölgeler arası yolculuk büyüklükleri, yolculuk maliyetleri, yolculuk süreleri ve genelleştirilmiş yolculuk maliyeti verileri ile bunların toplulaştırma düzeylerini, a maçlarına göre yolculukların türel dağılı m model kalibrasyonlarını ve elde edilen geçerli modellerin değerlendirmesini ier mektedir.

Beşinci bölümde; 2002 yılı değerlerine göre, modellerin bağımsız değişkenleri olan yolculuk maliyetleri, süreleri ve genelleştirilmiş maliyetlerinin hesaplanarak 1996 fiyatlarına getirilmesi ve yeni değerlere göre farklı a malı yolculukların ulaştırma trlğine dağılı mının belirlenmesi anlatılmıştır.

Son blmolan altıncı bölümde ise; kalibrasyon verilerini toplulaştırma düzeylerine ve kalibrasyon değişkenlerine ilişkin değerlendirmeler ile, yapılacak araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

## 2. TÜR SEÇİMİ: MODELLERİ ve KALİBRASYONLARI

### 2.1. Tür Seçimi

Seçim yolculuk yapma düşüncesinde temel bir değişkendir. Yolculuk yapan, varış noktası, ulaştırma türü ve güzergah gibi bir takım yolculuk bileşenlerinin alternatiflerini seçme durumuyla karşı karşıyadır. Bundan dolayı; ulaştırma talep analizlerinde, yolculuk seçimi modellenmesi önemli bir aşamadır.

Kent içi yolculuklarda ulaşım türü seçimine dair ilk çalışmalar; yolculukların türleri arası dağılımının basit formler üzerine veya onların göreceli uygulamalarını temel üzerine yapılandırılmasıyla toplulaştırılmış sapma modelleri şeklindeydi. Trafik otomobil ve toplu taşıma arasında dağıldığı için yapılan ilk uygulamalar ‘iki tür seçim’ olgusuyla kısıtlı kalmıştır. Daha sonraları, kent içi yolculukların diğer analizleriyle zincirleme şekilde yapılan tür-seçim analizi; önce yolculuk dağıtım analizinin yapılması ve sonra da başlangıç-sonakımlarının türlere dağıtılması şeklinde yapılmıyordu. Yolculuk sonlu türeli dağılım ise; bölgelerde veya hanelerde yaratılan yolculukların, bazı toplulaştırılmış türeli erişilebilirlik ölçülerinin temeline göre dağılımının yapılması ve daha sonra türler tarafından erişilebilirliği olan mesafeye dağıtımının yapılması yöntemiyle yapılmıyordu. Ulaştırma türleri modellemesinde görülen hızlı ilerleme, tür seçimi analizini geliştirmek içindi. Günümüzde ise çoklu seçim modelleriyle çok sayıda alternatifi daha etkin bir biçimde analiz etmek mümkündür. Bu da, ulaştırma olgusunun geçmişteki kadar çok daha detaylı tanımlanmasını sağlamaktadır. Örnek olarak, 1950’li yıllarda basit sapma eğrileri, trafiğin sadece iki tür arasındaki dağılımını göstermek için kullanılırken, günümüzde ise otobüs ile özel otomobil veya raylı sistemle yürümenin bir arada olduğu özel durumları çözümlenebiliyor.

Seçim aslında çok iyi tanımlanmayan karmaşık bir işlemdir. Yapılan basitleştirmeler ise, yolculuk seçimi analizlerinin sayısal modellerle yapılabilmesine olanak tanıması içindir.

Çokça yapılan sadeleştirme yöntemlerinden birisi, seçim işleminin deterministik olmasıdır. Başka bir deyişle; seçimi yapacak kişi, her zaman aynı alternatifler

kümesiyle karşı karşıya kalıyorsa, yapacağı seçim aynı olacaktır. Yolculuk dağıtım modelleri, tür seçiminin sapma modelleri ve trafik ataması tekniklerinin pek çoğu, seçimolgusunun deterministik olduğu varsayım üzerine geliştirilmiştir.

Benzer şekilde bir diğer varsayım da; seçimi yapacak kişi tarafından kullanılan ve devamlı aynı kalan bir karar kuralı olduğudur. Bu varsayım yolcunun ile alternatiflerin, talep ile arz karakteristikleri temeline kurulmuş ve iyi-tanımlanmış kararların yapılmasını sağlar.

Deterministik seçim yapısı ve karar kuralı varsayımını birleştirip stokastik bir seçim modeli meydana getirmek de mümkündür. Seçim işleminin yalnız başına deterministik olmadığı fakat tamamen sayısallaştırılamayacak rastgele etkilerle ilişkisi olduğu düşünüldüğünde bu şekilde bir model kurulabilir. Bu rastgele etkiler; seçim fonksiyonuna dahil alternatiflerin hizmet düzeylerine dair bilgilenme eksikliğine ve hizmetlerin algılanma tarzındaki stokastik yetersizliklere bağlı olarak seçim yapmanın tutumundaki süreksizliklerden meydana gelebilir. Seçimin stokastik yapısı, rasyonel ve kalıcı bir karar kuralı eksikliğinin sonucu da olabilir.

Yolculuk davranışlarının gerçek faktörlerine dair bilgisizliğini göz önünde bulunduramazsak, stokastik seçim modelleri en iyileridir. Stokastik modeller; kavramsal olarak daha belirgin ve ampirik durumlarla daha iyi desteklendiği için deterministik modellerden daha iyi bir yolculuk davranışı kestirimine olanak verirler.

### 2.1.1. Deterministik Seçim

Kişisel (ayrık) düzeyde deterministik seçim durumu en basit durumdur. Yolculuk yapacak kişi olan bir alternatifler kümesiyle (I) karşı karşıyadır. Her bir alternatif (i ∈ I), 'V(i)' ile gösterilen ve 'seçim fonksiyonu' denilen bir fonksiyonla tanımlanır. Seçim fonksiyonu, alternatifin tüm pozitif ve negatif yönlerini yansıtan talep ve arz değişkenlerini içerir. Seçim fonksiyonunu yapılandırmanın en güzel yolu, bu fonksiyonun talep ve arz değişkenlerinin veya bu değişkenlerin kombinasyonunun bir doğrusal fonksiyon olduğunu varsaymaktır. Seçim fonksiyonunun çokça kullanılan biçimi (2.1) ifadesinde gösterilmiştir.

$$V(i) = A_i \cdot X_i \quad (2.1)$$

Burada;

$X_i$ : Seçimi etkileyen talep ve arz değişkenlerinin bir vektörü

A: Her bir değişkenin etkilerini temsil eden parametrelerin bir vektörüdür.

Seçim fonksiyonu, fayda fonksiyonu gibi pozitif şekilde düşünüldüğünde; seçim fonksiyonunda yüksek değere sahip bir alternatifi n seçil me olasılığının daha yüksek olduğu görülür. Bu genellikle ‘A’ nı nışaretini düzenlemek yoluyla yapılır.

Deterministik seçimi çin karar kuralı ise (2.2) ifadesinde gösteril mektedir.

$$V(j) = \max_{i \in I} [V(i)] \quad (2.2)$$

(2.2) ifadesi; ‘j’ yolcusu, faydası en fazla olan alternatifi seçecek anlamına gel mektedir.

Ayrı k seçim modelleri, toplulaştırılmış seçim modellerine kolayca dönüştürülebilir. Seçim modelini pazar düzeyine çevirebil me için seçim fonksiyonu modifiye edil meli ve her bir bireye ilişkilendiril meli dir. Böylelikle her bir ‘i’ alternatifi için ‘K’ pazarındaki her bir bireye ‘ $V_k(i)$ ’ olan özel seçimfonksiyonları oluşturul malıdır. Bu düzenleme; gelir gibi çeşitli talep değişkenlerinin kişiden kişiyeye değişebileceği gibi, aynı alternatif için zaman ve maliyet gibi arz değişkenlerinin de kişiden kişiyeye farklı değerlendirilebileceği için yapılır. Kişisel seçim fonksiyonlarını pazar fonksiyonları şeklinde toplulaştırımda çeşitli yöntemler kullanılabilir.

Pek çok durumda, seçime sunulan alternatifler çoğu özelliklerine göre farklılık gösterirler. Ayrıca (2.2) ifadesindeki kuralın yolculuk yapacak kişilerce benimsenmesi kolay değildir. Bu genelde ‘ya hep ya hiç’(all-or-nothing) kuralıyla açıklanır. Çeşitli seçeneklerin özelliklerinin, o seçenekleri tercih eden kişilerin sayısından bağımsız olmadığı gibi kısıtların var olduğu durumlarda bu yöntem uygun değildir. Bu durumlarda, talep ve arz fonksiyonlarının da dengelendiği gibi; seçenekler yeni den kontrol edilip çeşitli seçimfonksiyonlarıyla dengelen meli dir.

### 2.1.2 Stokastik Seçim

Yapılan yolculuk davranış analizleri, gerçekleri yansıtmada deterministik seçim modellerinin yetersiz kaldığını göstermiştir. Stokastik bir seçim modelinin tercih edil mesi ne üç ana neden gösterilebilir:

- I. Kişilerin davranışları, seçimin rasyonel kurallarına her zaman tam olarak uymayabilir. Ayrıca yolculuk yapanların davranışları özellikle deterministik modellerle kestirilemez.

- II. Seçimi etkileyebilecek tüm değişkenler, seçim fonksiyonuna dahil edilemez. Eğer böyle bir fonksiyon olsa; şüphesiz çok karmaşık olacak ve uygulaması da çok zor olacaktır.
- III. Yolcu ulaşım sistemleri ve bunların sunduğu alternatifler konusunda bilgilenebilmektedir. Dolayısıyla analist tarafından tanımlanan alternatifler kümesi, yolcunun algıladığından fazla alternatif içerebilir veya seçim fonksiyonu, kullanıcı tarafından yok olarak veya eksik olarak algılanan bilgilere dair değişkenler içerebilir.

Bu nedenlerden dolayı, iyi bir seçim modeli; seçim fonksiyonunun belirli olasılıklarda farklı değerler aldığı bir rastgele fonksiyon olarak ele alınarak kurulabilir. Bu rastgele fonksiyon; seçim fonksiyonunun verilen değerlerinin veya bunların herhangi birisinin özelliklerinin, farklı bireylerce farklı şekilde algılanabileceği veya aynı birey tarafından değişik şekilde algılanabileceği olasılığını yansıtır. Böylece algılanan fayda ' $U_i$ ' bir rastgele fonksiyondur. Bu, algılanan faydanın rastgele bileşenlerinden elde edilen özel değerlere dayanan bir çıktı olarak stokastik bir seçim işlemiyle sonuçlanır. Bu modele 'rastgele fayda modeli' (random utility model) denir. Rastgele fayda modeli (2.3) ifadesinde görülmektedir

$$U(i) = V(i) + e(i) \quad (2.3)$$

Burada;

$U(i)$ : 'i' alternatifleri için seçim fonksiyonu

$V(i)$ : 'i'nin özelliklerinin deterministik fonksiyonu

$e(i)$ : Stokastik bir bileşendir (bazı dağılımlara göre rastgele bir değişken)

Basit çıkarımlar ve davranışsal varsayımlardan faydalanılarak  $V(i)$  fonksiyonunun formunu tanımlamak ve içereceği değişkenleri seçmek mümkündür.

Seçim fonksiyonunun rastgele bileşenini ampirik olarak gözlemek mümkün değildir; bundan dolayı deneysel olarak kontrol edilen şartlar altında, seçim fonksiyonu üzerindeki beklenti ve davranış çeşitliliğinin gözlenebilmesi için bir bireyin tekrar eden durum karşısındaki davranışlarını gözlemek gerekir. Böylece stokastik bileşen olan ' $e(i)$ 'nin dağılımsal yapısından dolayı istatistiksel varsayımlar yapılır.

' $U(i)$ 'nin temelinde gelişen seçim modeli, kişinin ' $U(i)$ 'si en büyük olan 'i' alternatifini seçmesi prensibiyle devam eder. 'i' alternatifinin seçilme olasılığı (2.4) ifadesinde görülmektedir.

$$p(i) = p[U(i) > U(j) , \text{ tüm } j \neq i \text{ için}] \quad (2.4)$$

(2-4) ifadesi ise (2-5) ifadesi şekline geliştirilebilir.

$$\begin{aligned} p(i) &= [V(i) + e(i) > V(j) + e(j) , \text{ tüm } j \neq i \text{ için}] \\ &= p[e(j) < V(i) - V(j) + e(i) , \text{ tüm } j \neq i \text{ için}] \\ &= \int_{e(i)} F[V(i) - V(j) + e(i) , \text{ tüm } j \neq i \text{ için}] f_i(\phi) d\phi \end{aligned} \quad (2.5)$$

Burada;

$F[\cdot]$ : Tüm alternatifler için  $[e(i), e(j), \dots]$  nin ortak dağılım fonksiyonu

$f_i(\phi)$  :  $e(i)$  nin marjinal yoğunluk fonksiyonudur.

(2.5) denklemini yararlı bir seçim modeline dönüştürmek için dağılım varsayımları ve sadeleştirme yapılar.

Rastgele fayda modeli, stokastik seçim davranışını yansıtmak için yapılabilecek pek çok modelden en genel olanıdır ve çoğu stokastik seçim modelinin türetilmesi ne vesile olmuştur.

### 2.1.3. Tür Seçimini Tanımlayan Değişkenler

Tür seçimini iki kategori dahilinde tanımlayan değişkenler; sosyo-ekonomik talep değişkenleri ile hizmet düzeyi veya arz değişkenleridir. Çözlenen tür seçimini açıklamakta pek çok değişken kullanılabilir. Eğer elde yeterli miktarda ve çok sayıda değişken varsa, diğer talep analizleriyle beraber kullanılan model gözlenen verilerle uyum sağlayabilir. İyi bir tür seçim analiziinde önemli olan; belirlenen değişkenlerin anlamlı olmasının yanında, tür seçimiyle beraber yapılacak karar alma analizinin veya planlamasının da tipini yansıtacak olmasıdır. Fayda maksimizasyonu işleminin kullanılması da bundan dolayıdır. Yönelim türünün seçilmesi ve kullanıma devam edilmesi geniş bir sosyal olgudur. Bunu bir ekonomik aşama olarak karakterize etmeye çalışan deneimler ise kısım olarak başarılı olabilir. Dolayısıyla tür seçimine dair oldukça karmaşık bir model kullanılması n az da olsa geçerli nedenleri vardır.

#### 2.1.3.1. Sosyo-ekonomik Talep Değişkenleri

Türel seçim davranışını açıklamak için kullanılan bazı sosyo-ekonomik talep değişkenleri şunlardır:

1. Gelir: En çok kullanılan talep değişkeni dir. Türler arasındaki seçi mgenellikle pahalı ve kullanılabilir tür ile ucuz ama daha az kullanışlı tür arasındaki bir trade-off şeklinde karakterize edilebilir. Gelir genellikle bir çeşit trade-off'un determinantı olarak görülür. Buna ek olarak gelirin, yolculuk zamanının sayısallaştırılması üzerinde etkisi olduğu gibi tür seçi minin diğer sosyal görünümelerini yansıtan ve sayısallaştırması zor olan değişkenlerin yerine geçmesi gibi bir özelliğ de vardır. Örnek olarak pek çok kentiçi yolculukta zengin bireylerin daha pahalı, daha yavaş ve daha az kullanışlı olmasına rağmen özel araç kullanımı toplu taşıma ya tercih etmesi gösterilebilir.
2. Hanehalkının Yaşı ve Rolü: Bu değişken, bireylerin hayatlarının değişik dönemlerinde yaptıkları türel tercihleri vurgulamak için kullanılır. Çok gençler ve çok yaşlılar, özel araç kullanımdansa, hayatlarında aktif oldukları dönemdeki farklı olarak daha kolektif yolculuk türleri benimse mektedirler. Bir hanedeki aile reisi, ailenin diğer üyelerinden farklı yapıda bir tür seçi mi yapabilir. Tek otomobili olan ailelerde, aile reisi otomobili iş yolculukları için kullanarak diğer aile bireylerini toplu taşıma ya bağımlı bırakabilir. Daha geniş ve çocuklu ailelerde ise bu eğilim tersine dönebilir.
3. Otomobil Sahipliği: Bir haneye ait otomobil sayısı o hanenin basit bir şekilde tür seçi mi davranışını açıklamaktadır. Daha fazla sayıda özel araç inkamı, aile bireylerinin daha az oranda toplu taşıma kullanacağını gösterir. Carpool gibi iş yolculuklarında kullanılan türler, otomobil sahipliğiyle açıklanmaz. Tür seçi mi modelleri genellikle otomobil sahipliğini bir dış etken olarak kabul eder ve bundan dolayı tür seçi mi ve otomobile sahip olma fikri arasındaki olası karşılıklı etkileşimleri yansıtmaz. Bu iki seçi mi eş zamanlı olarak modelleyebil mek için bazı deneyler yapılmıştır.
4. Hanehalkı Büyüklüğü: Bu değişken, tür seçi mi modellerine çeşitli yollarla dahil edilmiştir. Hanedeki toplam birey sayısı genellikle o hanedeki otomobil sayısını temsil edebilir ve tür seçi mindeki bu faktörün etkisini yansıtabilir. Özel araç türü seçi mini, hanedeki sürücü sayısı da belirleyebilir fakat; bu, hanedeki otomobil sahipliğiyle ciddi bir korelasyon yaratır. Tür seçi mi modellerinde hane karakterizasyonunun zorluğu, hanedeki sosyo-ekonomik olguları bir bütün olarak yansıtmak istemesinden kaynaklanmaktadır. Ama genelde farklı aile bireylerinin farklı tür seçi mi davranışları gösterdikleri

gözlenebilir. Ayrıktür seçim modelleri çoğunlukla, analizin bir birini olarak hanelerle etkileşimi içerisinde ve aynı aile bireyleri arasındaki davranışsal farklılıkları yansıtmaya çalışmaz. Bireysel düzeyde toplanmış verileri elde etmek mümkün olursa, her bir bireyin tür seçimi davranışlarını değerlendirmek tercih edilecektir. Haneyi bir bütün olarak tanımlamaya çalışan değişkenlerin daha az ortak yönü olacaktır.

5. Konut Konumu: İlk tür seçimi modellerinin bazıları, hanelerin yerleşim konumlarını tanımlayan değişkenleri, tür seçiminin bir determinantı olarak içeriyordu. Kentin merkezi bir alanında konumlanan haneler toplu taşımayı, banliyölerde konumlanan hanelerden daha sık kullanma eğilimindedirler. Bu faktörün etkisinin daha açık bir biçimde çözülmesi; basitçe konut konumunu ele almak yerine, arz karakteristiklerini değerlendirerek mümkün olabilir. Eğer bir kentte merkezi alanlardan toplu taşımaya erişebilirlik, banliyölerden daha iyiye, merkezi alanlarda yaşayanların toplu taşımayı daha sık kullanması olasıdır.
6. Meslek: Beyaz yakalı yolculuk yapanların özel ulaşım, mavi yakalılarından daha çok kullandığı gözlemlenmiştir. Bu tabii ki kişinin mesleğiyle korelasyonu olan diğer sosyal ve gelir karakteristikleriyle alakalıdır. Profesyonel işlerde çalışan kentliler, kent merkezindeki iş yerlerine yolculukta carpool türlerini fazlaca kullanmaktadırlar. Diğer yandan kent dışı uzak mesafelerde konumlanan fabrikalara gidişte mavi yakalı işçiler özel otomobil kullanımı da tercih edebilmektedirler.

Sayısallaştırılabilen talep değişkenlerinden beklendiği şekilde; gelir ve yaş gibi bir veya iki sosyo-ekonomik değişken, tür seçimi davranışını açıklayıcı olarak çalışır. Diğer değişkenler ise var olan türlerin sayısallaştırılan sosyal faktörlerine ve arz karakteristiklerine aittir.

### **2.1.3.2 Hıznet Düzeyi veya Arz Değişkenleri**

Tür seçimi davranışını açıklayabilecek daha önemli arz değişkenleri şunlardır:

1. Araç-içi Yolculuk Süresi: Araç-içi yolculuk süresine, seyahatin toplam yolculuk zamanının esas bileşeni olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Otobüs veya tren hatları arasındaki transfer gibi araç değiştirme zorunlu olduğu durumlarda; transfer ve bekleme sürelerini ayırmak, bunların toplam seyahat

süresi nin farklı bileşenleri olarak tanımlanacak olması açısından zorunludur. Bunun nedeni; yolculuk süresi nin farklı bileşenlerinin etkilerinin yolcular tarafından farklı şekilde algılanabilecek olmasıdır.

2. Erişim Bekleme ve Aktarma Süreleri: Yolculuğun bu bileşenleri, kullanılan türün hizmete başladığı noktaya erişim süresi ni ve hizmetin bittiği noktadan son varış noktasına kadar geçen süreyi içerir. Bu bileşen daha çok toplu taşımanın söz konusu olduğu durumlarda istasyon veya duraklara varış ve buralardan son noktaya gidiş için geçen süredir. Özel araç ulaşımının söz konusu olduğu durumlarda ise buna benzer seyahat süresi bileşeni; genellikle ev-sonlu olmayan yolculuklardaki park süreleri dir. Bekleme süresi; yolcunun araç gelişini bekleme k zorunda olduğu programlı türlerle ilişkin bir bileşendir. Yolculuk süresi nin bu bileşeni ni bazen programlı ulaşım türünün hizmet sıklığı nı, yani araçlar arası zaman açısından aralıkları ele alarak temsil etmek olasıdır. Eğer bekleme süreleri, sistemi kullananlarla görüşerek elde edildi yse; bu sürelerin kullanılması araçların sıklıkları ve bekleme süreleri ne tercih edilir. Bu bölümde yolculuk süresi ne dair üçüncü bileşen ise araçlar arası transferlerin olduğu durumlarda meydana gelen transfer süreleridir. Trafik etütlerinden elde edilen yolculuk verilerine dayalı bir çözümleme; yolculuk süresi bileşenlerinin tamamını, araç-dışı geçen süre olarak tanımlanabilecek tek bir değişkene toplulaştırmayı gerektirebilir. Araç-dışı geçen süre ve araç-içi geçen süre arasındaki ayrım önemlidir. Genellikle yapılan tür seçimi çalışmalarında, tür seçiminin araç-içi geçenden daha çok araç-dışı geçen süreye hassas olduğu görülmüştür. Bu da araç-dışı geçen süreyi etkileyecek karar seçeneklerini, yolculuk türü seçimi üzerinde daha çok etkisi olduğunu gösterir.
3. Yolculuk Maliyeti: Bu faktör de genellikle, araç-içi maliyeti ve araç-dışı maliyeti olmak üzere iki bileşenle ifade edilir. Bunlardan ilki, toplu taşıma için bilet ücreti ve özel araç kullanımı için araç işletme maliyeti anlamına gelir. İkincisi ise, toplu taşımada hizmete erişim maliyeti ve özel araç kullanımı birincil ulaşım türü veya toplu taşımaya erişim türü olarak kullanıldığında park maliyetleri anlamına gelir. Harcanan toplam paranın ne şekilde bölündüğünü de tanımlamak gereklidir. Bu genel de algılanan fakat seyahat sırasında ödenmeyen ücretlere karşın, seyahat sırasında veya doğrudan ödenen ücretler anlamına gelir. Harcanan toplam para; herhangi

paralı yol ücreti, park ücreti veya doğrudan bilet ücretini içermesine rağmen araç işletme maliyeti ve vergiler toplam, harcanan parada dikkate alınmaz. Bunun nedeni toplam harcamalıyetlerinin, yolculuk yapanlar tarafından farklı şekilde algılanmasıdır.

### **2.1.3.3 Sayısal Omayan ve Davranışsal Değişkenler**

Ulaşım türü seçimini etkileyen fakat daha önce belirtilen değişkenlere dahil edilemeyecek bir takım arz faktörleri vardır. Konfor, güvenilirlik ve güvenlik gibi faktörlerin tür seçimini etkilediğine inanılır. Eğer trafik etüt bilgileri, insanların bu faktörlerin bazılarına bakış açısını içerirse, bu örnekleri gruplamak yapmak ve baskın davranıştenellerine dayalı ayrık seçim modellerini kalibre etmek mümkün olacaktır.

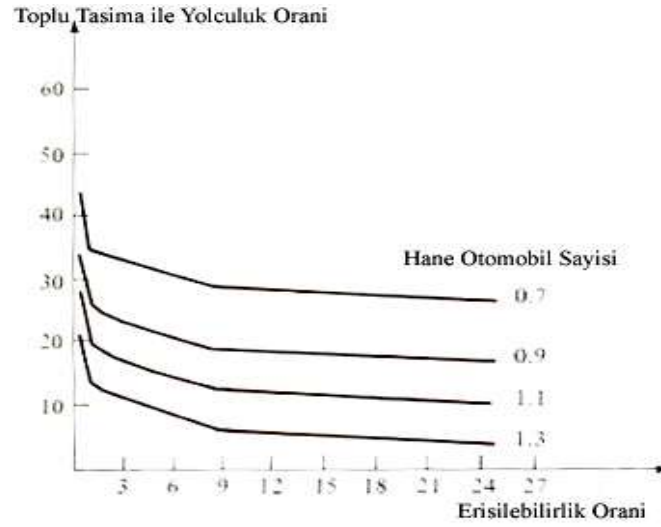
## **2.2 Türel Dağılım Modelleri**

Bu bölümde, tür seçimi analizlerinde sıkça kullanılan modellere değinilmiştir.

### **2.2.1. İkili Sapma Analizi**

Bu yaklaşım özel ve toplu taşıma türlerinin karşılaştırılması temeli üzerine kurulmuştur. Daha sonra yolculukları, türlerin kullanımı yüzdeleri ve göreceli kullanım ölçülerine göre ayırmıştır. Sapma metodu yolculuk dağıtım analizi öncesi, yolculuklar ve türel dağılım için, sonrası ise yolculuk dağıtım modelinden elde edilen yolculuk geçişleri için kullanılmıştır.

Yolculuk sonlu sapma durumunda; otomobil ve toplu taşıma olan her iki tür için ayrı ayrı, çalışma alanındaki her bir bölgeye dair bir erişilebilirlik ölçüsü belirlenir. Bu erişilebilirlik ölçüsü bölge nüfusu gibi bazı seçim ölçülerinden elde edilmiş ağırlıklarla, çalışma alanındaki bir bölgeden diğer tüm bölgelere olan yolculuk süreleri veya yolculuk maliyetlerinin bir ağırlıklı ortalaması olabilir. Otomobil ve toplu taşıma arasındaki erişilebilirlik oran veya farkının daha sonra, trafik etütlerinden elde edilen türler ayrımına ait bilgilerle korelasyonu yapılır. Şekil 2.1’de de erişilebilirlik oranı temeline dayalı geliştirilmiş bir sapma eğrisi örneği görülüyor. Sapma eğrileri bazen, hanehalkı büyüklüğü veya ortalama otomobil sahipliği gibi birtakımsosyo-ekonomik karakteristikler üzerine de geliştirilebilir.



Şekil 2.1 Toplu Taşıma Kullanım Oranı – Erişilebilirlik İlişkisi (Kanafani, 1983)

Bölgesel erişilebilirlik temelinde dayalı sapma eğrileri ancak toplulaştırılmış bir yaklaşımla elde edilebilir.

Yolculuk geçişli sapma durumunda; kişi-yolculuk cinsinden ölçülen başlangıç-sonakımları, benzeri sapma yoluyla en az iki tür arasında dağıtılır. Burada sapmaya dair yaklaşımların farkı; her bir başlangıç-sonakıma özel olarak değişmesi ve dolayısıyla yalnızca bir değil daha fazla erişilebilirlik ölçüsü içermesidir. Sapma eğrileri; yolculuk süresi oranları ve yolculuk maliyeti oranları gibi değerlerin temel üzerine geliştirilebilir.

Tür seçimine dair sapma eğrileri, analiz için basit araçlardır, fakat; çok sayıda ve ciddi kısıtları bulunması daha çok karar almak için yapılan talep çalışmalarında kullanımlarını sağlar. Sapma eğrisi yöntemi, temelinde çok toplulaştırılmış bir yöntemdir. Bundan dolayı, kent içerisinde yolculuk yapan çeşitli grupları etkileyecek ulaştırma kararlarının kestirimine imkan vermez. Bununla beraber seçim fonksiyonundaki sosyo-ekonomik değişkenlerin eksikliği, bağımlı ve bağımsız seçim yapacaklar arasındaki farkın göz önüne alınmamasına neden olur. Buna örnek olarak otomobil sahibi olmayan hanelerin toplu taşıma hizmetlerine erişilebilirliği zor olan hanelerin ise otomobile bağımlı kullanıcılar olduğunu söylenebilir. Sapma analizinin bir diğer ciddi eksikliği de ikili seçim halindeki kısıtlamalardır. Pek çok ulaştırma sisteminde çok fazla seçim olanağının mümkün olduğu düşünülürse, birçok talep analizi uygulamasında bunun kullanılmadığını görülür. Tür seçiminin iki genel kategoriye sınıflandırılmasına karşın, otobüs ile

ulaşı mın; otomobil erişimi ve yürüne erişimi gibi bazı türlerle konbine bir şekilde yapılması olasıdır.

### 2.2.2 Tür Seçimi nin Davranışsal Modelleri (Ayrık Seçim Modelleri)

İlk jenerasyon olan toplulaştırılmış talep ulaştırma modelleri; grupların veya yolcuların gözlemlenen ilişkileri temelini üzerine yapılandırılmıştır. İkinci jenerasyon olan ayrık talep modelleri ise her bir yolcunun gözlemlenen seçimi temelinde yapılandırılmıştır.

Warner (1962) ve, G ve Shuldiner (1962) gibi araştırmacıların ilk çalışmalarında geleneksel metodolojide ciddi şekilde belirgin eksiklikler meydana geldiyse de, ulaştırma projelerinde 1980'lere kadar birinci jenerasyon modellerin kullanılması devam edildi. Bu süreçten sonra ikinci jenerasyon modeller, ciddi modellere seçenekleri olarak göz önüne alınmaya başlandı (Williams, 1981).

Genelde ayrık seçim modelleri; 'bireylerin sunulan bir seçeneği tercih etme olasılığının, bireylerin sosyo-ekonomik karakteristiklerinin ve seçeneğin göreceli çekiciliğinin bir fonksiyonu' olduğunu varsayar.

Alternatiflerin çekiciliğini temsil etmek için 'fayda' konsepti kullanılmıştır. Burada 'fayda', kişinin maksimize etmeye çalıştığı uygun teorik bir yapıdır. Alternatifler fayda üretmezler. 'Fayda' alternatiflerin karakteristiklerinden türetilir (Lancaster, 1966).

Örnek olarak; 'gözlemlenebilen fayda'nın, değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu olduğunu söyleyebilir. Bu modeller genellikle, fayda maksimizasyonu önermeleri üzerine kurulmuştur. Bu kategorideki modeller, model formu ve seçimfonksiyonu faydasının tanımlanmasına göre farklılık gösterirler. Doğrusal olasılık fonksiyonları ve ayrık fonksiyonlar gibi bazı istatistiksel modellerin de tür seçiminde uygulanmasına rağmen en çok kullanılan modeller, logit ve probit modellerdir.

Ayrık seçim modelleri genelde en küçük kareler yöntemi gibi standart eğri uyumu teknikleri kullanılarak kalibre edilemez. Çünkü modelin bağımlı değişkeni olan seçim oranları ( $P_i$ ), gözlemlenemeyen olasılıklardır. Bu tekniklerin kabul edildiği durumlar yalnızca, modellerin gruplar veya bireyler için olduğu hallerde veya farklı durumlara dair her bir bireyin davranışının gözlemlendiği hallerde söz konusudur. Çünkü seçimin gözlemlenen sıklıkları da '0' ile '1' arasında olan değişkenlerdir.

Spear'in (1977) bu modellere ait belirlediği özellikler şunlardır:

1. Topluştırılmış (disaggregated) talep modelleri kişisel davranış teorileri üzerine kurulmuştur. Dolayısıyla kişisel davranış açıkla mak üzere, geleneksel modellere nazaran önemli bir avantajı; bu modellerinin zaman ve yer açısından durgun veya dönüştürülebilir olduğudur.

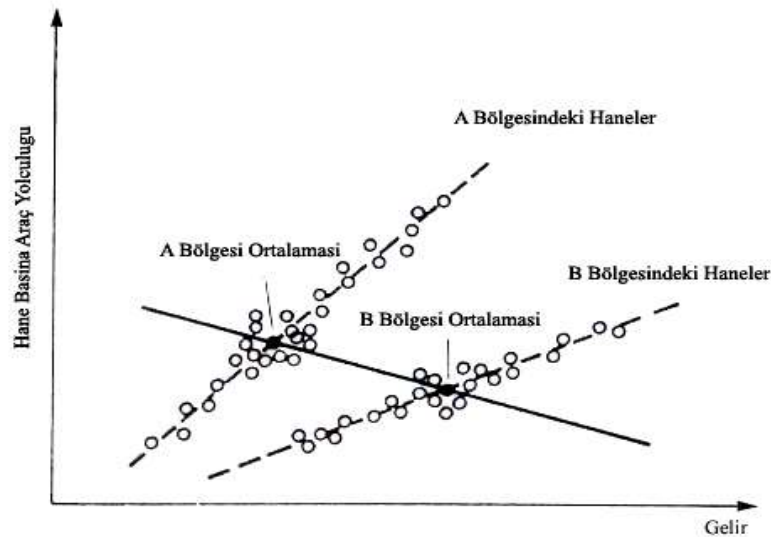
2. DM modeller, bireysel veriler kullanılarak tahmin edilir ve kapsam aşağıdaki başlıkları içerir.

- Bilgi kullanımı açısından DM modelleri geleneksel modellerden daha etkin olabilir. Her bir bireyi ntercihi bir gözlem olarak ele alındığında daha az veri noktası istenir. Topluştırılmış modellerde bir gözlem bazen yüzlerce bireyin gözlemlerinin bir ortalamasıdır.

- Bireysel veri kullanıldığı için, bilgi deki tüm içerilen değişkenlilik faydalandırılabilir.

- DM modelleri prensipte, herhangi bir toplulaştırma düzeyinde uygulanabilir; fakat belirgin gibi görünen toplulaştırma işle mi önemlidir.

- DM modeller toplulaştırılmış bireyler arası korelasyondan kaynaklanan önyargıya daha az sahiptir. Veri toplulaştırmasında ciddi bir problem, kişisel davranışın bölgelere dair tanımlanamayan karakteristiklerde gizli olabileceğidir. ‘Ekolojik korelasyon’ denilen bu korelasyona ait grafik Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Gelire Bağlı Araçlı Yolculuk İlişkisi (Ortuzar ve Willumsen, 1996)

Şekildeki gibi; bir yolculuk yaratım modeli bölgesel verilerle tahmin edilseydi, yolculuk sayısının gelirle düşeceğini görecektik. Fakat aksi durumda hane düzeyinde ele alınan verilerde bu sabit kalacaktı.

3. Ayrık modeller olasılık özelliklidir. Dahası, her alternatifi seçimin olasılığını verdiği gibi seçilen alternatifin hangisi olduğunu gösterir. Kullanım ise aşağıdaki gibi temel olasılık konseptiyle tanımlanmalıdır.

- Belirli bir yolculuk seçeneğini seçen insanların beklenen sayısı; (2.6) ifadesindeki gibi o alternatifleri seçen kişiler olasılıklarının toplamına eşittir.

$$N_i = \sum_n P_{in} \quad (2.6)$$

- Her birini ayrı ayrı durumsal tercih olarak ele alan bir bağımsız kararlar kümesi modellenabilir. Daha sonra sonuçlanan olasılıklar ortak olasılıkları vermek için (2.7) ifadesindeki gibi çarpılabilirler.

$$P(f, d, m, r) = P(f)P(d|f)P(m|d, f)P(r|m, d, f) \quad (2.7)$$

Burada;

f : frekans

d : varış noktası

m : tür

r : güzergahtır.

4. Modele dahil edilmiş tanımlayıcı değişkenler, açık bir biçimde tahmin edilmiş katsayılarla sahip olabilirler. Genelde kısıtlı ve bir kaç parametresi olan geleneksel modellerdeki genelleştirilmiş maliyet fonksiyonu durumuna karşın, fayda fonksiyonu prensipte herhangi sayıda ve ifadede tanımlayıcı değişkene izin verir. Bunun kapsamı aşağıda sıralanmıştır.

- DM modelleri; yapılan çalışmaya ilişkin karar değişkenlerinin daha esnek bir ifade şekli oluşturmalarına izin verir.

- Tanımlayıcı değişkenlerin katsayılarının, her bir özelliğin göreceli önemini yansıtmaları gibi doğrudan bir marjinal fayda yorumlaması vardır.

### 2.2.2.1. Çoklu Probit Model

Bu model;  $[U(i), U(j), \dots]$  olan rastgele faydalarını (2.8) ifadesindeki şekilde çok değişkenli normal dağılım (MVN) olduğu varsayılarak elde edilmiştir.

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ M \\ U_n \end{pmatrix} \sim \text{MVN} \left[ \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ M \\ V_n \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{1n} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 & M \\ M & O & M \\ \sigma_{1n} & \sigma_n^2 & \end{pmatrix} \right] \quad (2.8)$$

Burada;

$n$ : Alternatiflerin sayısı

$\alpha_j$ : Varyans-kovaryans matrisidir.

Fayda fonksiyonunun rastgele değişkenleri olan ‘ $\epsilon$ ’ler ise; (2.9) ifadesinde gösterildiği şekilde, sıfır ortalamalı ve sonlu varyans-kovaryans matrisli bir çok değişkenli normal (MVN) dağılıma uymaktadır.

$$\epsilon_i \sim \text{MVN}(0, \Sigma) \quad (2.9)$$

Seçimin probit modeli, (2.8) veya (2.9) denklemini (2.5) denklemiyle birleştirilerek elde edilir. Probit model, bazı sadeleştirici kabuller yapılmadan çok değişkenli durumda kullanılamaz. İki çeşit yaklaşıktır ve faydalıdır.

Bunlardan birisi Lerman ve Manski’nin (1977) önerdiği ‘Monte Carlo Simülasyonu’nu doğrudan (2.5) ifadesine uygulamak yoluyla yapılır. Bu dışsal ve pahalıdır.

Diğer yaklaşıma ise; (2.10) ifadesinde gösterilen, ‘ $n$ ’ sayıda normal dağılan değişkenin maksimumunu normal dağılıma yaklaştıran Clark’ın (1961) geliştirdiği ‘yaklaşık kapalı form (approximate closed-form solution) çözümüdür.

$$\max[U(1), U(2), K, U(n)] \sim N(V_{\max}, \sigma_{\max}^2) \quad (2.10)$$

Burada, herhangi normal dağılımı  $U_1$  ve  $U_2$  değişkenini (2.11) ifadelerindeki şekilde tanımlamak üzere ‘ $U_i$ ’ler; ‘ $V_i$ ’ ortalamaları ve ‘ $\alpha_j$ ’ kovaryanslarıyla çoklu normal değişkenlerdir.

$$E(U_1) = V_1 \quad \text{ve} \quad E(U_2) = V_2$$

$$\text{var}(U_1) = \sigma_1^2 \quad \text{var}(U_2) = \sigma_2^2 \quad \text{var}(U_1 + U_2) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 \quad (2.11)$$

$$\text{cov}(U_1, U_2) = \sigma_1\sigma_2\rho_{12}$$

$$\mu_{12} = E[\max(U_1, U_2)] = V_1\Phi(\alpha_{12}) + V_2\Phi(-\alpha_{12}) + \sqrt{\text{var}(U_1 + U_2)}\phi(\alpha_{12})$$

Burada;

$\rho_{12}$ : Korelasyon katsayısı

$$\alpha = (V_1 - V_2) / \sqrt{\text{var}(U_1 + U_2)}$$

$\Phi$ : Standart normal dağılım fonksiyonu

$\phi$ : Yoğunluk fonksiyonudur.

Clark (1961) ayrıca (2 10) ve (2 11) ifadelerini geliştirerek (2 12) ifadesini elde etmiştir.

$$\begin{aligned} \omega_{12} &= E[\max(U_1, U_2)]^2 \\ &= (V_1^2 + \sigma_1^2)\Phi(\alpha_{12}) + (V_2^2 + \sigma_2^2)\Phi(-\alpha_{12}) + (V_1 + V_2)\sqrt{\text{var}(U_1 + U_2)}\phi(\alpha_{12}) \end{aligned} \quad (2 12)$$

Sonuçta ‘ $U_1$ ’ ve ‘ $U_2$ ’nin maksimumuyla herhangi normal dağılmış ‘ $U_3$ ’ değişkeni arasındaki korelasyonu (2. 13) ifadesinde gösterildiği şekilde belirlemiştir.

$$\rho_3' = \rho[U_3, \max(U_1, U_2)] = \frac{[\sigma_1\rho_{13}\Phi(\alpha_{12}) + \sigma_2\rho_{23}\Phi(-\alpha_{12})]}{\sqrt{\omega_{12} - \mu_{12}^2}} \quad (2 13)$$

(2 11)den (2 13)e kadar olan ifadeler, üç alternatif olduğu zaman doğrudan seçimin probit modelini türetmek için kullanılabilir. Örnek olarak, üçüncü türün seçimi olasılığı ise (2 14) ifadesinde gösterilmiştir.

$$p(3) = p[U_3 > \max(U_1, U_2)] = \Phi\left(\frac{V_3 - \mu_{12}}{\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_m^2 - 2\rho_3'\sigma_3\sigma_m}}\right) \quad (2 14)$$

Burada;

$$V_3 = E(U_3) \text{tir.}$$

‘ $\mu_{12}$ ’ ve ‘ $\rho_3'$ ’ (2 11) ve (2 13) ifadelerinden elde edilir.

$$\sigma_m^2 = \text{var}[\max(U_1, U_2)] \text{dir.}$$

‘ $\sigma_m^2$ ’ ise (2 12) ifadesinden (2. 15) ifadesindeki şekilde elde edilir.

$$\sigma_m^2 = (\omega_{12} - \mu_{12}^2) \quad (2 15)$$

Üçten fazla alternatifi olduğu durumlarda ise problem üç-türlü hale (2 16) ifadesindeki şekilde indirgenebilir.

$$\max(U_1, U_2, K, U_n) = \max\{\max K \max[\max(U_1, U_2), U_3] K U_n\} \quad (2.16)$$

#### 2.2.2.2 İkili Probit Model

İki alternatif olan daha basit bir durumda ise ikili durum denilen probit model (2.5) ifadesi yardımıyla doğrudan (2.17) ifadesindeki şekilde türetilir.

$$p(1) = p[U(1) > U(2)] = p[U(2) - U(1) \leq 0]$$

$$\Rightarrow p(1) = \Phi \left[ \frac{V(2) - V(1)}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2}} \right] \quad (2.17)$$

(2.14) veya (2.17) ifadesindeki gibi çeşitli denklemler şeklinde yazılabilen probit seçim modelinde ‘ $\Phi(\cdot)$ ’ ve ‘ $\phi(\cdot)$ ’ fonksiyonlarının değerleri, mevcut tablolardan görülebilir. Probit modelin kullanımı ve tahmini için Daganzo, Bouthelier ve Sheffi (1977) ve Daganzo ve Bouthelier (1979) daha etkin algoritmalar geliştirmiştir.

İkili probit modelin özel bir hali ise; (2.18) ifadesinde gösterildiği şekilde ‘ $U(1)$ ’ ve ‘ $U(2)$ ’nin birbirinden bağımsız ve normal dağılıma göre dağılmış olarak tanımlandıklarında söz konusudur.

$$\begin{bmatrix} U(1) \\ U(2) \end{bmatrix} \sim N \begin{bmatrix} V(1) & \sigma_1^2 \\ V(2) & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Bu durumda (2.14) ifadesindeki denklemin kullanılması yoluyla (2.19) ve (2.20) ifadeleri elde edilir.

$$p(1) = \Phi \left\{ \frac{1}{\sigma} [V(2) - V(1)] \right\} \quad (2.19)$$

$$p(2) = 1 - p(1) \quad (2.20)$$

Elde edilen basit ikili model dikdörtgen ve ‘S’ şekilli eğriler meydana getirmektedir. Dikdörtgen şeklindeki eğri, ‘1’ türünü seçme oranının %100 olduğu ve  $V(1) > V(2)$  olduğu durumdaki deterministik ‘ya hep ya hiç’ seçeneğini gösteriyor. ‘S’ şekilli eğri ise  $V(1) < V(2)$  olduğu fakat ‘1’ türünü seçmenin ‘0’ olasılığında olmadığı veya ‘2’ türünü seçmenin ‘0’ olasılığında olmadığı gösteriyor. Bunun nedeni ‘ $V(\cdot)$ ’ seçimi

fonksiyonunun rastgele olmasıdır. Burada,  $V(.)$  bir fayda fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve değeri arttıkça seçilme olasılığı da artmaktadır.

İkili probit modeldeki bağımsızlık varsayımı, probit modelin sadeleşmesini sağlasa da bunu kullanmanın bir anlamı yoktur. Probit modelin etkin özelliklerinden birisi de; alternatiflerin özelliklerinin birbirleriyle korelasyona girdikleri algılandığında, stokastik seçim modellerinin uygulanmasına elverişli olmasıdır. Dolayısıyla bağımsızlık varsayımı yapılmaması, modelin en etkin özelliklerinden birisini yok eder. Bağımsızlığı iyi bir varsayım olduğu zaman kullanılan, daha basit logit modeller vardır.

### 2.2.2.3 Çoklu Logit Model (MNL)

Bu model; seçim fayda fonksiyonunun rastgele bileşenlerinin ‘ $e(i)$ ’ tanınmasının bağımsız olduğu ve bileşenlerinin (IID) Gumbel Dağılım Fonksiyonu’na göre tanımlandığı varsayıldığında elde edilir. Gumbel Dağılım Fonksiyonu (2.21) ifadesinde gösterilmiştir.

$$F_e(x) = e^{-\theta e^{-x}} \quad ; \quad \theta > 0; -\infty < x < \infty \quad (2.21)$$

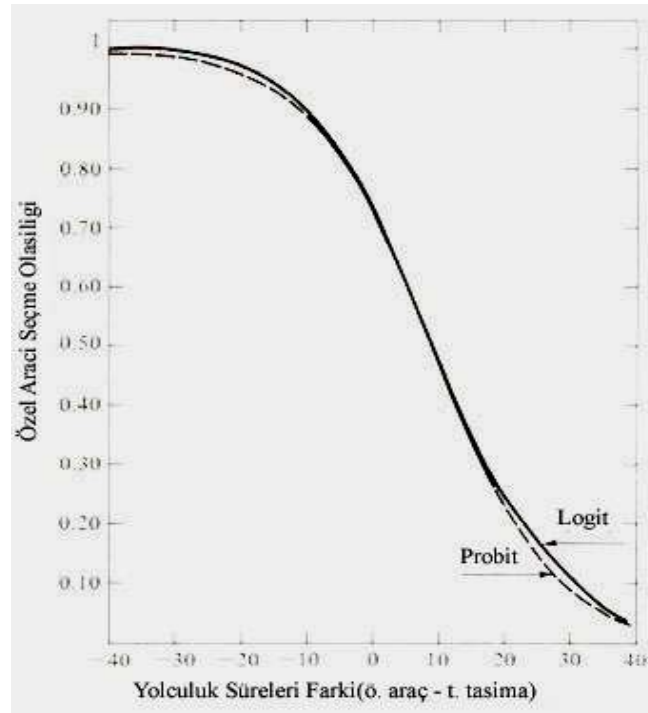
Gumbel Dağılımı, normal dağılıma benzerdir. Bağımsızlık varsayımı yapıldığı zaman probit modelinkine benzer sonuçlar verir. (2.5) ile (2.21) ifadelerindeki denklemler birleştirilerek (2.22) ifadesi elde edilir.

$$\begin{aligned} p(i) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{j \neq i} \exp[-\theta e^{-[V(j)-V(i)+x]}] \theta e^{-\theta} e^{-\theta \exp(-x)} dx \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_j \exp[-\theta e^{-[V(j)-V(i)+x]}] \theta e^{-x} dx \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-\theta e^{-x} \sum_j e^{V(j)-V(i)}\right] \theta e^{-x} dx \end{aligned} \quad (2.22)$$

(2.22) ifadesi, logit modelin çok iyi bilinen bir formu olan çoklu logit modeldir (MNL). Logit modelin matematiksel işlemlere yatkın olmasından dolayı sayısız avantajı vardır. Logit modelin parametrelerini tahmini; modelin uygulanmasında ve yorumlanmasında da olduğu gibi çoklu probit modelden daha kolaydır. Logit modelin en büyük dezavantajı; alternatiflerin bağımsız seçim fonksiyonu olduğu zamanlardaki kısıtlamalardır.

Bu modellerin sonuçları karşılaştırılırken, aralarındaki farklılık sıkça rastlanan birşeyi gösterir. Logit modelin sonuçları probit modelinkilerle görelî olarak karşılaştırıldığında; düşük seçim fonksiyonu ‘ $V(.)$ ’ ile üçüncü türün kullanımı düşürür, yüksek seçim fonksiyonu ‘ $V(.)$ ’ ile ikinci türün kullanımı artırırna eğiliminde olduğu görülür. Pek çok uygulamada; faydaların bağımsızlığı varsayıldığında, sonuçların çok farklı çıkmadığı görülmüştür.

Şekil 2.3’te gösterilen De Donnea’nın (1971) yaptığı çalışma, aynı veriler için probit ve logit modelin sonuçlarını irdelemektedir.



Şekil 2.3 Bağımlı ve Bağımsız Değişkene Göre Probit ve Logit Model Sonuçları (Kanafani, 1983)

Probit ile logit model arasındaki seçim her zaman için, ‘bağımsızlık varsayımı yapılsa da yapılmısa da’ temeline dayanmalıdır. Bu, genelde tür seçim işleminin yapısıyla ilişkilidir.

Birbirine benzer özelliklerde alternatifler veya tekrarlayan bileşenleri olan alternatifler söz konusu olduğu zaman bağımsızlık varsayımı yapılmaz ve probit model daha iyi bir seçim modelidir. Diğer yandan, kentiçi yolculuk türleri veya kentsel varış analizlerinde olduğu gibi ayrı ele alınabilen alternatifler söz konusu olduğunda logit model kullanımı daha uygun olmaktadır.

#### Çoklu Logit Modelin ‘İlişkisi Olmayan Alternatiflerin Bağımsızlığı’ (II A) Özelliği

(2.22) denkleminde logit modele göre  $p(i)/p(j)$ ’nin göreceli tahmini (2.23) ifadesinde gösterilmiştir.

$$\frac{p(i)}{p(j)} = \frac{e^{V(i)}}{e^{V(j)}} \quad (2.23)$$

(2.21) ifadesine göre; herhangi iki alternatif arası göreceli olasılık bu ikisinin özelliklerinin sadece bir fonksiyonudur ve olası diğer alternatiflerden bağımsızdır. Seçim modellerinin bu özelliğine ‘İlişkisi Olmayan Alternatiflerin Bağımsızlığı’ denir ve logit model gibi modellerin eksikliği olarak nitelendirilir.

Kent içi yolculuklarda otomobil ve otobüsün göreceli kullanımı örnek alınacak olursa, belki daha da fazla tercih edilebilecek bir üçüncü seçenek olan trenle yolculuğun seçilme olasılığı hiç göz önüne alınmamaktadır. Çoklu seçimde buna ilişkin bir genel kural Luce (1959) tarafından önerilmiştir. Böylelikle ikili logit model; deterministik bir seçim modeli olarak lojistik sapma eğrisi yardımıyla üretilmiştir. Böylece logit modelin doğrusal olması şeklinde bir sadeleştirme yapılmış oldu (2.23) ifadesinin logaritması alınarak (2.24) ifadesi elde edilir.

$$\ln \frac{p(i)}{p(j)} = V(i) - V(j) \quad (2.24)$$

Kullanılan çoğu seçim fonksiyonu doğrusal olarak tanımlanmaktadır. Böylece logit modelin parametreleri; tahminleri çok etkin olmasa da, model (2.24) ifadesindeki hale getirildiğinde, doğrusal regresyon analizi yöntemiyle hesaplanabilmektedir.

Logit modelde yapılacak değişiklikler bu eksikliği giderebilir. Fakat ilişkisi olmayan alternatiflerin kısıtlı olduğu, benzer alternatiflerin bulunduğu durumlarda bu özelliği olmayan probit model kullanılmalıdır. Seçim fonksiyonları arasında bağımsızlık olduğunu varsaymak çok gerçekçi olmamaktadır.

#### **2.2.2.4 Hiyerarşik veya Gruplandırılmış Logit Model (HL)**

Üç seçim alternatifinin olduğu bir durumda MNL modelde, (2.25) ifadesindeki gibi bir kovaryans matrisi vardır.

$$\Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

Üç alternatifli ve (2.25) ifadesindeki kovaryans matrisine sahip logit modelde meydana gelebilecek sorunlar, aşağıda sıralanan durumların söz konusu olması halinde görülecektir.

- Alternatifler bağımsız değilse (değerlerine nazaran daha benzer alternatifler grupları varsa, özel otomobile karşı toplu taşıma türleri varsa..)
- MNL gibi ortalama değer modellerinden ise, rastgele katsayı modellerinin istendiği durumlarda; bireylere ait deneme varyasyonları olduğunda (maliyeti algılama gelire göre farklılaşıyorsa, fakat bu değişken ölçülmediyse)

Çok değişkenli normal dağılımlardan türetilebilecek probit model, bahsedilen bu iki durumda daha geneldir. Çünkü bir kovaryans matrisiyle söz konusudur. Fakat üç alternatife de olanlar haricinde bu modelle çözümlenme zordur (Daganzo, 1979).

Değer yandan; fayda fonksiyonu için özel formların kendilerini önermelerinden dolayı, probit modelce karşı koyulan tüm genelleştirilmişlik gereksiz olabilir. İki boyutlu seçim durumuna dair iyi bir örnek; alternatiflerin korelasyon yarattığı fakat denemelerin varyasyonlarının problem olmadığı varış (D) ve tür (M) seçiminin bir kombinasyon meydana getirdiği düşünüldüğünde verilebilir.

Bu durumda;

$(D_1, K, D_D), (M_1, K, M_M)$  : her bir boyutta seçeneklerdir.

A : her bir boyuttaki seçeneklerin kombinasyonlarının seçilebilirliği.

$D_d M_m$  : belirli bir aktiviteyi ele alacak özel varış-tür seçeneği olan, 'A'nın genel elemanıdır.

Bu durumda (2.26) ifadesindeki fonksiyonları göz önüne almak olasıdır. (Williams ve Ortuzar, 1982a)

$$U(d, m) = U_d + U_m \quad (2.26)$$

Burada;

$U_d$  : özel olarak varışla bağlantılı faydanın oranıdır.

$U_{dm}$  : yolculuk maliyetiyle bağlantılı faydadır. (disutility)

(2.26) ifadesi, (2.27) ifadesi şekline getirilebilir.

$$U(d, m) = V(d, m) + e(d, m) \quad (2.27)$$

Burada:

$$V(d, m) = V_d + V_{dm}$$

$$e(d, m) = e_d + e_{dm} \text{ dr.}$$

Eğer ‘e’ kalınlar bölünmüş olarak II Diseler; belirli şartlar altında hiyerarşik veya gruplanmış logit model (2.28) ifadesindeki hale gelir. (Williams, 1977; Daly ve Zachary, 1978)

$$P(d, m) = \frac{\exp\{\beta(V_d + V_d^*)\} \exp(\lambda V_{dm})}{\sum_{d'} \exp\{\beta(V_{d'} + V_{d'}^*)\} \sum_{m'} \exp(\lambda V_{d'm'})} \quad (2.28)$$

Burada  $V_d^*$  yi ifade eden eşitlik (2.29) da gösterilmiştir.

$$V_d^* = (1/\lambda) \log \sum_{m'} \exp(\lambda V_{dm'}) \quad (2.29)$$

‘ $e_d = 0$ ’ olduğu durumda ‘ $-\beta = \lambda$ ’ oluyorsa; HL, özel bir durum olan uniparametrik MNL’ye dönüşür. Buna istinaden; fayda ifadeleri ilk varış için basitlikli modele göre tanımlan yazıldığında (2.30) ve (2.31) ifadeleri elde edilir.

$$U(1, 1) = V_1 + V_{11} + e_1 + e_{11} \quad (2.30)$$

$$U(1, 2) = V_1 + V_{12} + e_1 + e_{12} \quad (2.31)$$

Burada korelasyonun kaynağı ‘ $U(1, 1)$ ’ ve ‘ $U(1, 2)$ ’nin ikisinde de bulunan ‘ $e_1$ ’ kalınıdır. Dolayısıyla ‘ $e_d = 0$ ’ olursa, korelasyon oluşmaz ve modelin MNL’den bir farkı kalmaz.

Son olarak modelini içsel olarak tutarlı olabilmesi için (2.32) ifadesindeki durumun sağlanması istenir. (Williams, 1977)

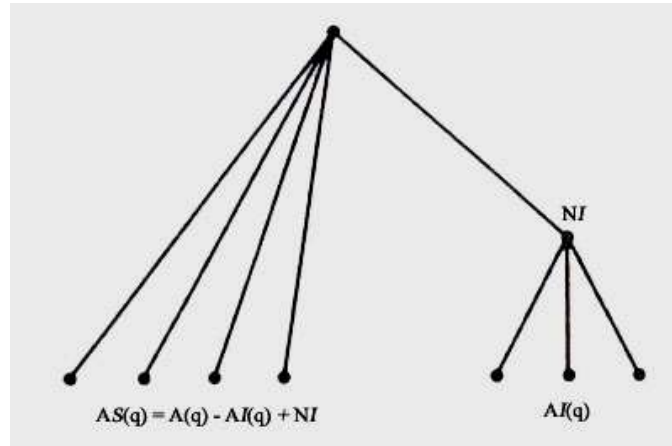
$$\beta \leq \lambda \quad (2.32)$$

Bu istenileni sağlamaayan modellerin, yanlış büyüklüklerde veya yanlış işaretlerde elastisite meydana getirdiği görülmüştür. (Williams ve Senior, 1977)

### Hyerarşik Logit Modelin Özellikleri

Bir modelleme aracı olarak HL'nin özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir. (Gtuzar, 1980b; Sobel, 1980)

1. Yapısı; aralarında korelasyon olan seçeneklerin tüm alternatif kümelerinin hiyerarşik olarak gruplandırılmasıyla karakterize edilir. Sırasıyla her bir grup; kişiye mümkün diğer alternatiflerle yarışacak bir kompozit alternatifle temsil edilir. Şekil 2.4'te, iki gruplu logit model gösterilmiştir.



Şekil 2.4 İki Gruplu Hyerarşik Logit Model (Gtuzar ve Willumsen, 1996)

2. HL, MNL için geliştirilmiş etkin yazılımın zincirleme(sequentially) kullanılmasıyla tahmin edilebilir. Seçenekler, alternatifler kümesi için aynı değeri alan tüm 'z' değişkenlerini saf dışı bıraktığımızda emin olarak, öncelikle alt grubun 'AI(q)' alternatifleri için bir MNL hesaplanır. Daha sonra; kompozit alternatif olan 'N' ile 'AS(q)'ya ait geri kalan seçenekler arasında seçim yapmayı etkileyecek bu değişkenler *üstün* grupta da tanımlanmalıdır.
3. *Düşük* grupların, o anki *üstün* olanlara tanımlanması, kompozit alternatifin faydalarının yardımıyla olur. Bu kompozit alternatiflerin genel de iki bileşeni vardır. Bunlardan birisi, *düşük* grup seçeneklerinin beklenen maksimum faydasından (EMU) oluşur. Diğer; grubun tüm üyelerine dair özelliklerin vektörü olan 'z'yi temel alır. Beklenen maksimum fayda parçası (2.33) ifadesindeki gibidir.

$$EMU = \log \sum_j \exp(W_j) \quad (2.33)$$

' $AI(q)$ 'daki tüm seçeneklerde genel olan ' $z$ ' değişkenlerini kabul uyle beraber, ' $W$ ' grupta ' $A$ ' alternatiflerini n faydasıdır. Burada; eğer ' $\lambda = 1$ ' ise, ' $W$ ' (2.28) ifadesi ndeki ' $V_d^*$ 'ni n aynı sıdır.

Dol ayı sıyla grubun kompozit faydası (2.34) ifadesindeki gi bi dir.

$$V_1 = \phi EMU + \alpha z \quad (2.34)$$

Burada,  $\phi$  ve  $\alpha$  hesaplanacak para metrelerdir.

4. Bunları yaptıktan sonra, yüksek grup için bir di ğer MNL hesaplamak şarttır. Bu, düşük hi yerarşileri ve o düzeyde gruplanmamış seçenekleri temsil eden tüm kompozit alternatifleri temsil eder.
5. Son olarak, ' $A \in AI(q)$ ' seçeneğini seçen ' $q$ ' bireyinin olasılığı; yüksek gruptaki kompozit alternatif ' $N$ 'ı seçmenin marjinal olasılığının bir sonucu olarak hesaplanabilir. Düşük gruptaki ' $A$ ' seçeneğini seçmenin durumsal olasılığı ' $q$ 'nun kompozit alternatifi seçmesiyle verilir.
6. (2.32) ifadesindeki içsel tanı durumu yeni bir notasyonla (2.35) ifadesinde gösterildi ği şekilde ifade edilir.

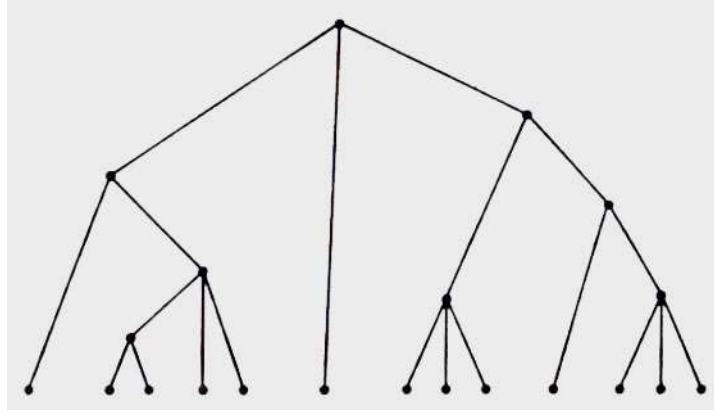
$$0 < \phi \leq 1 \quad (2.35)$$

Eğer ' $\phi < 0$ ' olursa; EMU'nun değerini arttırması gerekli olan, gruptaki bir alternatifi n faydası ndaki artış aslında grubu seçmenin olasılığını düşürecektir. Eğer ' $\phi = 0$ ' ise; EMU otomobil ve topl u taşı na arasındaki seçimi etkilemeyeceğinden; herhangi artış, grubun seçil me olasılığını etkilemeyecektir.

Di ğer yandan eğer ' $\phi > 1$ ' ise; gruptaki bir alternatifi n faydası ndaki artış, hem kendisinin seçil me olasılığını hem de yeni grupta kalan seçeneklerin seçil me olasılıklarını arttıracaktır. Son olarak ' $\beta = \lambda$ ' anlam na gelen ' $\phi = 1$ ' ise; HL modeli matemati ksel olarak MNL'nin eşdeğeri durumuna gelir. Bazı durumlarda, daha az para metresi bulunduğundan, modeli MNL olarak kalibre etmek daha etkilidir.

HL modelleri sadece iki hi yerarşik düzeyle sınırlı değildir. Şekil 2.5'deki gi bi daha fazla gruplanan düzeyler olabilir. Yapının her dallanması nda (2.36) ifadesindeki şart a ihtiyac vardır.

$$0 < \phi_1 \leq \phi_2 \leq K \leq \phi_s \leq 1 \quad (2.36)$$



Şekil 2.5 Çok Gruplu Hiyerarşik Logit Model (Ortuzar ve Willumsen, 1996)

Burada ' $\phi_1$ ' en içeren (inclusi ve) parametreye, ' $\phi_2$ ' de en yüksek düzeyde en içeren parametreye karşılık gelir.

7. HL'nin sınırlamaları aşağıda sıralanan ifadelerde belirtilmiştir.

- MNL'de de olduğu gibi, bu bir rastgele katsayılar modeli değildir. Dolayısıyla bireylere ait dene varyasyonlarıyla ölçülemez.

- Eğer gruplar model yapısında tanımlanmışsa, seçeneklere ait içsel bağımlılığı ele alabilir. Ayrıca bir gruptaki alternatifler diğer bir gruptaki alternatiflerle korelasyon meydana getiremez. (karışık-tür türel olgusundaki test edilebilecek bu çapraz-korelasyon etkisi, sadece probit modelle ele alınabilir)

- Seçeneklerin artışıyla beraber olası model yapıları da geometrik olarak arttıkça, HL'nin en iyi model yapısını belirlemek pek çok gruba haline ait gözlem tecrübesi gerektirir. (Sobel, 1980)

HL modelleme deneyimleri, MNL'yle yapılandakinden çok daha uzun sürer.

- Zincirleme hesap metodu (sequential estimation method) basit ve fizibilidir. MNL için kullanılan yazılım kullanma imkanı vardır ve tutarlı tahminler üretilir. Fakat potansiyel olarak ciddi problemleri vardır. Örneğin düşük grup modellerini tahmin için yeterli veri yoksa; düşük seviyede bilginin göz önüne alınması ve bundan kaynaklanan hataların daha üst seviyelere geçmesi şeklinde tahminler etkisiz olabilecektir. (Hensher, 1986; Ortuzar ve diğerleri, 1987)

Bilgisayar kullanıldığı zaman, tam bilgilendirme veya eşzamanlı tahmin genelde çok daha karışık ve zaman harcamacıdır. 1980'lerin ortasına kadar amaç özel yazılım hazırlamak bunun için şarttı (Small ve Brownstone, 1982; Hensher, 1986). Günümüzde ise; genelde algoritmanın verilen hesaplama etkinliğinin ancak zincirleme tahminin zorunlu olduğu durumlarda kullanılan, eşzamanlı tahmini çok

esnek ve pratik bir yolla yapan güçlü bilgisayar programları var. (Daly, 1987; Daly, 1992)

### 2.2.2.5 Karışık Çoklu Logit Model (MMNL)

Karışık logit model (MMNL) yapısı, rastgele parametrelili logit veya hata bileşenli logit olarak da bilinmektedir. Karışık logit model; gözlemlenen her bir değişkenle ilişkili parametrenin (değişkenin katsayısı gibi) kullanıcılar kümesi içerisinde rastgele bir şekilde farklılıklar göstermesine imkan tanıması yolu ile standart logit model yapısını genelleştirmektedir. Kullanıcıya-özel parametrelerin dağılımlarının momentleri tahmin edilir. Gözlemlenmeyen kullanıcıya-özel parametrelerin varyansı, faydanın stokastik kısmındaki alternatifler üzerinde korelasyon meydana getirir. Dolayısıyla karışık logit, standart logit formunun kısıtlı kestirim yapısını oluşturan ilişkisiz alternatiflerin bağımsızlığı (II A) kuralını barındırmaz. Böylece karışık logit, aynı kullanıcı tarafından tekrarlayan tercihlerin yapılması durumunda daha etkin tahmine olanak vermektedir (Revelt ve Train, 1997).

Karışık çoklu logit model; çoklu logit model formunun, gözlemlenmeyen rastgele parametrelerin dağılımı üzerine integrasyonunu gerektirir. Bu işlemin yapılmasıyla modelin yapısı (2.37) ifadesindeki hali alır (Bhat, 2000).

$$P_{qi}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} L_{qi}(\beta) f(\beta|\theta) d(\beta) \text{ ve } L_{qi}(\beta) = \frac{e^{\beta'x_{qi}}}{\sum_j e^{\beta'x_{qj}}} \quad (2.37)$$

Burada;

$P_{qi}$  : 'q' bireyinin 'i' alternatifi ni seçme olasılığı

$x_{qi}$  : 'q' bireyi ve 'i' alternatifi ne özel gözlemlenen değişkenlerin bir vektörü

$\beta$  :  $f(\cdot)$  yoğunluk fonksiyonundan rastgele gerçekleşenleri temsil eder

$\theta$  :  $f(\cdot)$ 'yi karakterize eden moment parametrelerinin bir vektörüdür.

### 2.3 Seçim Modellerinin Kalibrasyonu

Tümyolculuk talep modellerinde olduğu gibi seçim modellerinin kalibrasyon işlemi; parametre değerlerinin hesaplanması, hesaplamaların istatistiksel önemlerinin değerlendirilmesi ve tahminlerin gözlemlenen davranışlarla karşılaştırılarak modelin geçerliliğinin kontrol edilmesi yoluyla yapılır. İlk adımlar tahmin yapmada birer

istatistiksel işlem olduklarından eşzamanlı yapılabilirler. Üçüncü adım ise model kestirimlerinin, parametreleri hesaplamada kullanılanlardan farklı olarak gerçek verilerle karşılaştırılmasını gerektirir.

Seçim modellerinin çoğunun doğrusal olması bunların kestirimlerinin doğrusallaştırılabilen basit talep modellerinden daha karışık olduğu anlamına gelir. Doğrusal olmayan modellere uygun olmasına rağmen, regresyon teknikleri ve en küçük kareler yönteminin az sayıda uygulamaya örnekleri vardır. Kabul edilebilen tek durum toplulaştırılmış piyasa seçenekleri verileriyle beraber kullanılan ikili logit modeldir. Bu gibi durumda (2.24) ifadesindeki denklemde olduğu gibi ' $V(.)$ ' seçim fonksiyonunun doğrusal olması halinde basit doğrusal bir formelde edilebilir. Bu doğrusal fonksiyon da regresyon analizi yöntemiyle hesaplanabilir.

### 2.3.1. Çözümlenmiş Toplu Seçim Modelleri

Toplu seçimi düzeyde; seçim fonksiyonu her bir bireye özel ölçülmüş talep ve arz değişkenlerini içerir. ' $N$ ' bireyin olduğu ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) ve ' $K$ ' seçeneğin olduğu ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) bir örneklemede, her bir birey ve her bir alternatif için seçim fonksiyonu ' $V(n, k)$ ' şeklinde yapılandırılır. Bu fonksiyon, ' $X_{nk}$ ' vektörü ile gösterilen talep ve arz değişkenlerini içerir.

Böylece önerilen seçim modeli, her bir birey için her bir alternatifi seçme olasılığı olan ' $p_{nk}$ 'ı verir. Genelliğini kaybetmediğini farzederek seçim fonksiyonunun doğrusal olduğunu söyleyebiliriz. ' $A$ 'nın parametrelerinin bir vektörü olduğu düşünüldüğünde (2.38) denklemi her bir birey ve her bir alternatif için seçim fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$V(n, k) = \sum_i a_{ik} x_{ink} \quad (2.38)$$

Burada;

$x_{ink}$ : ' $n$ 'inci kişi için ölçülen ' $k$ 'ıncı alternatifi'nin ' $i$ 'inci değişkenidir.

Böylece seçim modeli (2.39) ifadesindeki hali alır.

$$p_{nk} = f_k[V(n, k)] = g_k \left[ \sum_i a_{ik} x_{ink} \right] \quad (2.39)$$

Model parametresi olan ' $a_{ik}$ 'ı tahmin ederken bir takım ' $N$ ' sayıda birey ve bu bireylerin yaptıkları seçimler gözlenir. Burada aynı zamanda ' $X_{ink}$ 'nın da

değerleri gözlenir. Gözlenen seçimlerin olabilirlik fonksiyonunu yapılandırarak (2.40) ifadesindeki rastgele değişkenler tanımlanır.

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } n \text{ bireyi, } k \text{ alternatifini seçerse} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (2.40)$$

$$N_k = \sum_{n=1}^N Y_{nk} \quad (2.41)$$

(2.41) ifadesindeki ' $N_k$ ', gözlenen örneklem içerisindeki ' $k$ ' alternatifini seçen bireylerin sayısını verir.

' $N$ ' örneklemi ' $K$ ' sayıda ' $S_k$ ' altkümesine bölünür. Bu alternatiflerin her biri ' $k$ ' alternatifini seçen ' $N_k$ ' bireylerini barındırır. ' $Y_{nk}$ ' değerlerinin bağımsız Bernoulli denemelerinin sonuçlarını temsil ettiğini varsayarsak (farklı bireylerin seçimlerinin farklı olduğunu varsaymak gibi) her bir ' $S_k$ ' altkümesinde ' $N_k$ ' bireylerinin olasılığı çoklu dağılım verir. Dolayısıyla gözlenen örneklem olabilirliği (2.42) ifadesindeki gibidir.

$$\Lambda = p(N_1, N_2, \dots, N_K | A) = \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_K!} \prod_k \prod_{n \in S_k} (p_{nk}) \quad (2.42)$$

' $A$ ' parametrelerinin maksimum olabilirlik tahminlerinin yapılabilmesi için (2.42) denkleminde maksimizasyonun logaritmasını alıp sadeleştirerek ve sabit çarpanı ( $N! N_1! N_2! \dots N_K!$ ) düşürmek gerekir. Böylece (2.43) ifadesi elde edilir.

$$\Lambda^* = \sum_k \sum_{n \in S_k} \ln p_{kn} \quad (2.43)$$

' $A$ ' parametrelerinin olabilirlik tahmini (2.44) ifadesindeki gibi hesaplanır.

$$\text{Her } i \text{ için} \quad \frac{\partial \Lambda^*}{\partial a_{ik}} = 0 \quad (2.44)$$

Böylece elde edilen maksimum olabilirlik tahmini edici olan ' $a_k$ '; asimptotik olarak etkin, tutarlı ve normal dağılmıştır. ' $a$ ' için güvenilirlik aralıkları, (2.45) ifadesindeki gibi varyans-kovaryans matrislerinden hesaplanır.

$$\hat{\Omega} = - \left\{ \frac{\partial^2 \Lambda^*}{\partial a_{ik} \partial a_{jk}} \right\}^{-1} \Big|_a = \hat{a} \quad (2.45)$$

Tahmin edilen ‘ $\hat{A}$ ’ vektörünün anlamılığı, olabilirlik oranlar testi kullanılarak da tahmin edilebilir. Bir seçimin parametre değerlerini tahmin etmek ve değerlendirmek için (2.43) denklemini (2.45) denklemine uygulamın kolaylığı, modelin formuna dayanır. Örnek olarak logit model görece olarak doğrudan tahmine uygundur. Probit model ise daha karmaşık bir takım hesaplamalı prosedürler gerektirir. Bunun için ise bilgisayardan yararlanma imkanı vardır

(2.38) denklemindeki modelin tanımlanması ‘ $a_k$ ’ parametrelerine dayanarak, seçimin özelliğe-özel olmasından daha çok alternatif-özel olduğunu vurgular. Bunun nedeni; ‘ $a_k$ ’ parametrelerinin, verilen ‘i’ seçeneği için bir alternatiften diğerine değişmesine izin verilmesidir. ‘ $a = a_k$ ’ olduğu özel bir durum, alternatiflerin tanımlandığı seçim üzerinde özelliklerin aynı etkiye sahip olduğu anlamına gelir. Alternatif-özel model açık bir şekilde daha fazla sayıda parametre içerir ve kalibrasyonu için daha fazla veri gerektirir. Bu modelin, alternatifler ve özel faktörlerin etkilerini barındırmak gibi bir avantajı vardır. Dezavantajı ise, karar alma analizlerine özelliğe-özel modelde olduğu kadar cevap verememesidir. Çünkü; parametre değerleri bilinmeden, yeni alternatifler için seçim olasılıkları hesaplanamaz. Alternatif; parametreleri, özelliğe-özel veya eşit olarak soyut-seçim yapılmalıdır. Bu, alternatiflerin niteliklerini bir kere tanımladıktan sonra, her bir alternatifin paylaşımının tahmini imkanı sağlar. Fakat soyutsalılık varsayımı, izah gücü kaybına neden olur.

Model çoklu logit olarak kullanıldığında, tahmin problemlerine açık çözümler bulmak (2.41)’den (2.43)’e kadar olan denklemleri kullanarak mümkündür. MNL modeli için (2.42) denklemin (2.46) ifadesindeki gibi yazılabilir.

$$\Lambda = \frac{N!}{N_1! N_2! \dots K! N_k!} \prod_k \prod_{n \in S_k} \frac{e^{V(n,k)}}{\sum_k e^{V(n,k)}} \quad (2.46)$$

Burada logaritmalardan alınıp sabit çarpan düşürülürse (2.47) ifadesi elde edilir.

$$\Lambda^* = \sum_k \sum_{n \in S_k} V(n,k) - \ln \sum_k e^{V(n,k)} \quad (2.47)$$

‘ $V(n, k)$ ’ yerine ‘ $\sum_i a_{ik} x_{ink}$ ’ yazılması ve ‘ $\Lambda^*$ ’nın maksimize edilmesiyle (2.48)

ifadesi elde edilir.

$$\frac{\partial \Lambda^*}{\partial a_{ik}} = \sum_k \sum_{n \in N_k} x_{ink} - \sum_k \sum_n x_{ink} \frac{e^{V(n,k)}}{\sum_k e^{V(n,k)}} = 0 \quad (2.48)$$

Her bir ‘ $a_k$ ’ değeri için bu denklemin çözümü; Newton-Raphson Algoritması gibi iteratif prosedürler kullanılarak bulunabilir. Ayrıca bunları hesaplamak için bilgisayardan faydalananak da mümkündür.

### 2.3.2 İkili Topulaştırılma Modeller

İkili toplulaştırılma seçimi iki alternatifin olduğu özel bir durumdur. Bu şartlar altında (2.41) ifadesindeki olabilirlik fonksiyonu sadeleştirilerek (2.49) ifadesindeki gibi yazılabilir.

$$\Lambda = \frac{N!}{N_1! N_2!} \prod_{n \in S_1} (p_{n1}) \prod_{n \in S_2} (p_{n2}) \quad (2.49)$$

Logit model için (2.46) ifadesindeki denklemin logaritması alınarak sadeleştirme yapılır ve ‘ $\Lambda$ ’ parametrelerinin değeri (2.50) ifadesinden elde edilir.

$$\Lambda^* = \sum_{n \in S_1} V(n,1) + \sum_{n \in S_2} V(n,2) - \sum_n \ln[e^{V(n,1)} + e^{V(n,2)}] \quad (2.50)$$

Buradaki toplulaştırılma kalibrasyon durumunda; (2.50)de gösterilen logit modelin sadeleştirme özelliği avantajı kullanılmaz. Toplulaştırılma durumunda ‘1’ ve ‘2’ alternatiflerinin göreceli olasılıkları (2.51) ifadesindeki gibi hesaplanır.

$$\frac{p(1)}{p(2)} = \frac{e^{V(n,1)}}{e^{V(n,2)}} \quad (2.51)$$

Denklemin sağ tarafı kişiye-özel dir(individual-specific), dolayısıyla parametrelerin kalibrasyonu için ‘ $p(1)/p(2)$ ’ye dair farklı gözlemler elde etmek mümkün değildir. (2.50) denkleminin doğrusallaştırılması ve parametrelerin tahmini için regresyon kullanılması sadece toplulaştırılma durumunda uygulanabilir.

### 2.3.3 Çoklu Topluştırılmış Modeller

Topluştırılmış seçi m modelinde, seçi m fonksiyonundaki ‘ $x_{kn} = x_{ik}$ ’ şeklindeki değişkenlerin tüm bireyler için aynı olduğu kabul edilir. Bu her bir alternatif için, ölçülen seçi m fonksiyonunun tek bir değeri olduğu anlamına gelir ve seçi min olasılıkları ‘ $S_k$ ’ olan her bir alt kümedeki bireyleri için aynıdır. ( $p_{nk} = p_k$ ) Bu durumda (2.42) ifadesinde verilen olabilirlik fonksiyonu (2.52) ifadesindeki gibi yazılabilir.

$$\Lambda = \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_k!} \prod_k (p_k)^{N_k} \quad (2.52)$$

Sadeleştirilmiş logarit mik-olabilirlik fonksiyonu (2.53) ifadesindeki gösterilmiştir.

$$\Lambda^* = \sum_k N_k p_k \quad (2.53)$$

Diğer hesaplamalar, daha önce olduğu gibi ‘ $\Lambda^*$ ’ maksimizasyonu ile aynı şekilde devam eder.

Tamamen topluştırılmış bir modelin doğru olduğunu, her bir bireyin aynı maliyet ve zaman değerlerine hassas olacağından dolayı açıktır. Elde veri imkanı varken, parametre hesabında topluştırılmış modeller kullanmak tercih edilir olmalıdır. Değişik seviyelerde topluştırmanın sonuçlar üzerindeki etkisi, model değişkenlerinin kişiden kişiye veya incelenen grubun bir bölümünden diğer bölümüne göre gösterdiği farklılıklara dayanır.

### 2.3.4 İkili Topluştırılmış Modeller

Bu tür ikili seçi m durumunda, incelenen nüfusun yaptığı seçime dair elde topluştırılmış veri olması gerekir. (2.52) ve (2.53) ifadelerindeki denklemler, (2.54) ve (2.55) ifadelerindeki denklemlere dönüştürülür:

$$\Lambda = \frac{N!}{N_1! N_2!} (p_1)^{N_1} (p_2)^{N_2} \quad (2.54)$$

$$\Lambda^* = N_1 \ln p_1 + N_2 \ln p_2 \quad (2.55)$$

Geri kalan hesaplama işlemleri, çoklu topluştırılmış logit modelde olduğu gibi ilerler. Logit model uygulaması durumunda (2.24) ifadesindeki denklemin doğrusal formu kullanılarak sadeleştirme prosedürü uygulanır. Topluştırılmış modeller,

genel de toplulaştırıl nām ř verinin bulunmadığı kentiçi yolculuk analizlerinde kullanılır.

### 3. İSTANBUL İÇİN YAPILAN ULAŞIM ETÜTLERİNDE KULLANILAN TÜREL DAĞILI MYÖNTEMLERİ

#### 3.1. IRTC Ulaşım Etüdü

1986 yılında, ‘Boğaz Demiryolu ve İstanbul Métrosu Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi’ kapsamında İstanbul’un ulaşım etüdü yapılmıştır. Yapılan çalışmada kalibrasyon safhasında, kullanılan model alt başlıkta açıklanmıştır.

##### 3.1.1. Çalışmada Kullanılan Model

Kullanıcıların yolculuklarda, ücret ve süreyi en aza indirmeye çabasında bulunarak tercihlerini rasyonel alternatifler arasından yapacakları kabul edilerek logit model uygulanması yapılmıştır. Logit modelin, toplu taşıma sistemlerindeki performans değişimine duyarlı olduğu göz önüne alınarak bu duyarlılığın analizi için söz konusu performans değişimliklerini kişisel tercihlerle karşılaştırılabilecek sayısal ifadelerine gerek duyulmuştur. Her yolculuk yolculuk süresi ve yolculuk maliyeti, tercih kararına etkin sayısal ifadeler olarak kabul edilip, bölgeler arası ulaşım türleri yolculukları ile çoklu regresyon yöntemi kullanılarak ikili logit model kalibrasyonu yapılmıştır.

Bölgeler arası otomobil ve toplu taşıma yolculuklarını ifade eden denklemler sırasıyla (3.1) ve (3.2) ifadelerinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^A = \frac{V_{ij}^A}{V_{ij}} = \frac{\exp(U_{ij}^A)}{\exp(U_{ij}^A) + \exp(U_{ij}^T)} \quad (3.1)$$

$$P_{ij}^T = \frac{V_{ij}^T}{V_{ij}} = \frac{\exp(U_{ij}^T)}{\exp(U_{ij}^A) + \exp(U_{ij}^T)} \quad (3.2)$$

Burada:

$P_{ij}^A$  ve  $P_{ij}^T$ : Sırasıyla ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası otomobil ve toplu taşıma yolculukları paylarını

$V_{ij}^A$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası otomobil yolculuklarını

$V_{ij}^T$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası toplu taşıma yolculuklarını

$V_{ij}$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası toplam yolculukları

$U_{ij}^A$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası otomobil türüne ait fayda fonksiyonunu

$U_{ij}^T$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası toplu taşıma türüne ait fayda fonksiyonunu göstermektedir.

Otomobil ve toplu taşıma türlerine ait fayda fonksiyonlarının ifadeleri ise sırasıyla (3.3) ve (3.4) ifadelerindeki denklemlerde gösterilmiştir.

$$U_{ij}^A = \beta(Lo_{ij}^A) + \mu(SE_i) \quad (3.3)$$

$$U_{ij}^T = \beta(Lo_{ij}^T) + \alpha \quad (3.4)$$

Burada:

$Lo_{ij}^A$  ve  $Lo_{ij}^T$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında sırasıyla otomobil ve toplu taşıma türleri için ortalama yolculuk sürelerini

$SE_i$ : ‘i’ bölgesinin sosyo-ekonomik özelliklerini

$\beta$ ,  $\mu$  ve  $\alpha$ : tahmin edilecek olan parametrelerdir.

‘ $\alpha$ ’ alternatif katsayı olarak adlandırılmış olup, toplu taşıma türünün hizmet düzeyi özelliklerini, otomobil türüne göreli olarak ortaya çıkarmak üzere genel olarak model tanımlamasına dahil edilmiştir.

(3.1) ve (3.2) ifadelerindeki ulaşım türünü kullanma oranları, en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilebilen ve (3.5) ifadesinde gösterilen doğrusal bir fonksiyon oluşturmuştur.

$$\frac{P_{ij}^A}{P_{ij}^T} = \frac{V_{ij}^A / V_{ij}}{V_{ij}^T / V_{ij}} = \frac{V_{ij}^A}{V_{ij}^T} = \frac{\frac{\exp(U_{ij}^A)}{\exp(U_{ij}^A) + \exp(U_{ij}^T)}}{\frac{\exp(U_{ij}^T)}{\exp(U_{ij}^A) + \exp(U_{ij}^T)}} = \frac{\exp(U_{ij}^A)}{\exp(U_{ij}^T)} \quad (3.5)$$

(3-5) ifadesinin her iki tarafı da doğal logaritmaya çevrilerek (3-6) ifadesi elde edilir.

$$\ln\left(\frac{V_{ij}^A}{V_{ij}^T}\right) = \ln\left(\frac{\exp(U_{ij}^A)}{\exp(U_{ij}^T)}\right) = \ln(\exp(U_{ij}^A - U_{ij}^T)) = U_{ij}^A - U_{ij}^T \quad (3.6)$$

(3.3) ve (3.4) ifadelerindeki ulaşım türlerine ait fayda fonksiyon değerleri (3.6) ifadesinde yerine konularak (3-7) ifadesi elde edilir.

$$\ln\left(\frac{V_{ij}^A}{V_{ij}^T}\right) = \beta(Lo_{ij}^A - Lo_{ij}^T) + \mu SE_i - \alpha \quad (3.7)$$

### 3.1.2 Kullanılan Modelin Özellikleri ve Katsayıları

Yapılan çalışmada, bölgeleri arası yolculuk matrisleri ve sosyo-ekonomik özellikler, IRTC hane halkı anketleri kullanılarak belirlenmiştir. Yolculuk amaçlarına göre sınıflandırmaya ek olarak birleştirilmiş bölgeler arası yolculuklar, otomobil ve toplu taşıma türlerinin her ikisi için de ayrılmıştır. Bölgeler arası yolculukları birleştirerek ev-çalışma, ev-çalışma-okul ve ev-çalışma-olmayan yolculuklar için ayrı model oluşturabilecek ölçüde yeterli istatistiksel veri bulunamamıştır. Bu nedenle bölgeler arası birleştirilmiş yolculuklar, bu üç yolculuk amacı için bir araya getirilmiştir. Böylece bu yolculuk amaçlarına dair ortak bir model oluşturulmuştur.

İkili logit modelin yolculuk maliyeti değişkeni göz önüne alınmadan yapılan kalibrasyonu sonrası elde edilen katsayılar, yolculuk maliyeti değişkeninin de tanımlandığı yeni bir modelde değerlendirilmiştir. Yeni elde edilen ikili tür seçimi logit modeli kullanılarak maliyet katsayılarının tahmini; yolculuk süresi, maliyeti ve gelir dağılımına ait toplam bölgesel ortalama değerlerin birleştirilmiş toplu taşıma veya otomobil payı değişkenleri ile birlikte kullanılmasıyla mümkün olmuştur.

### 3.1.3 Amaçlarına Göre Yolculuklar İçin Model Kalibrasyonu

İş amaçlı yolculuklar ve geriye kalan diğer amaçlı yolculuklar için iki ayrı türel ayrım modeli kalibre edilmiştir.

#### 3.1.3.1. Ev-Çalışma-İş Yolculukları İçin Türel Dağılım Modeli

Toplam yolculuk süresi değişkeni ve ikamet bölgesinin gelir grubunu tanımlayan gelir kodu nitelikleri, model tanımlaması için kullanılmıştır. Her iki değişkenin de

%05 düzeyinde güvenilirlik sağlanmaları yönünden istatistiksel açıdan anlamlı oldukları belirtilmiştir. Değişkenlere ait katsayılar ve istatistiksel bilgiler Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 IRTC Etüdü İş Yolculukları Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Katsayıları ve t İstatistiği Değerleri (Boğaz Demiryolu Tüneli ve İstanbul Metrosu Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi Özet Raporu)

| DEĞİŞKENLER                        | KATSAYI | t DEĞERİ | TÜR           |
|------------------------------------|---------|----------|---------------|
| OTOMOBİL YOLCULUK SÜRESİ           | -0,017  | 1,89     | OTOMOBİL      |
| TOPLU TAŞIYAN YOLCULUK SÜRESİ      | -0,017  | 1,89     | TOPLU TAŞIYAN |
| İKAMET BÖLGESİNİN GELİR GRUBU KODU | 0,421   | 2,93     | OTOMOBİL      |
| ALTERNATİF KATSAYISI               | 1,737   | 5,15     | TOPLU TAŞIYAN |
| KORELASYON KATSAYISI               | 0,242   |          |               |
| F-ORAN                             | 8,135   |          |               |
| GÖZLEM SAYISI                      | 54      |          |               |

Maliyet katsayısı; Tablo 3.1’deki katsayıları, birleştirilmiş toplu taşıma payı ve yolculuk süresi, yolculuk maliyeti ile gelir grubu koduna ait toplam bölgesel ortalama değerleri içeren bir logit fonksiyon kullanılarak tahmin edilmiştir. Otopark ücretlerinin uygulanabildiği bölgelere ait park ücretlerinden başka 50TL/km’lik otomobil işletme maliyet değeri de otomobil türü yolculuk ücretlerine dahil edilmiştir. Toplu taşıma türü yolculuk maliyeti için bir bölgeler arası bilet ücreti matrisi geliştirilip kullanılmıştır. Tahmin edilen maliyet katsayısı ‘-0.0011’ değerini almıştır.

### 3.1.3.2 Diğer Yolculuklar İçin Türel Dağılım Modeli

Ev uçu-đıđer, ev uçu-okul ve ev uçu ol mayan yolculuklara ait toplam yolculuk süresinin %05 düzeyinde bir güvenilirlik içinde istatistiksel yönden anlamlı olduğu görülmüştür. Model katsayıları ve istatistiksel bilgiler Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Maliyet katsayısının tahmini ev uçu-iş yolcularının kalibrasyonunda olduğu şekilde tahmin edilmiştir. Logit fonksiyonu için %70,5 düzeyinde birleştirilmiş toplu taşıma payı kullanılmıştır. Tahmin edilen maliyet katsayısı ‘-0.0018’ değerini almıştır.

Tablo 3.2 IRTC Etüdü, Birleştirilmiş Diğer Yolculukların Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Katsayıları ve t İstatistiği Değerleri (Boğaz Demiryolu Tüneli ve İstanbul Métrosu Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi Özet Raporu, 1986)

| DEĞİŞKENLER                         | KATSAYI | t DEĞERİ | TÜR           |
|-------------------------------------|---------|----------|---------------|
| OTOMOBİL YOLCULUK SÜRESİ            | -0,024  | 2,59     | OTOMOBİL      |
| TOPLU TAŞI N YOLCULUK SÜRESİ        | -0,024  | 2,59     | TOPLU TAŞI MA |
| İKAMET BÖLGESİ N N GELİR GRUBU KODU | 0,886   | 4,82     | TOPLU TAŞI MA |
| ALTERNATİF KATSAYISI                | 0,25    |          |               |
| KORELASYON KATSAYISI                | 6,7     |          |               |
| F-ORAN                              | 24      |          |               |
| GÖZLEM SAYISI                       | 54      |          |               |

### 3.1.4 Katsayıların Diğer Etütlerle Karşılaştırılması

1986 yılında yapılan IRTC Ulaşım Etüdü'nden önce İstanbul Métropolitan Alanı için yapılan ulaşım etütlerinde türel dağılımların oranları için logit analizler kullanılmıştır. Bu nedenle yapılan çalışmada, Tablo 3.3'te gösterilen farklı yolculuk amaçlarının modellerine ait yolculuk süresi ve yolculuk maliyeti katsayıları ile diğer katsayılar; daha önce ABD kentlerinde kullanılan ayrıştırılmış tür seçimi modellerinin değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.3 IRTC Etüdü, Türel Dağılım Modelleri Değişkenleri Katsayıları (Boğaz Demiryolu Tüneli ve İstanbul Métrosu Fizibilite Etüdü ve Avan Projesi Özet Raporu, 1986)

| DEĞİŞKEN           | YOLCULUK AMACI | IRTC MODELİ |
|--------------------|----------------|-------------|
| YOLCULUK SÜRESİ    | İŞ             | -0,017      |
|                    | DİĞERLERİ      | -0,024      |
| YOLCULUK MALİYETİ  | İŞ             | -0,0011     |
|                    | DİĞERLERİ      | -0,0018     |
| ALTERNATİF KATSAYI | İŞ             | 1,737       |
|                    | DİĞERLERİ      | 0,886       |

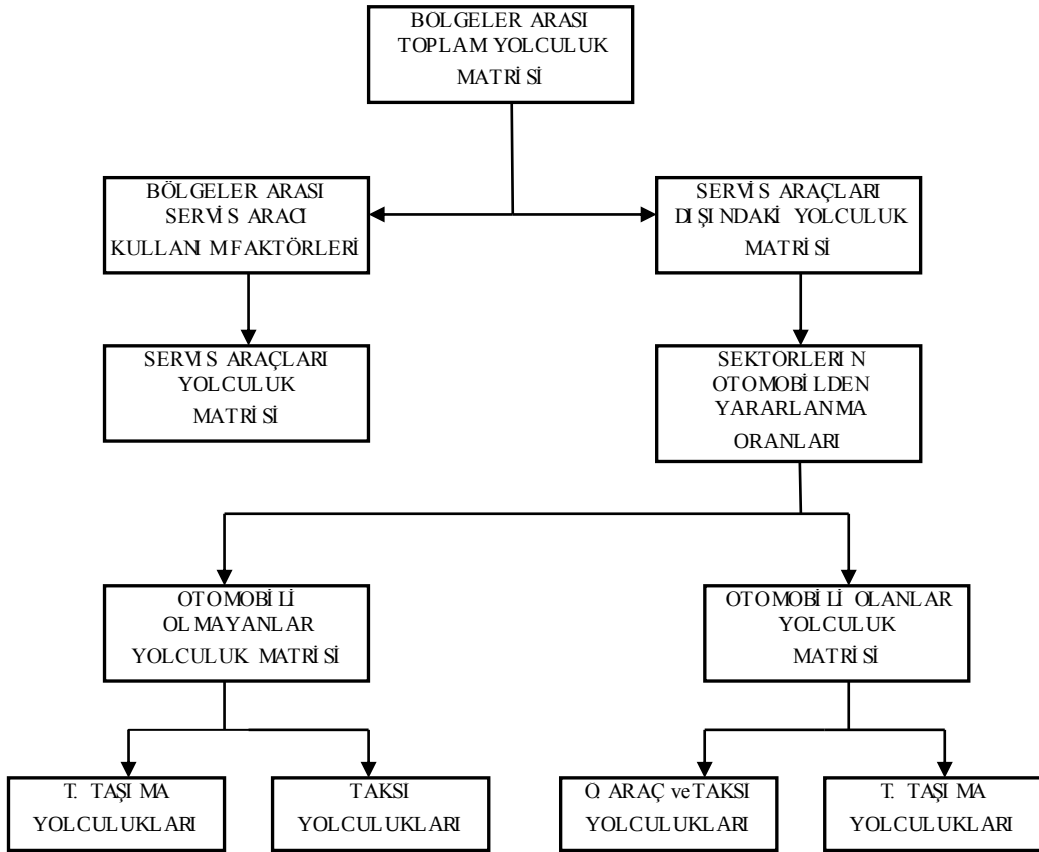
IRTC'ye ait olmayan modellerin katsayılarının IRTC modelindeki değerleriyle uyumlu hale getirilmesi için, analizin yapıldığı sıradaki cari kur olan 1 ABD doları için 530TL kabul edilmiştir.

### 3.2 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nazım Planı (1987)

Temel Mühendislik ve Halcrow Fox and Associates tarafından yapılan kalibrasyona göre, yolculuk dağıtım modeliinden elde edilen 24 saatlik kişisel yolculuk matrisleri türel ayırım modeli yardımıyla özel ve toplu taşıma türleri arasında dağıtılmıştır.

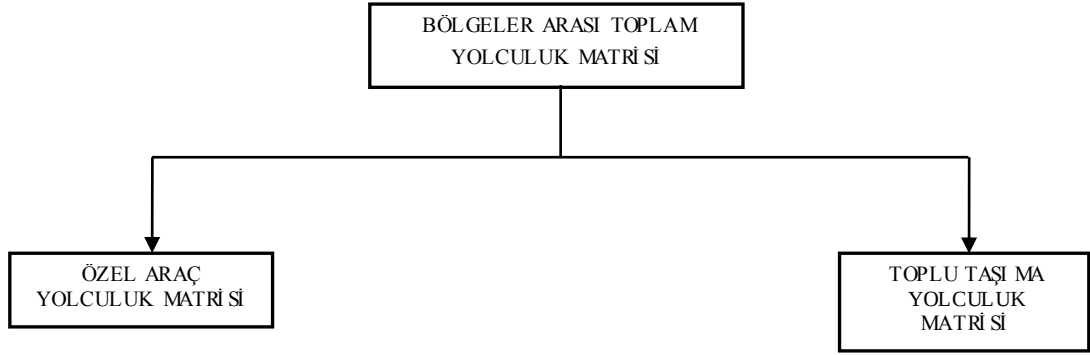
#### 3.2.1. Yolculuk Amaçlarına Göre Türel Dağılım

İş yolculukları ve ev uçuğu diğerk yolculukları n türel dağılım modeli kalibrasyonu için kullanılan hiyerarşik teknik Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



Şekil 3.1 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nazım Planı, İş ve Ev Uçuğu Diğerk Yolculuklar İçin Türel Dağılım Model Kalibrasyonu Akış Çizelgesi (İstanbul Master Plan Transport Study, Model Calibration Report, 1987)

Okul yolculukları dışında geriye kalan diğerk amaçlı yolculukları n türel dağılım modelleri kalibrasyonları için kullanılan hiyerarşik teknik Şekil 3.2’de özetlenmiştir.



Şekil 3.2 İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Nazım Planı, Diğer Yolculuklar İçin Türel Dağılım Model Kalibrasyonu Akış Çizelgesi (İstanbul Master Plan Transport Study, Model Calibration Report)

Okul yolculukları türel dağılımı için ise, logit model kalibrasyonu yapılmıştır. Bu amaçla yönelik yolculuklar, bütüne katsayıları kullanılarak tahmin edilmiştir.

### 3.2.1.1 İş Yolculuklarının Türel Ayırımı

İş yolculukları için öncelikle servis araçları yolculukları, 20 sektör arası ilişkili faktörler kümesi kullanılarak toplam kişisel yolculuk matrislerinden ayrılmıştır. Geriye kalan toplam yolculuklar, hane otomobil sahipliğine göre tanımlanmış özel araç kullanma olanağı olan (CA) ve olmayan (NCA) grupları arasında dağıtılmıştır.

Özel araç kullanma olanağı olan yolculukların özel veya toplu taşıma arasında tercih yapacağı, özel araç kullanma olanağı olmayan yolculukların ise toplu taşıma veya taksi kullanımı arasında tercih yaptığı göz önüne alınmıştır. Özel araç kullanma olanağı olan yolculuklar için dağılım özel otomobil (taksi kullanımı dahil) ve toplu taşıma türleri arasında yapmaya imkan verecek, genelleştirilmiş maliyete dayalı bir logit model kullanılmıştır. Bu logit modelin formu (3.8) ifadesinde gösterilmiştir.

$$\frac{T_{ij}^{PT}}{T_{ij}^{PR}} = \frac{\exp[-\lambda(C_{ij}^{PT} + \delta)]}{\exp[-\lambda C_{ij}^{PR}]} \quad (3.8)$$

Burada:

$T_{ij}^{PT}$  : 'i' bölgesinden 'j' bölgeye toplu taşıma türüyle yapılan yolculukların sayısı

$T_{ij}^{PR}$  : 'i' bölgesinden 'j' bölgeye özel araç ile türüyle yolculukların sayısı

$G_j^{PT}$  ve  $G_j^{PR}$  : özel ve toplu taşıma türlerinin 'i' ve 'j' bölgeleri arasındaki genelleştirilmiş maliyetleri

$\lambda$  : Kalibrasyon katsayısı

$\delta$  : Toplu taşıma türüne özgü katsayıdır.

### 3.2.1.2 Ev Uçlu-Diğer Yolculuklarının Türel Ayrımı

Ev uçlu-diğer yolculuklarının türel ayrımı modelinin kalibrasyonu için izlenen yöntem iş yolculukları için kullanılan yöntemin aynısıdır. Burada servis araç kullanımı önemsiz derecede küçük olduğundan, ilk aşamada dağıtılmıştır.

### 3.2.1.3 Okul Yolculuklarının Türel Ayrımı

Okul yolculukları hane anketlerinden elde edilen faktörlere göre eşzamanlı olarak servis araçları, toplu taşıma ve özel araç kullanımı (taksi dahil) şeklinde üçe ayrılmıştır. Bu amaçla yönelik özel araç yolculukları %10,7 civarında olduğundan böyle bir yöntem uygun görülmüştür.

### 3.2.1.4 Ev Uçlu Olmayan Diğer Yolculuklarının Türel Ayrımı

Ev uçlu olmayan diğer yolculuklar, önemli bir büyüklükte servis araç kullanımı içermektedir. Yolculukları yapan kişilerin hangi bölgede oturdukları bilinmediği için otomobil sahibi olma olasılıkları hesaplanmıştır. Bu nedenle, ev uçlu olmayan diğer yolculukların tümü için özel araç (taksi dahil) ve toplu taşıma arasındaki türel ayrım tahmin etmek üzere ikili bir logit model kalibre edilmiştir.

### 3.2.2 Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Sonuçları

Türel dağılım aşamasının temel sonuçları Tablo 3.4'te ve Tablo 3.5'te gösterilmiştir. Tablo 3.4; iş, ev-uçlu-diğer ve ev uçlu olmayan diğer yolculuklar için kalibre edilen modellerin parametrelerini özetlemektedir. Burada özel araç kullanımı taksi kullanımı içermekte, toplu taşıma kullanımı servis araç kullanımı içermektedir. Tablo 3.5 ise; model sonuçlarıyla gözlemlerin oranlarını göstermektedir.

Tablo 3.4 Türel Dağılımlarının Tahmininde Logit Model Kullanılan Yolculukların Kalibrasyon Katsayıları (İstanbul Master Plan Transport Study, Model Calibration Report, 1987)

| YOLCULUK AMACI       | LAMBDA | ST. HATA | SABİT  | DELTA  |
|----------------------|--------|----------|--------|--------|
| İŞ                   | -0,021 | 0,011    | -0,588 | 28,00  |
| EV UÇLU İĞER         | -0,037 | 0,005    | 0,822  | -22,20 |
| EV UÇLU OLMAYAN İĞER | -0,037 | 0,009    | 0,866  | -23,40 |

Tablo 3.5 Türel Dağılım Model Sonuçları İle Gözlem Değerlerinin Karşılaştırması (İstanbul Master Plan Transport Study, Model Calibration Report, 1987)

|                   | YOLCULUK AMACI       | GÖZLEM | MODEL | M/G  |
|-------------------|----------------------|--------|-------|------|
| BÖLGELER ARASI    | İŞ                   | 44,90  | 47,30 | 1,05 |
| ÖZEL ARAÇ         | OKUL                 | 50,70  | 43,70 | 0,86 |
| ORTALAMA          | EV UÇLU İĞER         | 42,00  | 46,30 | 1,10 |
| YOLCULUK MALİYETİ | EV UÇLU OLMAYAN İĞER | 42,70  | 46,20 | 1,08 |
| BÖLGELER ARASI    | İŞ                   | 82,70  | 87,80 | 1,06 |
| TOPLU TAŞIMA      | OKUL                 | 82,10  | 89,40 | 1,09 |
| ORTALAMA          | EV UÇLU İĞER         | 82,40  | 82,60 | 1,00 |
| YOLCULUK MALİYETİ | EV UÇLU OLMAYAN İĞER | 69,30  | 70,00 | 1,01 |

### 3.3 İstanbul Ulaşım Ana Planı (1997)

İstanbul Ulaşım Ana Planı kapsamındaki kalibrasyonlar İ. T. Ütarafından yapılmıştır. Okul amaçlı yolculukların dışındaki yolculukların her biri için, ayrı türel dağılım modelleri kalibre edilmiştir.

#### 3.3.1 Yolculuk Amaçlarına Göre Türel Dağılım

1997 yılında yapılan çalışmanın türel ayırım modeli kalibrasyonunda, ev uçlu-okul yolculuk amacı dışındaki yolculuklarda toplu taşıma ve özel araç türleri kullanıma dair logit türel dağılım modeli uygulanmıştır.

##### 3.3.1.1 İş Yolculuklarının Türel Ayırım

Yapılan çalışmada ev uçlu-iş yolculuklarının türel ayırım için öncelikle servis araçları ile yapılan yolculuklar, toplam yolculuklardan ayrılmıştır. Bunun için, ev halkı anketlerinden elde edilen yolculuk matrislerinden hesaplanan sektörler arası (20\*20) servis aracı faktörleri kullanılmıştır. Servis araçları ile yapılan yolculuklar

ayrıldıktan sonra kalan matris, otomobil sahibi olan ve olmayan kişiler tarafından yapılan yolculukları belirlemek üzere ikiye ayrılmıştır.

Bölgelerdeki özel otomobilden yararlanma olanaklarını gösteren katsayılar (CA katsayıları), ev halkının otomobil sahipliği oranları ile bu kişilerin yaptıkları ev içi iş yolculuklarının toplam ev içi iş yolculukları içerisindeki payı göz önünde tutularak sektör bazında hesaplanmıştır. Özel otomobilden yararlanma olanağı olmayan kişilerin yolculukları toplu taşıma ve taksi arasında bölünmüştür. Bunun için yine ev halkı anketleri sonucunda sektörler arasında hesaplanmış olan ev içi iş yolculukları taksi kullanma faktörleri kullanılmıştır.

Özel otomobilden yararlanma olanağı olan (CA) kişilerin özel ve toplu taşıma arasındaki tercihlerini belirlemek için kalibre edilen ikili logit türetilmiş ayrılmaya göre, 'i' ve 'j' bölgeleri arasında özel otomobil kullanma olasılığı olan  $P_{ij}^O$  (3.9) ifadesindeki şekilde hesaplanmaktadır.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-\lambda(C_{ij}^T - C_{ij}^O + \delta)]} \quad (3.9)$$

Burada:

$P_{ij}^O$ : 'i' ve 'j' bölgeleri arasında özel araç kullanma oranı

$G_{ij}^O$ ,  $G_{ij}^T$ : 'i' ve 'j' bölgeleri arasında toplu taşıma ve özel araç ile yapılan yolculuklar için bölgeler arası genelleştirilmiş maliyetler

$\lambda$ : Kalibrasyon katsayısı

$\delta$ : Toplu taşıma türüne özgü katsayıdır.

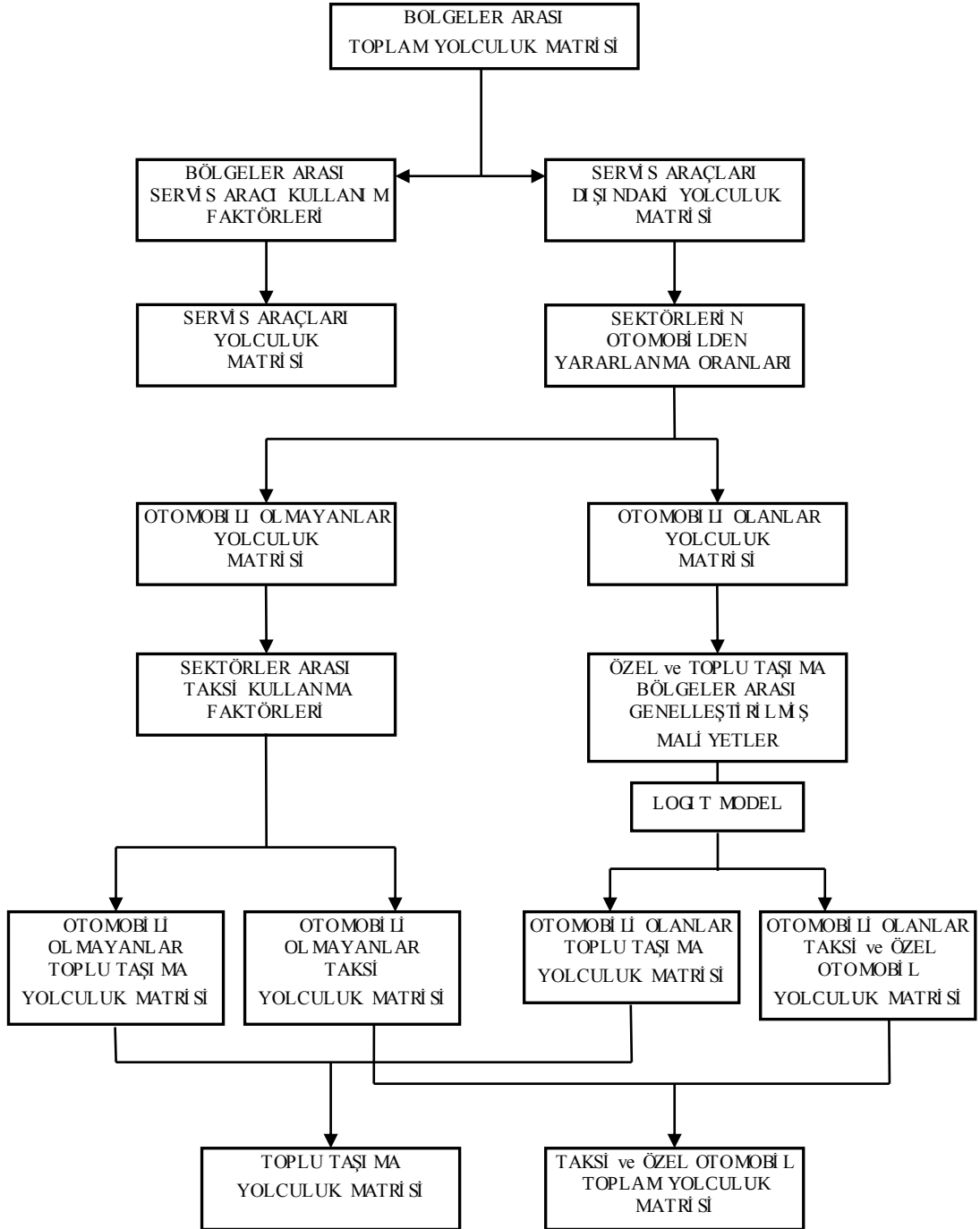
İkili logit modele göre 'i' ve 'j' bölgeleri arasında toplu taşıma türünün kullanılma olasılığı olan  $P_{ij}^T$  ise (3.10) ifadesinde şekilde hesaplanır.

$$P_{ij}^T = 1 - P_{ij}^O \quad (3.10)$$

$\lambda$  ve  $\delta$  katsayıları, ev halkı anketlerinden elde edilmiş olan yolculuk matrisleri kullanılarak, logit model kalibrasyonu ile belirlenir.

Logit modelin kalibrasyonunda esas alınan 1996 yılında özel araç ve toplu taşıma araçları ile yapılan yolculuk matrislerini oluşturmak için çalışılan alan, Tablo C.1'de gösterildiği gibi yedi perde ve kordon sektörüne bölünmüştür. Bunlardan iç bölgeleri

gösteren beş ana sektör arasındaki yolculuklar ve genelleştirilmiş maliyetler hesaplanarak logit model kalibre edilmiştir. İş ve ev uçuşlu diğer yolculukların türel dağılımı için izlenen yaklaşım gösteren akış çizelgesi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



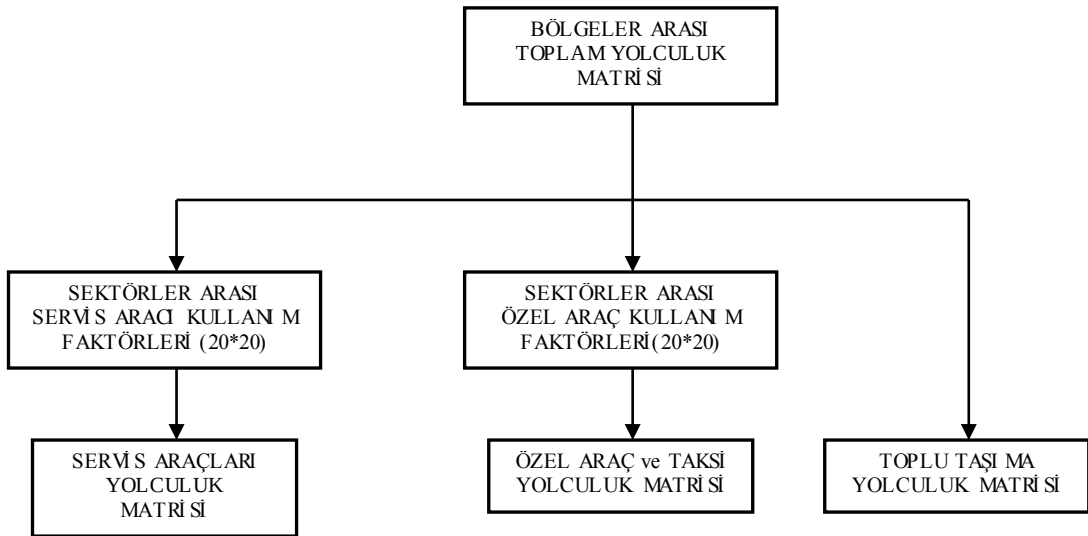
Şekil 3.3 İ. U. A. P. İş ve Ev Uçuşlu Diğer Yolculukların Türel Dağılım Model Kalibrasyonu Akış Çizelgesi (İ. U. A. P. Ulaşım Modeli Kalibrasyon Raporu, 1996)

### 3.3.1.2 Ev Uçlu-Diğer Yolculuklarının Türel Ayırımı

Ev uçlu-diğer yolculuklarının türel ayırımı modelinin kalibrasyonu için izlenen yöntem ev uçlu-iş yolculukları için kullanılan yöntemin aynısıdır. Fakat, ev uçlu-diğer yolculuklarda servis araçlarının kullanımı ihmal edilecek düzeyde küçük olduğundan bunlar, özel araç yolculukları ile birlikte hesaba katılmıştır.

### 3.3.1.3 Okul Yolculuklarının Türel Ayırımı

1996 yılı ev halkı anketlerine göre, ev uçlu-okul yolculuklarının önemli bir bölümü (%2) servis araçları ile yapılırken özel araçla yapılan yolculukların payı %0 civarındadır. Özel araç kullanımı payının çok az olması nedeniyle ev uçlu-okul yolculuklarının servis, özel araç ve toplu taşıma sistemleri arasında ayrılması için sektörler arasında hesaplanan (20\*20) servis aracı ve özel araç kullanma faktörleri kullanılmıştır. Okul yolculuklarının türel ayırımı için izlenen yöntemin akış çizelgesi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

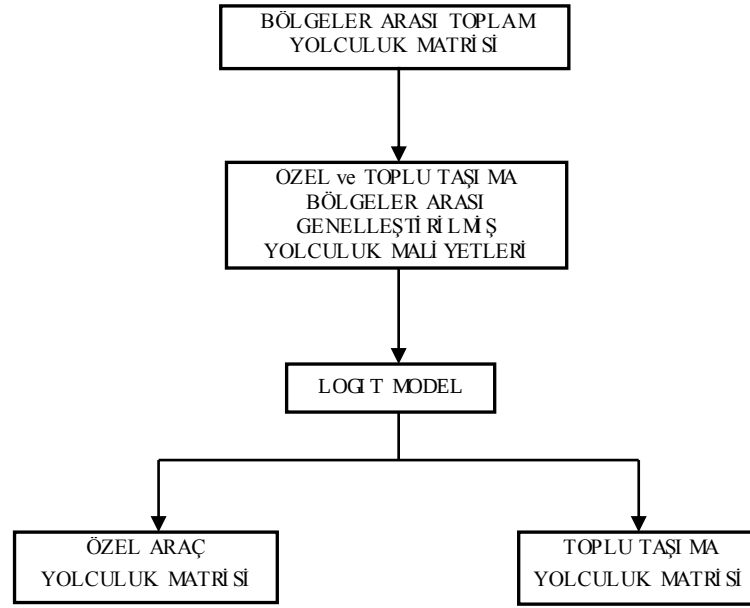


Şekil 3.4 İ. U A P Okul Yolculuklarının Türel Dağılımı İçin İzlenen Yöntem Akış Çizelgesi (İ. U A P Ulaşım Modeli Kalibrasyon Raporu, 1996)

### 3.3.1.4 Diğer Yolculukların Türel Ayırımı

Ev uçlu olmayan diğer yolculuklarda servis aracı kullanımı ihmal edilecek düzeydedir (%5,5). Bu nedenle bu yolculuklar, ev uçlu-diğer yolculuklarda olduğu gibi özel araçlarla yapılan yolculuklar içerisinde hesaba katılmıştır.

Ev uçu ol mayan di ğer yolculukları yapan kişilerin hangi bölgede oturduklarını belirlemek pratik olarak mümkün olmadığından, bu kişilerin otomobil sahibi olma olasılıkları da bilinmemektedir. Bu nedenle, ev uçu ol mayan di ğer yolculukların tümü için özel araç ve toplu taşıma arasındaki türel ayrım tahmin etmek üzere ikili bir logit model kalibre edilmiştir. Ev uçu ol mayan di ğer yolculuklarının türel ayrım için izlenen yöntemin akış çizelgesi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 İ. U A P Ev Uçu Ol mayan Di ğer Yolculukların Türel Dağılım Model Kalibrasyonu Akış Çizelgesi (İ. U A P U aşı m Modeli Kalibrasyon Raporu, 1996)

### 3.3.2 Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Sonuçları

Okul amaçlı yolculukların dışındaki yolculuklar için, logit türel ayrım modellerinin kalibrasyonu sonucunda hesaplanan kalibrasyon katsayıları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 İ. U A P Logit Model Kalibrasyon Katsayıları (İ. U A P U aşı m Modeli Kalibrasyon Raporu, 1996)

| YOLCULUK AMACI         | LAMBDA | DELTA  |
|------------------------|--------|--------|
| İŞ                     | 0,0197 | 31,98  |
| EV UÇLU Dİ ĞER         | 0,0585 | -14,02 |
| EV UÇLU OLMAYAN Dİ ĞER | 0,1540 | -14,13 |

Kalibrasyondan elde edilen başlıca sonuçlar Tablo 3.7'de özetlenmiştir.

Tablo 3.7 İ. U. A. P. Model Kalibrasyon Sonuçları (İ. U. A. P. Ulaşım Modeli Kalibrasyon Raporu, 1996)

|                 |               | İŞ        |           |       | EV UÇLU DİĞER         |           |       |
|-----------------|---------------|-----------|-----------|-------|-----------------------|-----------|-------|
|                 |               | GÖZLEM    | MODEL     | M G   | GÖZLEM                | MODEL     | M G   |
| CA              | ÖZEL          | 936.878   | 907.821   | 0,969 | 251.755               | 219.621   | 0,872 |
|                 | TOPLU TAŞI MA | 393.557   | 403.143   | 1,024 | 243.568               | 280.910   | 1,153 |
|                 | TOPLAM        | 1.330.435 | 1.310.964 | 0,985 | 495.323               | 500.531   | 1,011 |
| NCA             | ÖZEL          | 686.944   | 689.211   | 1,003 | 249.773               | 243.570   | 0,975 |
|                 | TOPLU TAŞI MA | 2.531.889 | 2.523.952 | 0,997 | 954.798               | 958.127   | 1,003 |
|                 | TOPLAM        | 3.218.833 | 3.213.163 | 0,998 | 1.204.571             | 1.201.697 | 0,998 |
| CA FAKTÖRÜ      |               | 0,292     | 0,290     | 0,993 | 0,291                 | 0,294     | 1,010 |
| TOPLAM          | ÖZEL          | 1.623.822 | 1.597.032 | 0,984 | 501.528               | 463.191   | 0,924 |
|                 | TOPLU TAŞI MA | 2.925.446 | 2.927.095 | 1,001 | 1.198.366             | 1.239.037 | 1,034 |
|                 | TOPLAM        | 4.549.268 | 4.524.127 | 0,994 | 1.699.894             | 1.702.228 | 1,001 |
| SERVİS ARAÇLARI |               | 567.520   | 587.845   | 1,036 | -                     | -         | -     |
| GENEL TOPLAM    |               | 5.116.788 | 5.111.972 | 0,999 | 1.699.894             | 1.702.228 | 1,001 |
|                 |               | OKUL      |           |       | EV UÇLU OLMAYAN DİĞER |           |       |
|                 |               | GÖZLEM    | MODEL     | M G   | GÖZLEM                | MODEL     | M G   |
|                 | ÖZEL          | 126.869   | 134.851   | 1,063 | 416.829               | 377.123   | 0,905 |
|                 | SERVİS        | 434.629   | 413.340   | 0,951 | 61.874                | 0         | 0,000 |
|                 | TOPLU TAŞI MA | 789.731   | 794.061   | 1,005 | 650.721               | 715.874   | 1,100 |
|                 | TOPLAM        | 1.351.229 | 1.342.252 | 0,993 | 1.129.424             | 1.092.997 | 0,968 |

## 4. İSTANBUL’ DA LOGİT TÜREL DAĞILIM MODELİ KALİBRASYONU

### 4.1. Genel Bilgiler

Türel dağılım modeli, yolculuk dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların ulaştırma türlerine hangi oranda dağılacakını belirlemektedir. Yapılan çalışmada, farklı yolculuk amaçlarına göre belirlenen özel araç, toplu taşıma ve servis aracı kullanımı ayrılarına göre yolculukların dağılımının yapılması için logit model kalibre edilmiştir. Model kalibrasyonu için kullanılan amaçlarına göre yolculuk matrisleri, İstanbul Ulaşım Ana Planı Çalışması’nda (1996) kullanılan yolculuk matrisleridir.

Amaçlarına göre yolculuklara ait geçerli modellerin elde edilmesi için yapılan kalibrasyonlarda kullanılan yolculuk maliyetleri, yolculuk süreleri ve genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri de yine 1996 yılı değerlerine göre hesaplanmıştır.

Model için kalibrasyon verileri, 7’li ve 20’li olmak üzere iki farklı büyüklükte sektör bazında toplanmıştır.

Toplanışın sonucu elde edilen sektörler arası veriler yardımıyla; genelleştirilmiş maliyet değişkenine göre tek değişkenli, yolculuk maliyeti ve süresine göre de iki değişkenli ikili logit modeller kalibre edilerek farklı yolculuk amaçlarına ait geçerli modeller araştırılmıştır.

İş ve ev uçuşu-dışer amaçlı yolculuklar için logit model kalibrasyonuna veri teşkil eden yolculuklar, özel otomobilden yararlanma olanağı olan kullanıcıların yaptıkları yolculuklar olarak değerlendirilmiştir.

Özel otomobilden yararlanma olanağı olmayan kişilerin ağırlıklı olarak toplu taşımayı tercih ettikleri bilinmektedir ve bu yolculukların özel otomobilden yararlanma olanağı olan yolculuklarla birlikte değerlendirili kalibrasyon yapılması, hatalı modeller elde edilmesine neden olacaktır. Bu nedenle, iş ve ev uçuşu-dışer yolculuk amacı için kalibre edilen logit türel dağılım modelinde özel araçtan yararlanma olanağı olan kişilerin yolculukları değerlendirilmiştir.

Okul yolculuklarında ise özel araç kullanımı düşük oranda ( %0) olduğu için toplam yolculuklardan ayrılmıştır. Geriye kalan yolculuklar ise türlerine göre; servis aracı ve toplu taşıma yolculukları olarak ayrılıp ikili logit model kalibre edilmiştir.

Diğer amaçlı yolculuklarda servis aracı kullanımı ihmal edilecek düzeyde olduğundan ( %5, 5) bu yolculuklar, toplam yolculuklardan ayrılmıştır. Geriye kalan ve özel araçtan yararlanma olanağının bilinmediği yolculuklar ise türlerine göre özel araç ve toplu taşıma yolculukları olarak ikiye ayrılıp model kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1.1. Çalışmada Kullanılan Model

Logit model kalibrasyonu için çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır.

Bunlardan birincisi; bölgeler arası yolculuklarda ulaştırma türleri kullanımlarının, yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri değişkenleri ile çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak ilişkilendirilmesi yoluyla yapılmıştır. İkili logit model ile bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arasında özel otomobil kullanma olasılığı olan  $P_{ij}^O$  (4.1) ifadesindeki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-\lambda((C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) + (T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) + \delta)]} \quad (4.1)$$

Burada:

$P_{ij}^O$  : 'i' ve 'j' bölgeleri arasında özel araç kullanma oranı

$G_{ij}^{TT}$ ,  $G_{ij}^O$  : 'i' ve 'j' bölgeleri arasında toplu taşıma ve özel araç ile yapılan yolculuklar için bölgeler arası maliyetler

$T_{ij}^{TT}$ ,  $T_{ij}^O$  : 'i' ve 'j' bölgeleri arasında toplu taşıma ve özel araç ile yapılan yolculuklar için bölgeler arası yolculuk süreleri

$\lambda$  : Kalibrasyon katsayısı

$\delta$  : Toplu taşıma türüne özgü katsayıdır.

Yolculuk maliyetleri ve süreleri değişkenlerine göre değerlendirme yapılırken, ulaşım modeline zaman değeri verisi girilmiştir. Doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen denklemde, yolculuk süresi farkı değişkeni katsayısının yolculuk maliyeti farkı değişkeni katsayısına oranı zaman değerini vermektedir.

İkili logit modele göre ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında toplu taşıma türünün kullanılma olasılığı olan  $P_{ij}^{TT}$  ise (4.2) ifadesinde şekilde hesaplanır.

$$P_{ij}^{TT} = 1 - P_{ij}^O \quad (4.2)$$

Logit model kalibrasyonu için kullanılan diğer yöntem ise; bölgeler arası yolculuklarda ulaştırma türleri kullanımlarının genelleştirilmiş maliyet değişkeni ile tek değişkenli doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak ilişkilendirilmesi yoluyla yapılmıştır. İkili logit model ile bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında özel otomobil kullanma olasılığı olan  $P_{ij}^O$  (4.3) ifadesindeki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-\lambda(GC_{ij}^{TT} + \delta - GC_{ij}^O)]} \quad (4.3)$$

Burada:

$P_{ij}^O$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında özel araç kullanma oranı

$GC_{ij}^{TT}$ ,  $GC_{ij}^O$ : ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arasında toplu taşıma ve özel araç ile yapılan yolculuklar için bölgeler arası genelleştirilmiş maliyetler

$\lambda$ : Kalibrasyon katsayısı

$\delta$ : Toplu taşıma türüne özgü katsayıdır.

Genelleştirilmiş maliyet değişkenine göre bir değerlendirile yapılabilmesi için ulaşım modeline genelleştirilmiş maliyetlerin yanısıra zaman değeri de veri olarak girilmiştir.

Okul yolculukları için kullanılan modellerde özel araç yolculukları yerine kalibrasyona servis aracı dahil edildiğinden; özel aracı temsil eden ifadeler, servis aracı değerlerini almaktadır.

#### 4.1.2 Verilerin Topulaştırılması

Model kalibrasyonuna esas teşkil eden veriler olan; bölgeler arası yolculuk sayıları, yolculuk maliyetleri, yolculuk süreleri ve genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri yapılan çalışmada en uygun toplulaştırma seviyesinin belirlenebilmesi amacıyla yönelik olarak 20’li ve 7’li sektörlerde toplulaştırılmıştır. Çalışma alanındaki bölgelerin 20 sektörde toplulaştırılmış hali Şekil 4.1’de, yedi sektörde toplulaştırılmış hali ise Şekil 4.2’de görülmektedir.

Çalışmada kullanılan ve İstanbul için bölge bazında mevcut olan verilerin toplulaştırılması, yine verilerin ait oldukları bölgelerin birleştirilmesi yöntemiyle elde edilmiştir. 33 ilçeden 29'unun kendi içlerinde arazi kullanımı özellikleri ile sosyal ve ekonomik özellikler açısından planlamaya uygun ve kullanılabilir veri oluşturacak biçimde homojen olarak bölünmesiyle belirlenmiş olan bölgelerin gruplanarak daha büyük sektörler oluşturulmasında; bölgelerin sınır konşusu olanlarının ve sosyal, ekonomik ve fiziksel açıdan olabildiğince benzerlik gösterenlerinin bir araya getirilmesi ne dikkat edilmiştir. Bölgelerin toplulaştırılmasında etkin olan bir diğer ölçüt ise kentiçi ulaşım dağılımıdır.

#### **4.2 Bölgeler Arası Yolculuk Maliyetleri**

Yapılan çalışmada, kent içerisinde kullanılan ulaşım türlerine ait özellikler ve değerler ulaşım modeline dahil edilip bölgeler arası yolculuk matrisleriyle ilişkilendirilmesi yolu ile istenilen toplulaştırma seviyesinde bölgeler arası yolculuk maliyetleri hesaplanmıştır.

Kullanılan ulaşım modeli için İstanbul'da kentiçi tüm ulaşım türlerini ait yol ağları tanımlanmıştır. Tanımlanan yol ağlarının geçtikleri bölgelere göre sektörel bazda özel araç ve toplu taşıma yolculukları için maliyetler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Modele girdi verisi olarak dahil edilen bu maliyetler; modelin kalibrasyonunda yolculuk sürelerinden bağımsız bir değişken olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, yolculuk süresi ve yolculuk maliyeti değişkenlerine göre yapılan çoklu regresyona veri teşkil edecek yolculuk maliyetleri ulaşım modeline; ulaşım türü, ulaşım türüyle yapılan yolculuk mesafesi, ve ödenen yolculuk ücreti verilerine kullanılarak ortalaması bir değer olarak dahil edilmiştir.

Geçerli modeli elde edebilmek için, logit model kalibrasyonu 1996 yılı değerlerine göre yapılmıştır.

##### **4.2.1. 1996 Yılı Özel Araç Yolculuk Maliyetleri**

Bu ulaşım türüne ait yolculuk maliyetleri hesaplanabilmesi için ulaşım modeline İstanbul'daki karayolu ağı ile ilgili girilen veriler şunlardır:

- Yol uzunluğu
- Yol tipi

- Yol genişliği
- Şerit sayısı
- Hacı m Kapasite ilişkisi
- Kavşak sayıları ve tipleri
- Yol üzerindeki park et m durumu

Özel araç kullanı m maliyetleri; akaryakıt, paralı yol, köprü geçişi ve varsa park ücretleri göz önüne alınarak modele girdi verisi olarak dahil edilmiştir. Ulaşım modelinin, istenilen toplulaştırma düzeyinde bölgeler arası maliyet hesabı yapan alt modeli çalıştırılması ile elde edilen maliyetler, kalibrasyon sektörlerinin içerdiği bölgelere bölünerek ortalama özel araç yolculuk maliyetleri hesaplanmıştır.

20 sektörlü kalibrasyona veri teşkil eden TL bazında özel araç ortalama yolculuk maliyetleri Tablo D1’de, yedi sektörlü kalibrasyona veri teşkil eden özel araç ortalama yolculuk maliyetleri ise Tablo D2’de gösterilmiştir.

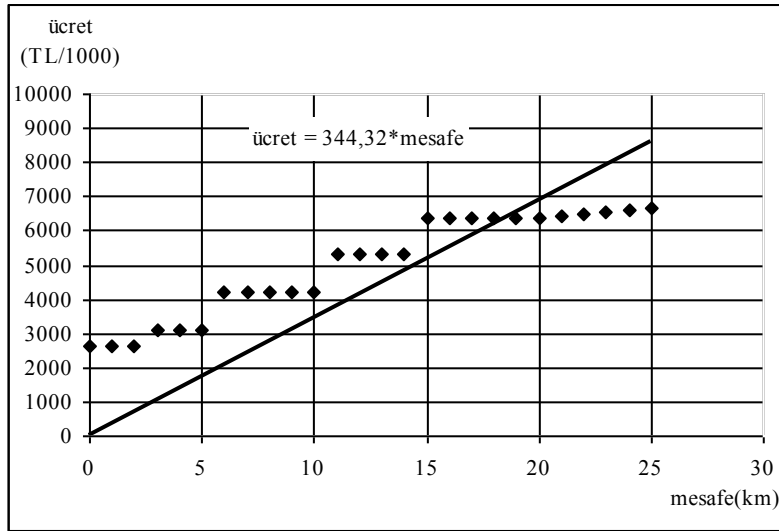
#### **4.2.2. 1996 Yılı Toplu Taşıma Yolculuk Maliyetleri**

20 sektörlü kalibrasyona veri teşkil eden TL bazında 1996 yılı toplutaşıma ortalama yolculuk maliyetleri Tablo D3’te, yedi sektörlü kalibrasyona veri teşkil eden toplutaşıma ortalama yolculuk maliyetleri ise Tablo D4’te gösterilmiştir.

#### **4.2.3. 1996 Yılı Servis Yolculukları Maliyetleri**

Okula maçlı yolculukların türel dağılımının kalibrasyonuna veri teşkil eden servis yolculukları maliyetleri; Türkiye Esnaf ve Sanatkarlar Konfederasyonu Şöförler ve Otomobilciler Federasyonu’na bağlı İstanbul Servis Aracı İşletmecileri Odası’nın 01 Ocak 1997 ile 30 Haziran 1997 tarihleri arası geçerli olan tarifesini değerlendirilerek hesaplanmıştır. Tarife Tablo D5’te görülmektedir. Mesafeye bağlı olarak yapılan doğrusal regresyon analizi sonucu servis ücreti ile mesafe arasındaki ilişkiyi gösteren ifade Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

Türel dağılım model kalibrasyonunda veri teşkil edecek bölgeler arası servis aracı yolculuk maliyeti hesabı için ulaşım modeline, bir servis aracı yolculuğunun kilometre başına değeri dahil edilmiştir. Bu değer ise, doğrusal regresyon sonucunda elde edilen ortalama kişi başına yolculuk maliyetinin, ayda 40 iş günü yolculuk yapıldığı varsayılarak 40’a bölünmesi ile 8.608 km/kişi olarak bulunmuştur.



Şekil 4.3 1997 Yılı Değerlerine Göre Servis Ücreti Mesafe İlişkisi

20 sektörlü kalibrasyona veri teşkil edecek TL bazında 1997 yılı servis aracı ortalama yolculuk maliyetleri Tablo D 6’da, yedi sektörlü kalibrasyona veri teşkil edecek servis aracı ortalama yolculuk maliyetleri ise Tablo D 7’de gösterilmiştir.

#### 4.3. Bölge Arası Yolculuk Süreleri

İki değişkenli türel dağılım model kalibrasyonuna bir diğer veri olan yolculuk süresi değişkeni değerleri, dört aşamalı ulaşım modelinin ikinci safhası olan yolculuk dağıtım modeli kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada kalibrasyona esas teşkil eden değerler; 1996 yılı Ulaşım Ana Planı değerlerini aynı şekilde modele dahil edilmiş fakat farklılaşan toplulaştırma düzeylerinde değişiklikler göstermiştir. Bölgelerin birleştirilmesi sonucu elde edilen sektörler için ortalama yolculuk süreleri; modelden elde edilen değerlerin sektörün içerdiği bölge sayısına bölünmesi yoluyla belirlenmiştir. 20’li ve 7’li olmak üzere iki farklı toplulaştırma seviyesinde modelden elde edilen yolculuk süreleri, ulaşım türlerine göre alt başlıklarda irdelenmiştir.

##### 4.3.1. Özel Araç Yolculuk Süreleri

Logit model kalibrasyonuna veri teşkil edecek yolculuk süreleri, ulaşım modelinden dakika bazında elde edilmiştir. 20 sektörlü kalibrasyon için kullanılan özel araç yolculuk süreleri Tablo D 8’de gösterilmiştir. Yedi sektörlü kalibrasyon için kullanılan özel araç yolculuk süreleri ise Tablo D 9’da gösterilmiştir.

#### **4.3.2 Toplu Taşıma Yolculukları Süreleri**

Logit model kalibrasyonuna veri teşkil edecek yolculuk süreleri, ulaşım modelinden dakika bazında elde edilmiştir. 20 sektörlü kalibrasyon için kullanılan özel araç yolculuk süreleri Tablo D 10’da gösterilmiştir. Yedi sektörlü kalibrasyon için kullanılan özel araç yolculuk süreleri ise Tablo D 11’de gösterilmiştir.

#### **4.3.3 Servis Araçları Yolculuk Süreleri**

Logit model kalibrasyonuna veri teşkil edecek yolculuk süreleri, ulaşım modelinden dakika bazında elde edilmiştir. 20 sektörlü kalibrasyon için kullanılan servis araçları yolculuk süreleri Tablo D 12’de gösterilmiştir. Yedi sektörlü kalibrasyon için kullanılan servis araçları yolculuk süreleri ise Tablo D 13’te gösterilmiştir.

### **4.4 Kalibrasyon İçin Zaman Değeri ve Genelleştirilmiş Maliyetler**

Türel dağılım modelinin, bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verileri kullanılarak yapılan iki değişkenli regresyon ile kalibrasyonunun yanı sıra; genelleştirilmiş maliyet değerleri ile tek değişkenli regresyon yöntemiyle bir başka kalibrasyonu daha yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ulaşım modelinde, kullanıcıların ulaşım türlerine ait tercihlerini, yolculukların ‘genelleştirilmiş maliyetleri’ne göre yaptıkları kabul edilmektedir.

#### **4.4.1. Genelleştirilmiş Maliyet**

Genelleştirilmiş maliyet; yolculuk maliyeti ile yolculuk sırasında geçen zamanın ekonomik değerini toplamından oluşmaktadır. Modelde zaman değerini veri olarak girilmesi ile elde edilen genelleştirilmiş maliyet ile logit türel dağılım modeli kalibre edilmiştir.

##### **4.4.1.1. Özel Araç Kullanım İçin Genelleştirilmiş Maliyetler**

Özel araç kullanım maliyetleri; akaryakıt, paralı yol, köprü geçişi ve varsa park ücretleri göz önüne alınarak modele girdi verisi olarak dahil edilmiştir. Özel otomobil ile yapılan yolculuklarda genelleştirilmiş maliyet aşağıdaki maliyetlerin toplamından oluşmaktadır.

- Araç işletme maliyeti
- Yolculuk zamanın ekonomik değeri

-Paralı yol, köprü ve park ücretleri

1987 ve 1996 yıllarında yapılan Ulaşım Plan çalışmalarında olduğu gibi yapılan çalışmada da özel araç işletme maliyeti olarak yalnızca yakıt tüketim maliyeti hesaba katılmıştır.

Benzin fiyatları, 1 Ocak 1996 tarihi itibarıyla; süper benzin için 39.080TL/lit, normal benzin için 36.240TL/lit alınmış ve özel otomobillerin %30'unun süper, %70'inin de normal benzin kullandıkları kabul edilerek ortalama benzin fiyatı 37.092TL olarak hesaplanmıştır. Kent içerisinde otomobillerin 100 km'de ortalama 10 lt benzin tükettikleri kabul edilerek, 1 Ocak 1996 tarihi fiyatları ile otomobil-km başına benzin tüketim maliyeti 3.709TL olarak hesaplanmıştır.

Modelde özel otomobiller için doluluk değeri 1,9kişi/araç olarak değerlendirilmiştir. 1 Ocak 1996 fiyatları ile kişi başına ortalama zaman değeri 1539TL/dakika olarak hesaplanmıştır. Böylece özel otomobiller için genelleştirilmiş maliyet (4.3) ifadesindeki şekilde hesaplanmıştır:

$$GM = 3709 * km + 2924 * dakika \text{ ( TL/pcu )} \quad (4.3)$$

Kişi başına genelleştirilmiş maliyet ise (4.4) ifadesindeki şekilde hesaplanmıştır:

$$GM = 1952 * km + 1539 * dakika \quad (4.4)$$

20 sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı özel araç genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri Tablo D 14'te, yedi sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı özel araç genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri ise Tablo D 15'te gösterilmiştir.

#### **4.4.1.2 Toplu Taşıma Kullanım İçin Genelleştirilmiş Maliyet**

Toplu taşıma ile yapılan yolculuklarda genelleştirilmiş maliyet şu maliyetlerden meydana gelmektedir:

-Toplu taşıma bilet ücretleri

-Yolculuk zamanın ekonomik değeri

Yolculuk zamanı; araç içerisinde geçen süre ile yürüme, duraklarda bekleme ve aktarma sürelerinin toplamından oluşmaktadır.

20 sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı toplu taşıma genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri Tablo D 16’da, yedi sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı toplu taşıma genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri ise Tablo D 17’de gösterilmiştir.

#### **4.4.1.3 Servis Araçları İçin Genelleştirilmiş Maliyet**

Servis aracı yolculukları genelleştirilmiş hesabı için, özel araç yolculukları genelleştirilmiş maliyeti hesabındaki yöntemin aynısı kullanılmıştır. 1 Ocak 1996 fiyatları ile kişi başına ortalama zaman değeri 1.539TL/daki ka olarak hesaplanmıştır. Buna göre, kişi başına yolculuk km değeri olan 8.608TL/kişi değeri gözönüne alınarak servis aracı yolculukları için kişi başına genelleştirilmiş maliyet (4.5) ifadesindeki şekilde hesaplanmıştır:

$$GM = 8.608 * km + 1.539 * \text{daki ka} \quad (4.5)$$

20 sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı servis aracı genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri Tablo D 18’de, yedi sektörlü kalibrasyona dahil edilecek TL bazında 1996 yılı servis aracı genelleştirilmiş yolculuk maliyetleri ise Tablo D 19’de gösterilmiştir.

#### **4.4.2 Zaman Değeri**

1987 yılında yapılan Ulaşım Nazım Planı’nda, İstanbul’da kişi başına ortalama zaman değeri çalışma zamanı için 23,8TL/daki ka, çalışma dışı zamanlar için 9,3TL/daki ka olarak hesaplanmıştır. 1987 yılında yapılan ev halkı anketleri ile yolculukların %42’sinin çalışma saatleri içinde yapıldığı belirlendiği için kişi başına ortalama zaman değeri (4.6) ifadesindeki şekilde hesaplanmıştır:

$$0,12*23,8 + 0,88*9,3 = 11,0\text{TL/daki ka} \quad (4.6)$$

1996 yılında yapılan Ulaşım Ana Planı’nda ise; 1995 yılı Dİ.E İstanbul için gayri safi yurtiçi hasıla değeri olan 1.639.979.177 milyon TL göz önüne alınarak 1 Ocak 1996 tarihi fiyatlarıyla İstanbul’da kişi başına GSYİH 196.670.695TL olarak hesaplanmıştır. Yıllık çalışma saati 2.130 saat alınarak kişi başına ortalama zaman değeri 92.334TL/saat ve 1.539TL/daki ka olarak hesaplanmıştır.

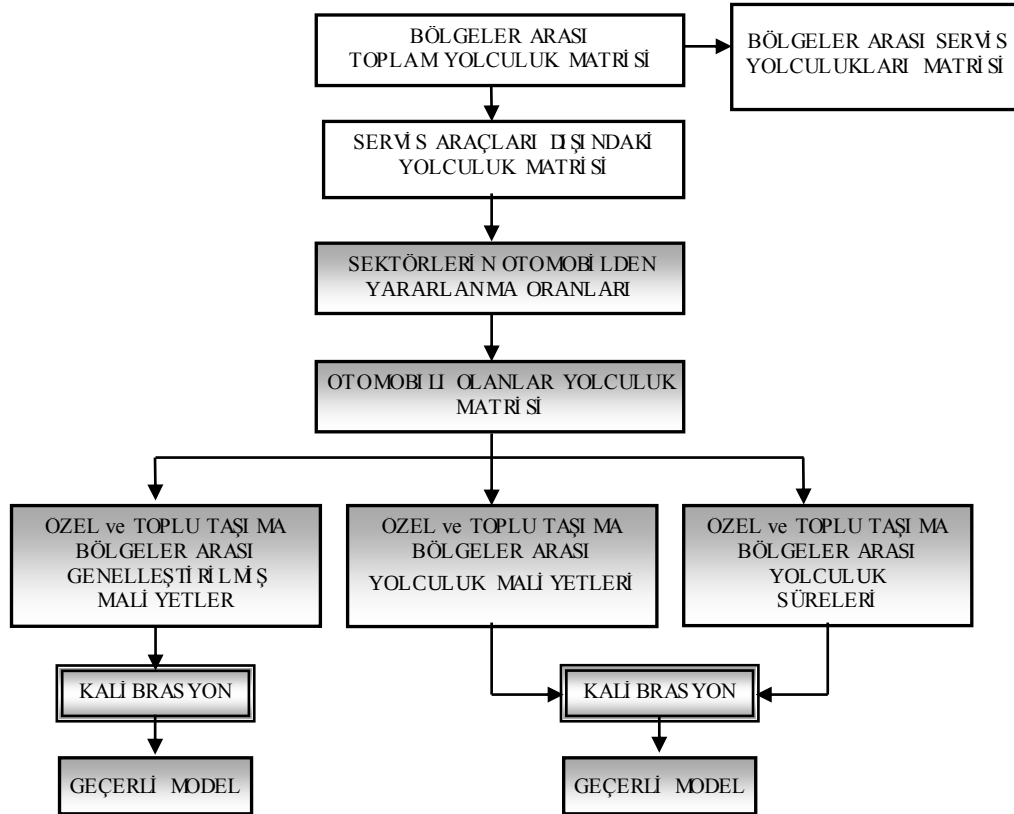
Bu değer; yapılan çalışmadaki türel dağlı m modelleri kalibrasyonu aşa masında za man değeri olarak modele girilen veridir.

#### 4.5 Yolculuk Amaçlarına Göre Logit Türel Dağlı m Modeli Kalibrasyonu

Çalışmada, 1996 yılı hane anketlerinden yararlanılarak başlıca dört yolculuk amacı na göre yapılan kentiçi yolculukların ulaştırma türlerine logit model kullanılarak dağıtım yapılmıştır. Çalışmanın amacına yönelik olarak kalibrasyon iki farklı toplulaştırma düzeyinde iki farklı yöntemle yapılmıştır. Model kalibrasyonuna veri teşkil eden yolculuklara dair özellikler, yolculuk amacı alt başlıklarında açıklanmıştır.

##### 4.5.1. İş Yolculukları

İş yolculuklarının kalibrasyonu; toplam yolculuklardan servis aracı yolculuklarının çıkarılıp geriye kalan yolculukların otomobilden yararlanma olanakları olanlarının (CA) değerlendirilmesiyle yapılmıştır. Bu yolculuk amacına ait model kalibrasyonu akış izelgesi şekil 4.4'te gösterilmiştir.



şekil 4.4 İş Yolculukları Model Kalibrasyon Akış izelgesi

İş yolculukları için bölgelerdeki özel araçtan yararlanma oranları; ev halkı otomobil sahipliği oranları ile bu kişilerin yaptıkları iş yolculuklarının toplam iş yolculukları içerisindeki payı değerlendirilerek elde edilmiştir. 1996 yılına ait, 20 ve 7 sektörlü toplulaştırma düzeyinde bu oranlar ile yolculuklara ait ayrıntılı bilgiler sırasıyla, Tablo 4.1’de ve Tablo 4.2’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 1996 Yılı Verilerine Göre 20 Sektörde Toplulaştırılmış Günlük İş Yolculukları

| TOPLULAŞTIRILMIŞ BÖLGE<br>NUMARASI | ÖZEL ARAÇ |         | TOPLU TAŞI MA |           | CA    | SERVİS<br>TOPLAM |
|------------------------------------|-----------|---------|---------------|-----------|-------|------------------|
|                                    | CA        | NCA     | CA            | NCA       | ORAN  |                  |
| 1                                  | 11.332    | 8.309   | 5.330         | 34.315    | 0,281 | 3.324            |
| 2                                  | 15.202    | 11.146  | 9.969         | 64.142    | 0,251 | 7.272            |
| 3                                  | 21.487    | 15.752  | 13.140        | 84.566    | 0,257 | 11.173           |
| 4                                  | 20.701    | 15.175  | 12.235        | 78.737    | 0,260 | 15.344           |
| 5                                  | 54.197    | 39.736  | 27.344        | 175.965   | 0,274 | 24.000           |
| 6                                  | 1.590     | 1.169   | 512           | 3.294     | 0,320 | 1.174            |
| 7                                  | 37.649    | 27.601  | 36.657        | 235.876   | 0,220 | 39.753           |
| 8                                  | 63.089    | 46.254  | 25.794        | 165.995   | 0,295 | 38.915           |
| 9                                  | 48.828    | 35.799  | 9.211         | 59.272    | 0,379 | 8.824            |
| 10                                 | 19.680    | 14.427  | 11.763        | 75.697    | 0,259 | 13.482           |
| 11                                 | 105.830   | 77.586  | 31.348        | 201.705   | 0,329 | 77.908           |
| 12                                 | 59.470    | 43.597  | 9.103         | 58.571    | 0,402 | 28.394           |
| 13                                 | 94.511    | 69.288  | 30.507        | 196.330   | 0,320 | 60.375           |
| 14                                 | 51.385    | 37.670  | 20.218        | 130.113   | 0,299 | 55.867           |
| 15                                 | 12.998    | 9.535   | 8.779         | 56.492    | 0,248 | 7.008            |
| 16                                 | 64.788    | 47.498  | 38.475        | 247.595   | 0,259 | 28.196           |
| 17                                 | 30.929    | 22.672  | 15.417        | 99.204    | 0,276 | 14.068           |
| 18                                 | 68.901    | 50.514  | 18.754        | 120.689   | 0,339 | 24.124           |
| 19                                 | 42.479    | 31.144  | 15.669        | 100.833   | 0,306 | 23.755           |
| 20                                 | 110.825   | 81.248  | 53.246        | 342.629   | 0,279 | 82.447           |
| TOPLAM                             | 935.871   | 686.120 | 393.471       | 2.532.020 | 0,292 | 565.403          |

Tablo 4.2 1996 Yılı Verilerine Göre Yedi Sektörde Toplulaştırılmış Günlük İş Yolculukları

| TOPLULAŞTIRILMIŞ BÖLGE<br>NUMARASI | ÖZEL ARAÇ |         | TOPLU TAŞI MA |           | CA    | SERVİS<br>TOPLAM |
|------------------------------------|-----------|---------|---------------|-----------|-------|------------------|
|                                    | CA        | NCA     | CA            | NCA       | ORAN  |                  |
| 1                                  | 194.698   | 142.739 | 71.706        | 461.433   | 0,306 | 99.533           |
| 2                                  | 101.083   | 74.106  | 51.984        | 334.516   | 0,273 | 60.897           |
| 3                                  | 35.347    | 25.914  | 26.650        | 171.487   | 0,239 | 19.441           |
| 4                                  | 48.020    | 35.209  | 28.441        | 183.020   | 0,259 | 21.764           |
| 5                                  | 144.994   | 106.301 | 61.066        | 392.963   | 0,292 | 62.797           |
| 6                                  | 306.844   | 224.955 | 122.282       | 786.888   | 0,298 | 224.763          |
| 7                                  | 105.961   | 77.682  | 31.346        | 201.706   | 0,330 | 78.327           |
| TOPLAM                             | 936.947   | 686.906 | 393.475       | 2.532.013 | 0,292 | 567.522          |

#### 4.5.1.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası özel araçtan yararlanma olanağı olan özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre bir bağıntı, çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 320'sinin 103 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modeline göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.7) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp \left[ (0.129(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) + 0.008(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) - 0.735) \right]} \quad (4.7)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 20 Sektördeki İş Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı            | Standart Hata | t İstatistiği |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,1286              | 0,0148        | -8,6832       |
| $\Delta T$           | -0,0077              | 0,0014        | -5,4404       |
| $\delta$             | 0,7348               | 0,0481        | 15,2919       |
| Zaman Değeri (TL/dk) | Korelasyon Katsayısı |               |               |
| 602                  | 0,431                |               |               |

(4.7) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına yaklaşık 602 TL/daki kadardır.

#### 4.5.1.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda kullanılan otobilden yararlanma olanağı olan yolculuk matrisleri kullanılarak; özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 321'inin 30 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modeline göre bir kişinin 'i' ve 'j'

böl geleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.8) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-0.360((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) + 44.95)]} \quad (4.8)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre 20 Sektördeki İş Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | 0,036     | 0,010         | 3,448         | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | 1,617     | 0,134         | 12,030        | 0,298      |
| $\delta$         | 44,94     |               |               |            |

#### 4.5.1.3 Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası özel araçtan yararlanma olanağı olan özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre bir bağıntı, çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çiftinden 16 tanesi kullanılmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.9) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[(0.0137(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) + 0.009(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) - 1.121)]} \quad (4.9)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 7 Sektördeki İş Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı            | Standart Hata | t İstatistiği |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,0137              | 0,1004        | -0,1364       |
| $\Delta T$           | -0,0091              | 0,0095        | -0,9520       |
| $\delta$             | 1,1213               | 0,2076        | 5,4009        |
| Zaman Değeri (TL/dk) | Korelasyon Katsayısı |               |               |
| 6,610                | 0,384                |               |               |

(4-9) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına yaklaşık 6 610TL/daki kadır.

#### 4.5.1.4 Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda kullanılan özel araçtan yararlanma olanağı olan yolculuk matrisleri kullanılarak; özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çiftinin 28 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.10) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-0.0191((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) + 37.55)]} \quad (4.10)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre 7 Sektördeki İş Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | 0,019     | 0,007         | 2,597         | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | 0,718     | 0,116         | 6,181         | 0,206      |
| $\delta$         | 37,55     |               |               |            |

#### 4.5.2 Ev Uçlu Diğer Yolculuklar

Ev uçlu-diğer yolculukların türel ayırım modelinin kalibrasyonu için kullanılan verilerin ayrılma yolu ve modelin kalibrasyon yöntemi iş yolculukları için kullanılanların aynıdır. Ev uçlu-diğer yolculukların türel ayırım da toplam yolculuklardan servis araçları ile yapılan yolculukların ayrılıp geriye kalan yolculukların özel araçtan yararlanma olanakları olanlarının değerlendirilmesiyle yapılmıştır.

Ev uçlu diğer yolculuklar için bölgelerdeki özel araçtan yararlanma oranları; ev hal ki otomobil sahipliği oranları ile bu kişilerin yaptıkları ev uçu diğer yolculukların

toplamev uçuşu diğer yolculuklar içerisindeki payı değerlendirilerek elde edilmiştir. 1996 yılına ait, 20 ve 7 sektörün toplulaştırma düzeyinde bu oranlar ile yolculuklara ait ayrıntılı bilgiler sırasıyla, Tablo 4.7’de ve Tablo 4.8’de dir.

Tablo 4.7 1996 Yılı Verilerine Göre 20 Sektörde Toplulaştırılmış Günlük Ev Uçuşu Diğer Yolculuklar

| TOPLULAŞTIRILMIŞ BÖLGE<br>NUMARASI | ÖZEL ARAÇ |         | TOPLU TAŞI MA |         | CA<br>ORAN | SERMİS<br>TOPLAM |
|------------------------------------|-----------|---------|---------------|---------|------------|------------------|
|                                    | CA        | NCA     | CA            | NCA     |            |                  |
| 1                                  | 3.459     | 3.432   | 2.112         | 8.285   | 0,322      | 0                |
| 2                                  | 9.118     | 9.046   | 4.414         | 17.301  | 0,339      | 616              |
| 3                                  | 9.984     | 9.906   | 5.480         | 21.463  | 0,330      | 346              |
| 4                                  | 5.252     | 5.209   | 7.130         | 27.950  | 0,272      | 0                |
| 5                                  | 7.794     | 7.729   | 15.606        | 61.158  | 0,254      | 0                |
| 6                                  | 753       | 747     | 373           | 1.460   | 0,338      | 0                |
| 7                                  | 12.746    | 12.644  | 23.299        | 91.302  | 0,257      | 0                |
| 8                                  | 20.546    | 20.381  | 14.070        | 55.135  | 0,314      | 1.734            |
| 9                                  | 10.343    | 10.261  | 4.848         | 18.999  | 0,342      | 191              |
| 10                                 | 2.668     | 2.647   | 6.627         | 25.971  | 0,245      | 217              |
| 11                                 | 24.863    | 24.666  | 27.175        | 106.493 | 0,284      | 1.246            |
| 12                                 | 18.838    | 18.689  | 4.568         | 17.901  | 0,390      | 66               |
| 13                                 | 27.300    | 27.082  | 21.723        | 85.123  | 0,304      | 2.695            |
| 14                                 | 17.903    | 17.763  | 16.692        | 65.413  | 0,294      | 0                |
| 15                                 | 3.605     | 3.576   | 5.474         | 21.453  | 0,266      | 299              |
| 16                                 | 10.644    | 10.564  | 20.785        | 81.456  | 0,255      | 0                |
| 17                                 | 6.909     | 6.854   | 9.372         | 36.730  | 0,272      | 161              |
| 18                                 | 13.714    | 13.603  | 9.678         | 37.927  | 0,312      | 386              |
| 19                                 | 17.910    | 17.767  | 10.031        | 39.312  | 0,329      | 0                |
| 20                                 | 22.491    | 22.313  | 34.174        | 133.924 | 0,266      | 893              |
| TOPLAM                             | 246.840   | 244.879 | 243.631       | 954.756 | 0,290      | 8.850            |

Tablo 4.8 1996 Yılı Verilerine Göre 7 Sektörde Toplulaştırılmış Günlük Ev Uçuşu Diğer Yolculuklar

| TOPLULAŞTIRILMIŞ BÖLGE<br>NUMARASI | ÖZEL ARAÇ |         | TOPLU TAŞI MA |         | CA<br>ORAN | SERMİS<br>TOPLAM |
|------------------------------------|-----------|---------|---------------|---------|------------|------------------|
|                                    | CA        | NCA     | CA            | NCA     |            |                  |
| 1                                  | 44.448    | 44.094  | 40.097        | 157.131 | 0,296      | 1.175            |
| 2                                  | 24.631    | 24.436  | 35.344        | 138.505 | 0,269      | 265              |
| 3                                  | 6.194     | 6.145   | 14.076        | 55.166  | 0,248      | 598              |
| 4                                  | 22.563    | 22.381  | 12.005        | 47.049  | 0,332      | 962              |
| 5                                  | 26.808    | 26.594  | 34.584        | 135.534 | 0,275      | 408              |
| 6                                  | 97.671    | 96.894  | 80.348        | 314.872 | 0,302      | 4.495            |
| 7                                  | 24.862    | 24.666  | 27.175        | 106.491 | 0,284      | 1.246            |
| TOPLAM                             | 247.177   | 245.210 | 243.629       | 954.748 | 0,290      | 9.149            |

#### 4.5.2.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası özel araçtan yararlanma olanağı olan özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre bir bağıntı, çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 179'unun 66 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.11) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp \left[ (-0.158(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) - 0.001(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) + 1.22) \right]} \quad (4.11)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 20 Sektördeki Ev Uçlu Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı            | Standart Hata | t İstatistiği |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| $\Delta C$           | 0,1581               | 0,0706        | 2,2387        |
| $\Delta T$           | 0,0012               | 0,0063        | 0,1953        |
| $\delta$             | 1,2204               | 0,1072        | 11,3884       |
| Zaman Değeri (TL/dk) | Korelasyon Katsayısı |               |               |
| 78                   | 0,272                |               |               |

(4-11) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri yaklaşık kişi başına 78 TL/daki kadardır.

#### 4.5.2.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda kullanılan özel araçtan yararlanma olanağı olan yolculuk matrisleri kullanılarak, özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 180'inin 41 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri

arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.12) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-0.124((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) + 13.65)]} \quad (412)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.10’da gösterilmiştir.

Tablo 4.10 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine 20 Sektördeki Ev Uçlu Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | 0,124     | 0,011         | 10,881        | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | 1,694     | 0,108         | 15,660        | 0,752      |
| $\delta$         | 13,65     |               |               |            |

#### 4.5.2.3 Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, bölgeler arası özel araçtan yararlanma olanağı olan özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre bir bağıntı, çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çiftinden 47 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.13) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[(0.182(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) + 0.019(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) - 0.013)]} \quad (413)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.11’de gösterilmiştir.

Tablo 4.11 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 7 Sektördeki Ev Uçlu Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı | Standart Hata        | t İstatistiği |
|----------------------|-----------|----------------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,1818   | 0,0917               | -1,9822       |
| $\Delta T$           | -0,0186   | 0,0081               | -2,2987       |
| $\delta$             | 0,1307    | 0,3159               | 0,4137        |
| Zaman Değeri (TL/dk) |           | Korelasyon Katsayısı |               |
| 1.025                |           | 0,110                |               |

(4.13) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına yaklaşık 1.025TL/daki kadardır.

#### 4.5.2.4 Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda kullanılan özel araçtan yararlanma olanağı olan yolculuk matrisleri kullanılarak, özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çiftinin 28 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.14) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-0.0607((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) + 8.624)]} \quad (4.14)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

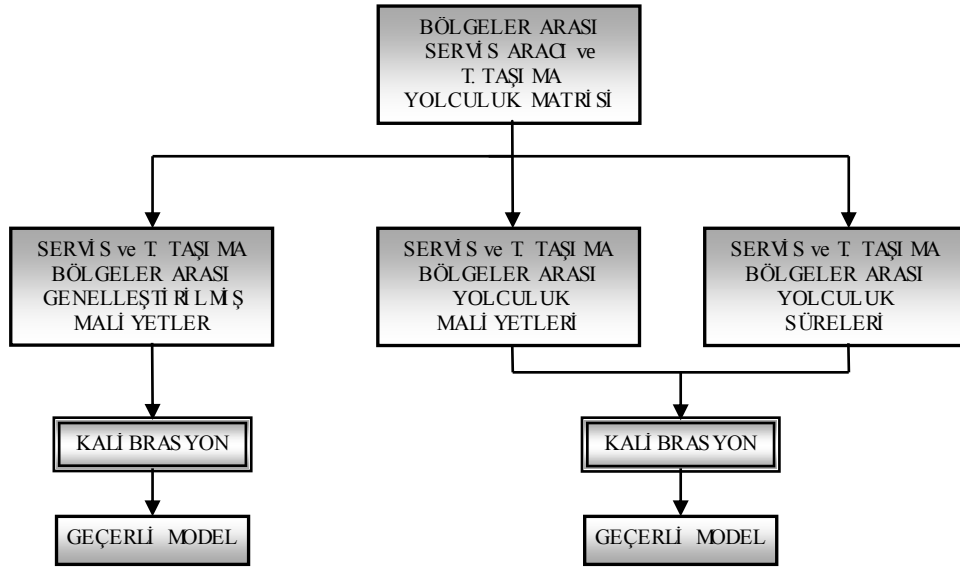
Tablo 4.12 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre 7 Sektördeki Ev Uçlu Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | 0,061     | 0,016         | 3,778         | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | 0,523     | 0,232         | 2,255         | 0,330      |
| $\delta$         | 8,62      |               |               |            |

#### 4.5.3 Okul Yolculukları

Bu yolculuk amacına dair; İstanbul için daha önce yapılan uygulamalardan farklı olarak, türel dağılımın belirlenebilmesi için bu çalışmada servis aracı ve toplu taşıma yolculukları verileri kullanılarak logit model kalibre edilmiştir. Bu yolculuk amacına ait yapılan model kalibrasyonlarının akış çizelgeleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

1996 yılı verilerine göre, okul yolculuklarının büyük bir bölümü servis araçları ile yapılırken, özel araçla yapılan yolculukların oranı (%9) oldukça düşüktür. Özel araç yolculukları, oranlarının çok az olması nedeniyle diğer ulaşım türü yolculuklarından ayrılmıştır. Geriye kalan servis aracı ve toplu taşıma türü yolculukları arasındaki



Şekil 4.5 Okul Yolculukları Modeli Kalibrasyon Akış Çizelgesi

türel dağılımı belirleyebilmek için ise, diğer yolculuk amaçları için olduğu gibi i-kili logit türel ayırma modeli kalibre edilmiştir.

#### 4.5.3.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası servis aracı yolculukları toplu taşıma yolculuklarını, yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre ifade eden bir bağıntı çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 145'inin 64 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası servis aracı yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.19) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^S = \frac{1}{1 + \exp \left[ (-0.0301(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^S) - 0.005(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^S) - 0.1389) \right]} \quad (4.19)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.13'te gösterilmiştir.

(4.19) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına yaklaşık 1.671 TL/daki kadardır.

Tablo 4.13 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 20 Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı | Standart Hata        | t İstatistiği |
|----------------------|-----------|----------------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,0301   | 0,0073               | -4,1125       |
| $\Delta T$           | -0,0050   | 0,0035               | -1,4568       |
| $\delta$             | -0,1389   | 0,0846               | -1,6426       |
| Zaman Değeri (TL/dk) |           | Korelasyon Katsayısı |               |
| 1,671                |           | 0,308                |               |

#### 4.5.3.2 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Servis aracı ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağlantı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 145'inin 51 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası servis aracı yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağlantı (4.20) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^S = \frac{1}{1 + \exp[-0.0086((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^S) - 27.43)]} \quad (4.20)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.14'te gösterilmiştir.

Tablo 4.14 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine 20 Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon Katsayısı |
|------------------|-----------|---------------|---------------|----------------------|
| $\lambda$        | -0,009    | 0,003         | -2,511        | 0,114                |
| $\lambda \delta$ | 0,236     | 0,093         | 2,528         |                      |
| $\delta$         | -27,43    |               |               |                      |

#### 4.5.3.3 Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası servis aracı ve toplu taşıma yolculuklarını, yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verilerine göre ifade eden bir bağlantı çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek

için 49 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 40'ının 18 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası servis aracı yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.21) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^S = \frac{1}{1 + \exp\left[(-0.0417(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^S) - 0.0098(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^S) - 0.9395)\right]} \quad (4.21)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.15'te gösterilmiştir.

Tablo 4.15 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 7 Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı | Standart Hata        | t İstatistiği |
|----------------------|-----------|----------------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,0417   | 0,0072               | -5,8175       |
| $\Delta T$           | -0,0098   | 0,0039               | -2,5215       |
| $\delta$             | -0,9395   | 0,1623               | -5,7877       |
| Zaman Değeri (TL/dk) |           | Korelasyon Katsayısı |               |
| 2,352                |           | 0,712                |               |

(4.21) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına 2,351 TL/kişidir.

#### 4.5.3.4 Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Servis aracı ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 40'ının 35 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası servis aracı yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.22) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^S = \frac{1}{1 + \exp\left[-0.0177((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^S) + 71.25)\right]} \quad (4.22)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

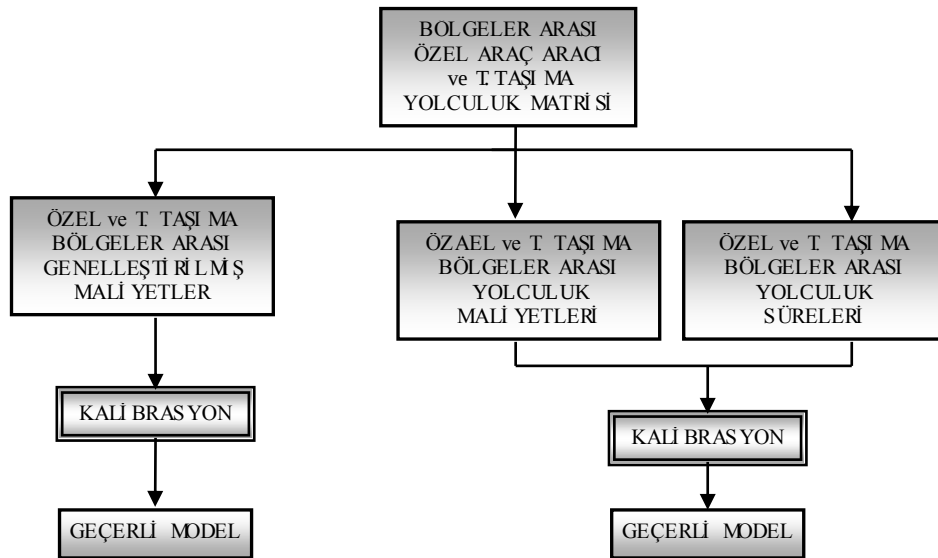
Tablo 4.16 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Yedi Sektördeki Okul Yolculukları Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon Katsayısı |
|------------------|-----------|---------------|---------------|----------------------|
| $\lambda$        | -0,018    | 0,009         | -2,005        | 0,109                |
| $\lambda \delta$ | -1,264    | 0,290         | -4,364        |                      |
| $\delta$         | 71,25     |               |               |                      |

#### 4.5.4 Diğer Yolculuklar

Diğer yolculuklarda servis aracı kullanımı ihmal edilecek düzeyde (%5,5) olduğundan bu yolculuklar, toplam diğer amaçlı yolculuk matrisinden ayrılmıştır.

1996 yılı verilerine göre, ev uçuşu olmayan diğer yolculukları yapan kişilerin hangi bölgede oturduklarını bilinmediğinden, bu kişilerin özel araçtan yararlanma olanağı da belirlenemmiştir. Bu nedenle, diğer amaçlı yolculuklarınta nam için özel araç kullanımı ve toplu taşıma türleri arasındaki ayrımı belirleyebilmek için kili bir logit model kalibrasyonu yapılmıştır. Bu yolculuk amacına ait yapılan model kalibrasyonlarının akış çizelgesi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Diğer Yolculukların Modeli Kalibrasyon Akış Çizelgesi

#### 4.5.4.1. 20 Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, birleştirilmiş bölgeler arası toplam özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını, yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verileri kullanılarak ifade eden bir bağıntı çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 112'sinin 27 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.15) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp \left[ (-0.4205(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) - 0.0185(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) - 0.633) \right]} \quad (4.15)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre 20 Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı            | Standart Hata | t İstatistiği |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,4205              | 0,0806        | -5,2151       |
| $\Delta T$           | -0,0185              | 0,0073        | -2,5446       |
| $\delta$             | -0,6332              | 0,1055        | -6,0005       |
| Zaman Değeri (TL/dk) | Korelasyon Katsayısı |               |               |
| 441                  | 0,698                |               |               |

(4.15) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına yaklaşık 441 TL/daki kadardır.

#### 4.5.4.2. 20 Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda diğer amaçlı toplam yolculuk matrisleri kullanılarak; özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 400 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 116'sının 42 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır.

Logit modele göre bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4 16) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-2.265((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) - 0.849)]} \quad (4 16)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4 18’de gösterilmiştir.

Tablo 4 18 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre 20 Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | -0,060    | 0,008         | -7,789        | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | -0,643    | 0,065         | -9,824        | 0,603      |
| $\delta$         | 10,69     |               |               |            |

#### 4.5.4.3 Yedi Sektörde Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Kalibrasyon

1996 yılı yolculuk matrislerinden elde edilen, bölgeler arası toplam özel araç ve toplu taşıma yolculuklarını, yine bu bölgeler arası yolculuk maliyetleri ve yolculuk süreleri verileri kullanılarak ifade eden bir bağıntı çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 39’unun 22 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin ‘i’ ve ‘j’ bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4 17) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[(0.580(C_{ij}^{TT} - C_{ij}^O) + 0.039(T_{ij}^{TT} - T_{ij}^O) + 0.020)]} \quad (4 17)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4 19’da gösterilmiştir.

Tablo 4 19 Yolculuk Maliyeti ve Süresine Göre Yedi Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                      | Katsayısı            | Standart Hata | t İstatistiği |
|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| $\Delta C$           | -0,5795              | 0,3179        | -1,8229       |
| $\Delta T$           | -0,0380              | 0,0279        | -1,3592       |
| $\delta$             | -0,0204              | 0,6829        | -0,0299       |
| Zaman Değeri (TL/dk) | Korelasyon Katsayısı |               |               |
| 656                  | 0,159                |               |               |

(4.17) ifadesine göre zaman değeri, yolculuk süreleri farkının katsayısının yolculuk maliyetleri farkının katsayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle bu kalibrasyon sonucu elde edilen zaman değeri kişi başına 656 TL/daki kadır.

#### 4.5.4.4 Yedi Sektörde Genelleştirilmiş Maliyete Göre Kalibrasyon

Yolculuk maliyeti ve süresine göre yapılan model kalibrasyonunda servis aracı yolculukları dışındaki toplam yolculuk matrisi kullanılarak, özel ve toplu taşıma yolculukları ile, daha önce 4.4.1. başlığı altında açıklandığı şekilde hesaplanan genelleştirilmiş maliyet değişkeni arasında tek değişkenli regresyon analizi yöntemiyle bir bağıntı elde edilmiştir. En uygun istatistiksel değerlere ulaşabilmek için 49 bölge çifti arasından verisi kullanılabilir 39'unun 15 tanesi kullanılarak regresyon analizi uygulanmıştır. Logit modele göre bir kişinin 'i' ve 'j' bölgeleri arası özel araç yolculuğu yapma olasılığını gösteren bağıntı (4.18) ifadesinde gösterilmiştir.

$$P_{ij}^O = \frac{1}{1 + \exp[-0.0493((GC_{ij}^{TT} - GC_{ij}^O) + 0.629)]} \quad (4.18)$$

Kalibre edilen modele ait istatistiksel değerler Tablo 4.20'de gösterilmiştir.

Tablo 4.20 Genelleştirilmiş Yolculuk Maliyetine Göre Yedi Sektördeki Diğer Yolculukların Kalibrasyonunun İstatistiksel Değerleri

|                  | Katsayısı | Standart Hata | t İstatistiği | Korelasyon |
|------------------|-----------|---------------|---------------|------------|
| $\lambda$        | 0,049     | 0,036         | 1,386         | Katsayısı  |
| $\lambda \delta$ | 0,031     | 0,482         | 0,064         | 0,129      |
| $\delta$         | 0,63      |               |               |            |

## **5. 2002 YILI NDAKİ TÜREL DAĞILI MIN TAHMİNİ**

### **5.1. Değerlendirme de Esas Alınan 2001 Yılı Değerleri**

Çalışmanın amaçlarından biri olan; yolculukların geçerli model yardımıyla yeni maliyet değerlerine göre ulaştırma türlerine dağıtımının yapılması aşamasında değerlendirilecek 2002 yılı yolculuk maliyetlerinin hesaplanması, ulaştırma türlerine göre alt başlıklarda açıklanmaktadır. Yeni değerlere göre türel dağılımı yapılabilmesi için kalibrasyon sonrası elde edilen geçerli modellere girilecek yeni verilerin 1996 yılı fiyatlarına getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle; hesaplanan yeni yolculuk maliyetleri ve genelleştirilmiş maliyetler; 2002 yılı ile 1996 yılı dolar kurları arasında belirlenen orana göre 1996 yılı fiyatlarına getirilmiştir.

#### **5.1.1. Bölge Arası Yeni Yolculuk Maliyetleri**

Farklı yolculuk amaçları için belirlenen logit türel dağılım modellerine veri olarak girilip yeni dağılımların oranlarının incelenmesine yardımcı olan özel araç, toplu taşıma ve servis aracı yolculuklarına ait bölge arası yeni yolculuk maliyetleri 20li ve yedili gruplarda toplulaştırılmıştır. Genelleştirilmiş maliyet hesabı için ulaşım modeline girilen değerlerin hesabı ve genelleştirilmiş maliyet hesabı alt başlıklarda açıklanmıştır.

##### **5.1.1.1. Özel Araç Yolculuk Maliyetleri**

Bu ulaşım türüne ait yolculuk maliyetleri hesaplanabilmesi için ulaşım modeline İstanbul'daki karayolu ağı ile ilgili girilen veriler şunlardır:

- Yol uzunluğu
- Yol tipi
- Yol genişliği
- Şerit sayısı
- Hacı ve Kapasite ilişkisi
- Kavşak sayıları ve tipleri
- Yol üzerindeki park etme durumu

Özel araç kullanımı maliyetleri; akaryakıt, paralı yol, köprü geçişi ve varsa park ücretleri göz önüne alınarak modele girdi verisi olarak dahil edilmiştir. Ulaşım modelinin istenilen toplulaştırma düzeyinde bölgeler arası maliyet hesabı yapan alt modeli çalıştırılması ile elde edilen maliyetler, kalibrasyon sektörlerinin içerdikleri bölgelere bölünerek ortalama özel araç yolculuk maliyetleri hesaplanmıştır.

#### **5.1.1.2 Toplu Taşıma Yolculukları Maliyetleri**

Toplu taşıma türleriyle yapılan yolculukların maliyetleri de kendi içlerinde her birine özgü, ayrı ayrı hesaplanmıştır. Toplu taşıma yolculuklarına ait yolculuk maliyetlerinin hesaplanabilmesi için ulaşım modeline; İstanbul'daki toplu taşıma sistemlerine ilişkin hatlar, güzergahlar, duraklar ve terminaller, sabah ve akşam doruk saatlerindeki sıklıklar, hızlar ve bilet ücretleri dahil edilmiştir. Toplu taşıma sistemine ilişkin hatlar şu şekildedir:

- Avrupa Yakası İETT ve Özel Halk Otobüsü
- Anadolu Yakası İETT ve Özel Halk Otobüsü
- Boğaz geçen İETT ve Özel Halk Otobüsü
- Mini bus
- Banliyö Treni
- Tramvay(Sirkeci- Zeytinburnu)
- Hafif Raylı Sistem(Aksaray- Yenibosna)
- Tünel
- Nostaljik Tramvay(Beyoğlu)
- Şehir Hatları Vapurları ve Deniz Dolmuş Motorları
- Deniz Otobüsü
- Metro

Bölgeler arası toplu taşıma yolculuk maliyetleri hesabı için her ulaşım hattına ait ortalama bilet ücreti hesaplanıp yolculuk maliyetleri olarak modele dahil edilmiştir.

Toplu taşıma ile yapılan yolculuklarda genelleştirilmiş maliyet şu maliyetlerden meydana gelmektedir:

- Toplu taşıma bilet ücretleri
- Yolculuk zamanının ekonomik değeri

Yolculuk zamanı; araç içerisinde geçen süre ile yürüme, duraklarda bekleme ve aktarma sürelerinin toplamından oluşmaktadır.

#### Ötobüs

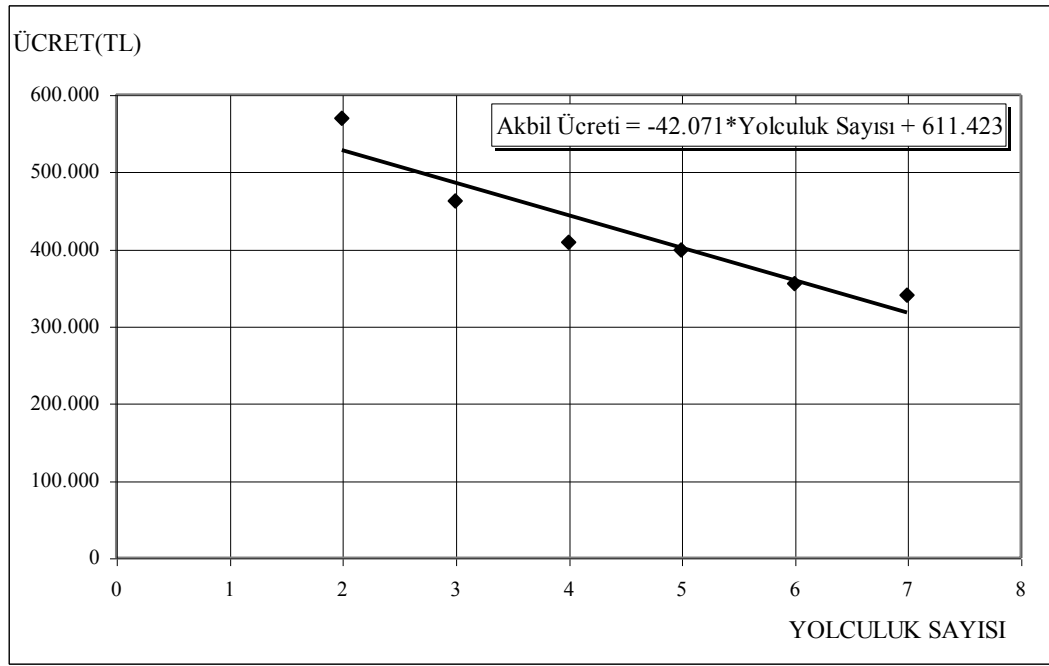
İstanbul'da toplu taşıma türleriyle yapılan kenti içi yolculuklarının büyük bir bölümü İ.E.T.T ve halk otobüslerinden oluşan otobüs alternatifi ile yapılmaktadır. Yapılan çalışmada, İ.E.T.T otobüsleri ile yapılan yolculukların yeterli büyüklükte örneklem teşkil etmesinden dolayı halk otobüsleri ile yapılan yolculuklar göz önüne alınmaksızın bir ortalama maliyet hesabı yapılmıştır.

Ötobüs alternatifi için ortalama maliyet hesabı; 22 Eylül 2001 tarihinden itibaren geçerli olan bilet fiyatları ve 2001 yılının ilk 11 ayına ait yolculuk verileri kullanılarak yapılmıştır. Bu yolculuk sayıları ve İ.E.T.T tarafından kademeliendirilmiş bilet fiyatlarına ait bilgiler Tablo E 1-a, Tablo E 1-b ve Tablo E 1-c'de gösterilmiştir.

İ.E.T.T bilet fiyatlarındaki kademelenme ve 2001 yılı yolculuk verileri göz önüne alınarak ortalama bir bilet değeri hesaplanmıştır. 2001 yılının ilk 11 ayına ait yolculuk verileri 'günlük' değerlerine getirilip kademelenmiş bilet fiyatları ile çarpılıp toplam yolculuk sayısına bölünmesiyle (5.1) ifadesinde belirtilen ortalama bilet ücreti hesaplanmıştır.

$$OBÜ = \frac{(\text{Bilete Çeşitine Göre Günlük Yolcu Sayısı}) * (\text{Kademeli Bilet Fiyatı})}{\text{Günlük Toplam Yolcu Sayısı}} \quad (5.1)$$

Bu çalışmada, mavi kart akbil kullanan bir yolcunun, günlük ortalama dört yolculuk yaptığı varsayılmıştır. Mavi kart akbil kullanıcılarının yaptığı günlük yolculuk sayısı ve buna bağlı olarak hesaplanan ortalama bilet ücretini gösteren doğrusal regresyon sonucu elde edilmiş bir denklem ve bunun grafiği Şekil 5.1'de, değerler ise Tablo 5.1'de gösterilmiştir. Mavi kart akbil kullanıcılarının yaptıkları günlük yolculuk sayısına göre, kentini ki yakası arası boğaz geçişi yapmayan otobüsler için ortalama bilet ücreti 408.610TL'dir.



Şekil 5.1 İndirilmiş Akbil'ler Göz Önüne Alındığında, Yolculuk Sayısı Akbil Ücreti İlişkisi

Boğaz geçişi yapan otobüslerde ise; Ocak 2002 tarihinden itibaren geçerli kararlara göre ortalama bilet ücreti iki bilet fiyatı olan 1.500.000TL'dir.

Tablo 5.1 İndirilmiş Akbil'ler Göz Önüne Alındığında, Yolculuk Sayısı ve Akbil Ücretleri

| YOLCULUK SAYISI | BİLET ÜCRETİ(TL) |
|-----------------|------------------|
| 2               | 568.520          |
| 3               | 461.907          |
| 4               | 408.600          |
| 5               | 398.229          |
| 6               | 355.294          |
| 7               | 340.064          |

#### Tünel ve Nostaljik Tramvay

Tünel ve nostaljik tramvay için ortalama maliyet hesabı ise aynı otobüs için hesaplandığı yöntemle hesaplanmıştır.

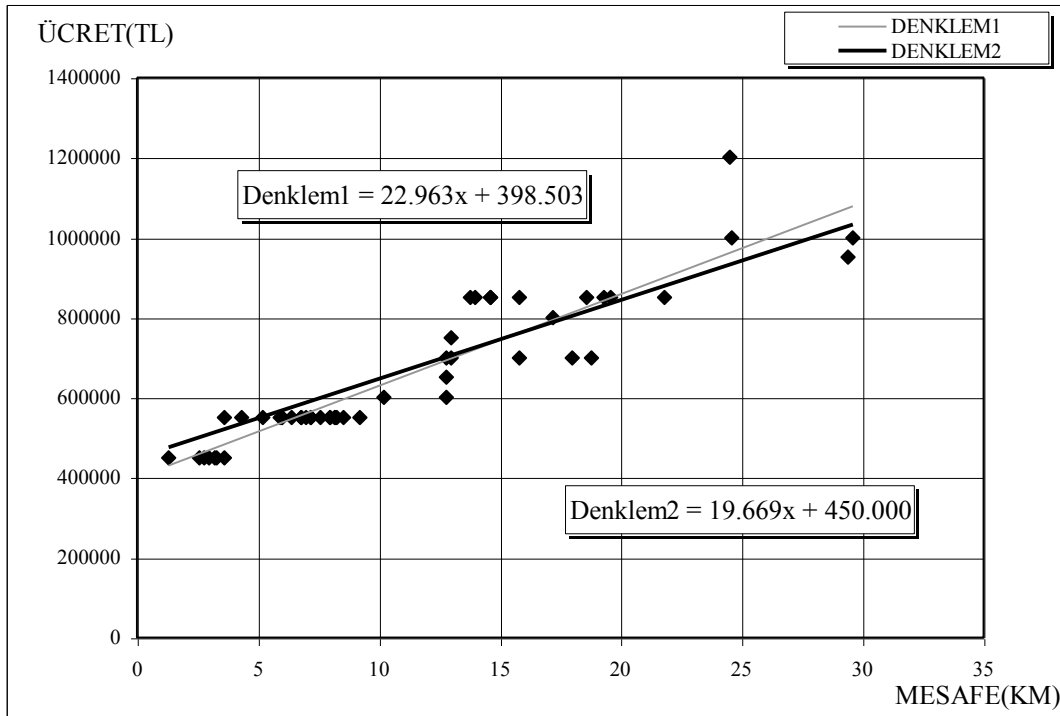
Hesaplamalar sonucu, modele girdi verisi olacak ortalama bilet ücretleri; tünel yolculukları için 426.361TL ve nostaljik tramvay yolculukları için 450.000TL'dir.

## Mni bñs

Uaşım modeli için tanımlanan mni bñs seçeneğine ait ödenen ortalama bir ücret hesaplanmıştır.

İstanbul’da kentiçi alanda,  bölgede (A, B ve C Böl geleri) hizmet veren toplam 134 adet mni bñs hattının yaklaşık %25’inin gñzergahları göz önüne alınarak ortalama ücret hesabı yapılmıştır. Çalışmada gñzergahları kullanılan hatların başlangıç ve bitiş noktalarının, kent içerisinde toplam ve dağıtma merkezleri ile kalibrasyon bl gelerinde, gñzergahlarını ise kentiçi ana ulaşım aksları üzerinde olmasına dikkat edilmiştir.

Mni bñs hatlarının başlangıç ve bitiş noktaları arasında msafelere göre farklılaşan ve çalışmaya veri teşkil eden ücretler; hatları, hatlarının bulunduğları bl geleri, hatların adedi ve farklılaşan msafe değerleriyle birlikte Tablo E 2-a ve Tablo E 2-b’de gösteril mektedir.



şekil 5.2 2002 Yılı Değerleriyle Mni bñs creti- Msafe İlişkisi

Mni bñs ücretleri için ortalama maliyet hesabı; farklılaşan hat msafelerine göre ücretlerin elde edildiği, doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen bir denklem yardımıyla yapılmıştır. şekil 5.2’de görülen ilk denklemdaki ‘398.503’ sabiti,

yapılan il k regresyon analizi sonucu mini b s kullanıcıları nı n cebinden her durumda çıkacak en az  creti göstermekte, ‘x’ değişkeni ise mesafeyi temsil etmektedir. İstanbul’da hizmet veren mini b s hatları için; Türkiye Esnaf ve Sanatkarlar Konfederasyonu’na bağlı şöförler ve Otomobilciler Federasyonu’nun, Mini b s  ler Esnaf Odaları’na indi-bindi  creti olarak belirlediği 450.000TL, bulunan denklemde sabit yerine konulduğunda elde edilen ikinci denklem (Denklem2) ise yine şekil 5.2’de g z  mektedir.

İstanbul İli için kent içi mini b s yolculuklarında ortalama yolculuk mesafesi 7,2km’dir. Bu değer elde edilen ücret- mesafe denklemi nde yerine koyularak mini b s yolculukları için ortalama yolculuk maliyeti 591.696TL hesaplanmıştır.

### Metro

1996 yılında metro hattı faaliyette olmadığından daha önce yapılan çalışmada bu hat modelde tanımlanmamıştır. Yapılan bu çalışmada ise metro hattı, modele girdi verisi olacak şekilde tanımlanmış ve bölgeler arası yolculuk maliyetleri bu hattın da varlığıyla hesaplanmıştır. Çalışmada yapılan eski maliyetlere göre kalibrasyon metro hattı verilerini içermekte, yeni maliyetlere göre kalibrasyon ise metro hattı verilerini içermektedir.

Tablo 5.2 2001 Yılı Aylık Metro Hattı Yolculukları (kişi) (Yayımlanmamış Uaşım A ř. Raporu, 2002)

| AYLAR   | BİLET     | TAM AKBİL | İND AKBİL | AYLIK KART | TOPLAM    |
|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| OCAK    | 1.208.921 | 496.382   | 258.108   | 108.569    | 2.071.980 |
| şUBAT   | 1.084.250 | 427.415   | 229.742   | 120.364    | 1.861.771 |
| MART    | 999.184   | 362.474   | 221.942   | 122.047    | 1.705.647 |
| NİSAN   | 940.100   | 364.005   | 205.278   | 113.248    | 1.622.631 |
| MAYIS   | 976.860   | 380.032   | 211.285   | 114.457    | 1.682.634 |
| HAZİRAN | 884.898   | 336.732   | 172.505   | 108.950    | 1.503.085 |
| TEMMUZ  | 839.343   | 330.487   | 152.946   | 115.374    | 1.438.150 |
| AğUSTOS | 850.234   | 339.487   | 149.518   | 100.436    | 1.439.675 |
| EYL  L  | 914.366   | 358.838   | 194.118   | 132.560    | 1.599.882 |
| EKİM    | 1.061.666 | 429.255   | 268.827   | 157.638    | 1.917.386 |
| KASIM   | 1.031.708 | 426.602   | 275.013   | 147.663    | 1.880.986 |
| ARALIK  | 1.102.548 | 408.890   | 249.308   | 144.887    | 1.905.633 |

Metro hattı için ortalama yolculuk maliyeti hesabı yapılırken Ulaşım A.Ş.'nin 2001 yılı yolculuk bilet ücret verileri kullanılmıştır. 2001 yılına ait kademelenmiş bilet ücretlerine göre metro hattının aylık yolculukları Tablo 5.2' de gösterilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonunda, modele dahil edilecek metro hattı için ortalama bilet ücreti 548.517TLdir.

#### Hafif Raylı Sistem

Hafif Raylı Sistem hattı için ortalama yolculuk maliyeti hesabı yapılırken Ulaşım A.Ş.'nin 2001 yılı yolculuk bilet ücret verileri kullanılmıştır. 2001 yılına ait kademelenmiş bilet ücretlerine göre metro hattının aylık yolculukları Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonunda, modele dahil edilecek hafif raylı sistem hattı için ortalama bilet ücreti 529.747TLdir.

Tablo 5.3 2001 Yılı Aylık Hafif Raylı Sistem Hattı Yolculukları (kişi)  
(Yayımlanmış Ulaşım A.Ş. Raporu, 2002)

| AYLAR   | BİLET     | TAM AKBİL | İND<br>AKBİL | AYLIK<br>KART | TOPLAM    |
|---------|-----------|-----------|--------------|---------------|-----------|
| OCAK    | 2.309.102 | 1.631.919 | 530.444      | 547.764       | 5.019.229 |
| ŞUBAT   | 2.105.120 | 1.384.505 | 446.617      | 507.488       | 4.443.730 |
| MART    | 2.061.163 | 1.258.537 | 468.418      | 439.084       | 4.227.202 |
| NİSAN   | 2.080.402 | 1.356.089 | 492.386      | 463.131       | 4.392.008 |
| MAYIS   | 2.256.048 | 1.424.876 | 527.328      | 539.963       | 4.748.215 |
| HAZİRAN | 2.195.780 | 1.338.089 | 433.663      | 480.490       | 4.448.022 |
| TEMMUZ  | 2.180.610 | 1.262.445 | 327.086      | 562.684       | 4.332.825 |
| AĞUSTOS | 2.152.978 | 1.251.959 | 313.643      | 471.899       | 4.190.479 |
| EYLÜL   | 2.113.044 | 1.271.301 | 413.224      | 420.728       | 4.218.297 |
| EKİM    | 2.121.161 | 1.382.462 | 544.004      | 475.432       | 4.523.059 |
| KASIM   | 1.945.641 | 1.334.364 | 552.984      | 443.785       | 4.276.774 |
| ARALIK  | 2.206.964 | 1.285.383 | 518.956      | 451.596       | 4.462.899 |

#### Tramvay

Tramvay hattı için ortalama yolculuk maliyeti hesabı yapılırken Ulaşım A.Ş.'nin 2001 yılı yolculuk bilet ücret verileri kullanılmıştır. 2001 yılına ait kademelenmiş bilet ücretlerine göre metro hattının aylık yolculukları Tablo 5.4'te gösterilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonunda, modele dahil edilecek tramvay hattı için ortalama bilet ücreti 528.242TLdir.

Tablo 5.4 2001 Yılı Aylık Tramvay Hattı Yolculukları (kişi) (Yayımlanmamış Ulaşım AŞ Raporu, 2002)

| AYLAR   | BİLET     | TAM AKBİL | İND AKBİL | AYLIK KART | TOPLAM    |
|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| OCAK    | 1.836.944 | 1.214.265 | 568.244   | 321.839    | 3.941.292 |
| ŞUBAT   | 1.683.275 | 1.046.589 | 458.443   | 341.323    | 3.529.630 |
| MART    | 1.557.496 | 928.618   | 475.054   | 336.979    | 3.298.147 |
| NİSAN   | 1.764.502 | 1.042.560 | 500.685   | 371.067    | 3.678.814 |
| MAYIS   | 1.843.363 | 1.094.009 | 529.185   | 393.011    | 3.859.568 |
| HAZİRAN | 1.778.370 | 1.043.827 | 420.800   | 401.080    | 3.644.077 |
| TEMMUZ  | 1.791.494 | 1.026.437 | 352.396   | 424.466    | 3.594.793 |
| AĞUSTOS | 1.854.261 | 1.044.839 | 284.848   | 284.675    | 3.468.623 |
| EYLÜL   | 1.832.630 | 1.056.100 | 343.699   | 273.972    | 3.506.401 |
| EKİM    | 1.888.076 | 1.184.863 | 600.959   | 360.485    | 4.034.383 |
| KASIM   | 1.713.160 | 1.186.757 | 629.568   | 336.062    | 3.865.547 |
| ARALIK  | 1.612.422 | 1.077.143 | 553.174   | 326.996    | 3.569.735 |

#### Şehir Hatları Vapurları, Motorlar ve Deniz Otobüsleri

Yolculuklarda ödenen; indirimsiz bilet ücreti ve akbil kullanımı ile indirilmiş bilet ücreti değerlerine göre T.Dİ'nin şehir hatları vapurları ve motor taşımacılığı yolculukları için ortalama yolculuk ücreti 650.000TL olarak hesaplanmıştır.

İ.D.İşletmesinin indirimsiz bilet ücreti ve akbil kullanımı ile indirilmiş bilet ücreti değerlerine göre deniz otobüsü yolculukları için ortalama yolculuk ücreti 2.170.000TL olarak hesaplanmıştır.

#### Banliyö Treni

T.C.D.D'nin indirimsiz bilet ücreti ve akbil kullanımı ile indirilmiş bilet ücreti değerlerine göre banliyö treni için ortalama yolculuk ücreti 700.000TL olarak hesaplanmıştır.

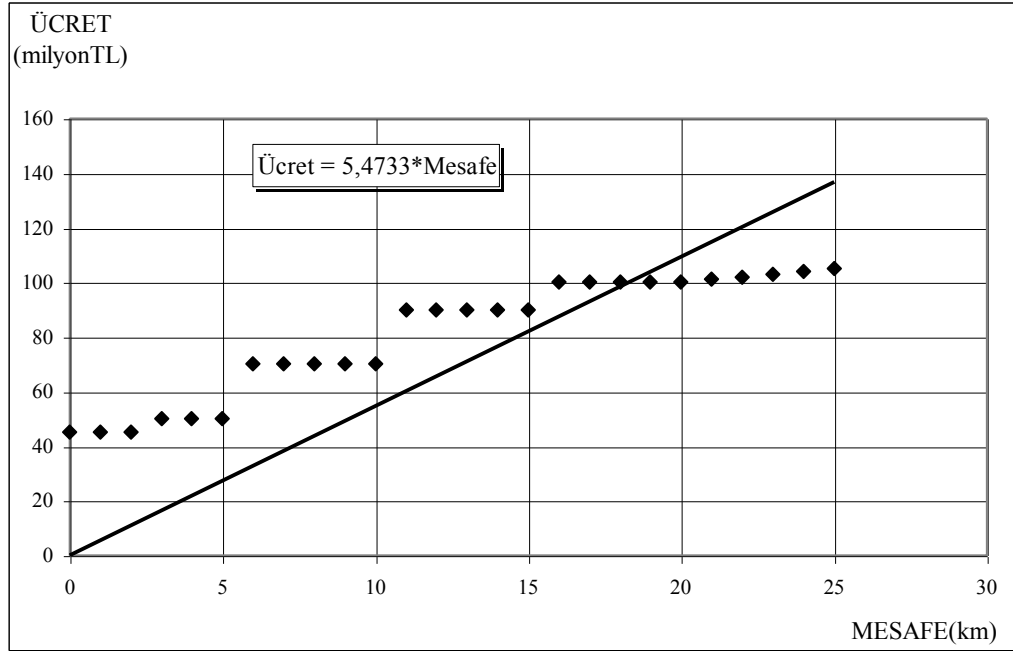
#### **5.1.1.3 Servis Aracı Kullanım Maliyetleri**

Okul amaçlı yolculukların yeni maliyet değerlerine göre türel dağılımının yapılmasına veri teşkil eden bölgeler arası yeni servis yolculukları maliyetlerinin hesaplanabilmesi için kişi/yolculuk başına ortalama km maliyeti; Türkiye Esnaf ve Sanatkarlar Konfederasyonu, Şöförler ve Otomobilciler Federasyonu'na bağlı İstanbul Servis Aracı İşletmecileri Odası'nın 01 Ocak 2002 ile 30 Haziran 2002 tarihleri arası geçerli olan tarifesi değerlendirilerek hesaplanmıştır. Tarife Tablo 5.5'te görülmektedir.

Tablo 5.5 2002 Yılı Servis Ücretleri (İstanbul Servis Aracı İşletmecileri Odası)

| MESAFE(km) | YENİ ÜCRET     |
|------------|----------------|
| 0 - 3      | 45.000.000 TL  |
| 3 - 5      | 50.000.000 TL  |
| 5 - 10     | 70.000.000 TL  |
| 10 - 15    | 90.000.000 TL  |
| 15 - 20    | 100.000.000 TL |

Mesafeye bağlı olarak yapılan doğrusal regresyon analizi sonucu servis ücreti ile mesafe arasındaki ilişkiyi gösteren ifade Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Kişi Başına, Servis Aracı Yolculuk Mesafesi ve Ücreti İlişkisi (TL)

Türel dağılım model kalibrasyonunda veri teşkil edecek bölgeler arası servis aracı yolculuk maliyeti hesabı için ulaşım modeline, bir servis aracı yolculuğunun kilometre başına değeri dahil edilmiştir. Bu değer ise, doğrusal regresyon sonucu elde edilen ortalama kişi başına yolculuk maliyetinin, ayda 40 iş günü yolculuk yapıldığı varsayılarak 40'a bölünmesi ile 136.833km/kişi olarak bulunmuştur.

### 5.1.2 Bölgeler Arası Yolculuk Süreleri

Özel araç ve servis aracı yolculukları için bölgeler arası yolculuk süreleri, kalibrasyonda kullanılan 1996 yılı değerlerinin aynısı olarak değerlendirilmiştir.

alınmıştır. Toplu taşıma yolculuk süreleri ise; ulaşım ağına eklenen metro alternatifini modelde tanımlamak suretiyle, model içerisinde yeniden hesaplanmıştır.

### 5.1.3 Bölge Arası Genelleştirilmiş Maliyetler ve Zaman Değeri'nin Hesaplanması

Belirlenen geçerli modellere veri olarak girilen yeni genelleştirilmiş maliyet değeri, modellerin kalibrasyonu aşamasında hesaplandığı yöntemin aynı sı ile hesaplanmıştır. Zaman değeri ise alt başlıkta açıklanan daha farklı bir yöntemle hesaplanmıştır.

#### 5.1.3.1 Genelleştirilmiş Maliyet

Araç işletme maliyeti, yolculuk zamanının ekonomik değeri ve paralı yol, köprü ve park ücretleri olan maliyetlerden oluşan özel araçla yolculuk yapmanın maliyeti hesabı yapılırken özel araç işletme maliyeti olarak yalnızca yakıt tüketimi maliyeti değerlendirilmiştir. 22 Mart 2002 tarihi itibarıyla akaryakıt fiyatları ve İstanbul İli için özel araç yolculukları yapan taşıtların kullandıkları akaryakıt türleri ile oranları Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6 İstanbul İçin 22,03,2002 Tarihinden İtibaren Geçerli Akaryakıt Fiyatları(TL) ve Mbt orlun Taşıtları Akaryakıt Kullanım Oranları ( www.opet.com.tr)

| İLÇE          | KURŞUNSUZ | SÜPER     | NORMAL    | LPG     | MOTORİN |
|---------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| TUZLA         | 1.367.000 | 1.371.000 | 1.311.000 | 948.000 | 985.000 |
| ANADOLU Y.    | 1.369.000 | 1.373.000 | 1.313.000 | 950.000 | 988.000 |
| ŞİLE          | 1.371.000 | 1.375.000 | 1.315.000 | 952.000 | 990.000 |
| SARI GAZİ     | 1.373.000 | 1.377.000 | 1.317.000 | 954.000 | 992.000 |
| Y. DUDULLU    | 1.372.000 | 1.376.000 | 1.316.000 | 954.000 | 991.000 |
| ÖMERLİ        | 1.375.000 | 1.379.000 | 1.319.000 | 957.000 | 994.000 |
| KURTKÖY       | 1.369.000 | 1.373.000 | 1.313.000 | 951.000 | 988.000 |
| SULTANBEYLİ   | 1.371.000 | 1.375.000 | 1.314.000 | 952.000 | 990.000 |
| ÜMRANİYE      | 1.369.000 | 1.373.000 | 1.313.000 | 950.000 | 988.000 |
| PENDİK        | 1.367.000 | 1.372.000 | 1.311.000 | 949.000 | 986.000 |
| SİLVİRİ       | 1.373.000 | 1.377.000 | 1.317.000 | 955.000 | 992.000 |
| YEŞİLKÖY      | 1.371.000 | 1.375.000 | 1.315.000 | 953.000 | 990.000 |
| ORTALAMA      | 1.370.583 | 1.374.667 | 1.314.500 | 952.083 | 989.500 |
| KULLANIM ORAN | 38 %      | 12 %      | 3 %       | 31 %    | 16 %    |

Mbt orin tip akaryakıt değerlendirilme alınmadan, Tablo 5.6'daki değerlere göre hesaplanan ortalama akaryakıt fiyatı 1.147.889TL/lt'dir. Kent içerisinde, otomobillerin 100 km'de ortalama 10 lt yakıt tükettikleri kabul edilerek 22 Mart

2002 tarihi fiyatlarıyla otomobil-km başına yakıt tüketim maliyeti 114.789TL hesaplanmıştır. İstanbul'da boğaz için köprü geçiş ücreti 2.000.000TL alınmıştır.

Zaman değeri başlığı altında açıklandığı gibi, kişi başına ortalama zaman değeri 38.056TL/daki ka olarak hesaplanmıştır. Modelde özel araçlar için doluluk değeri de 1.9kişi/araç olarak göz önüne alınarak genelleştirilmiş maliyet (5.2) ifadesindeki gibi hesaplanmıştır.

$$GM = 114.789 * Km + (1,90 * 38.056) * \text{Daki ka (TL/ biri otomobil)} \quad (5.2)$$

Kişi başına genelleştirilmiş maliyet ise (5.3) ifadesindeki gibi hesaplanmıştır.

$$GM = (114.789 / 1,90) * Km + 38.056 * \text{Daki ka (TL/ Kişi)} \quad (5.3)$$

Servis aracı yolculuklarında ise kişi başına genelleştirilmiş maliyet; servis aracı kullanımı maliyeti hesabından elde edilen kişi başına yolculuğun kilometre değeri göz önüne alınarak (5.4) ifadesindeki şekilde hesaplanmaktadır.

$$GM = (136.833) * Km + 38.056 * \text{Daki ka (TL/ kişi)} \quad (5.4)$$

Toplutaşıma yolculukları genelleştirilmiş maliyetleri; ulaşım modeline bilet ücretleri ve zaman değeri dahil edilerek hesaplanmıştır.

### 5.1.3.2 Zaman Değeri

Zaman değeri, İstanbul için daha önce yapılan planlardakilerden ve etütlerdekilere farklı bir yöntem uygulanarak hesaplanmıştır.

İstanbul İli'ndeki toplam 1.893.872 hane, %1'lik gruplara bölünmüştür. Daha sonra bu %1'lik gruplar %5'lik gruplara birleştirilerek; toplam gelir, aile başına aylık gelir, kişi başına aylık gelir, çalışan kişi başına aylık gelir, çalışılan süreler için zaman değeri, çalışılmayan süreler için zaman değeri ve iş yolculukları oranları göz önüne alınarak bir kişi başına ortalama zaman değeri hesaplanmıştır. %5'lik hanelere göre gelir dağılımı Tablo E.3'te gösterilmiştir. Hesaplanan ortalama zaman değeri 38.056TL/daki ka/kişidir.

### 5.2 2001 Yılı Değerleri İle Dağıtılan Yolculuklar

4. Bölümde açıklanan farklı yolculuk amaçları için kalibrasyon sonrası elde edilen geçerli modellere; yeni maliyet değerleri girildiğinde, ulaştırma türlerini kullanımı oranlarının ne miktarda değiştiği belirlenebilmektedir.

Alt başlıklarda, farklı yolculuk amaçları ve toplulaştırma düzeylerinde; kalibrasyonda kullanılan 1996 yılı yolculuk gözlemleri, 1996 yılı verilerine göre kalibre edilen modellerle dağıtılan yolculuklar ve kalibre edilen modellerle 2002 yılı verilerine göre dağıtılan yolculuklar arasındaki farklılaşmalara değinilmiştir. Bu farklılaşmaları gösterebilmek için yolculuk amacı, toplulaştırma düzeyi ve kalibrasyon yöntemine göre; gözlem değerleri ile geçerli modellerle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan yolculuklar arasındaki ve 1996 yılı değerleri ile dağıtılan yolculuklar ile 2002 değerleri ile dağıtılan yolculuklar arasındaki ilişkiyi gösteren iki ayrı grafiğe değinilmiştir.

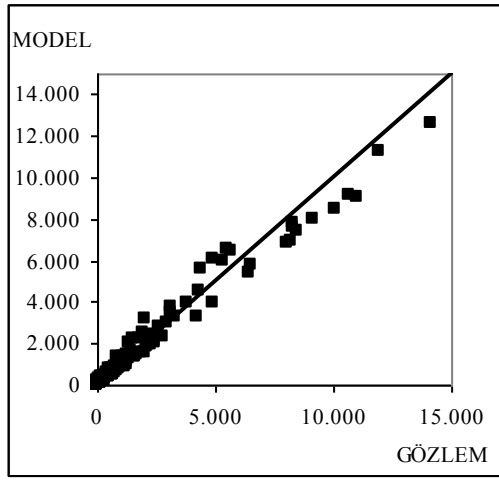
### **5.2.1. İş Yolculukları**

İş yolculukları için elde edilen modellerden; 20 sektörde yolculuk maliyeti ve yolculuk süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı, 2002 yılı değerlerine göre artış ( %68'den %70'e) göstermiştir. Yedi sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı ise aynı ( %67,5) kalmıştır.

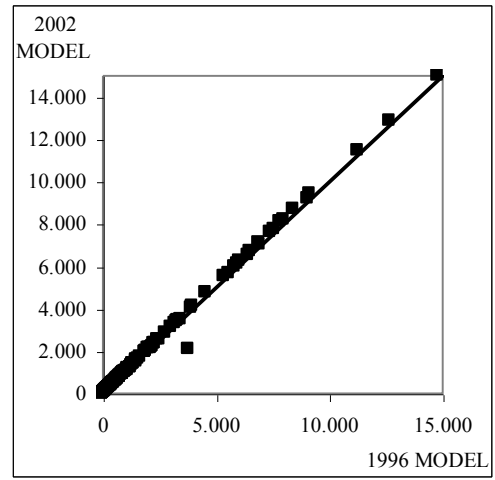
Genelleştirilmiş maliyete göre kalibre edilen modellerde 2002 yılı değerlerine göre; 20 sektörde özel araç kullanı moranı düşüş ( %79,5'tan %78,2'ye) gösterirken, yedi sektörde özel araç kullanı moranı yine düşüş ( %63,2'den %62,1'e) göstermektedir.

#### **5.2.1.1. 20 Sektörde**

İki değişkenli modellere göre, 20 sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.4-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.4-b'de gösterilmiştir. Tek değişkenli modellere göre, 20 sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.5a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.5-b'de gösterilmiştir.

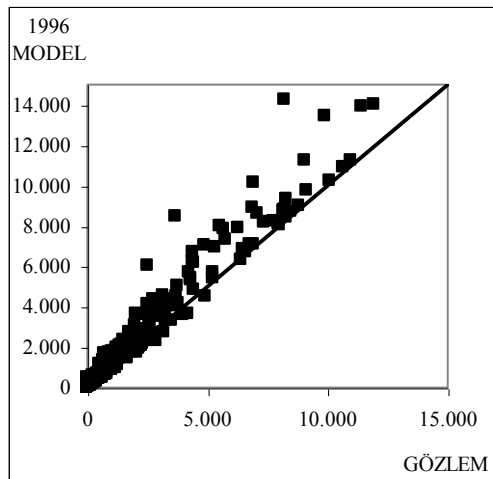


(a)

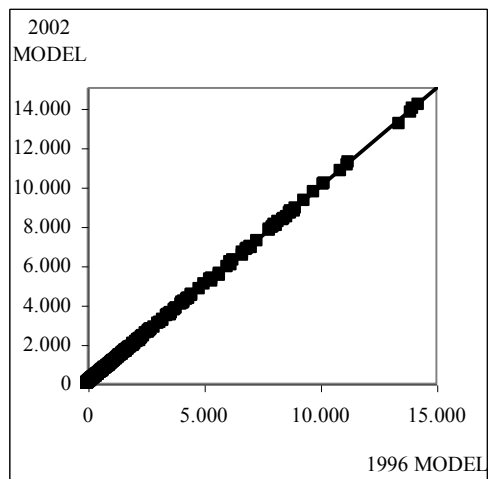


(b)

Şekil 5.4 Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri



(a)



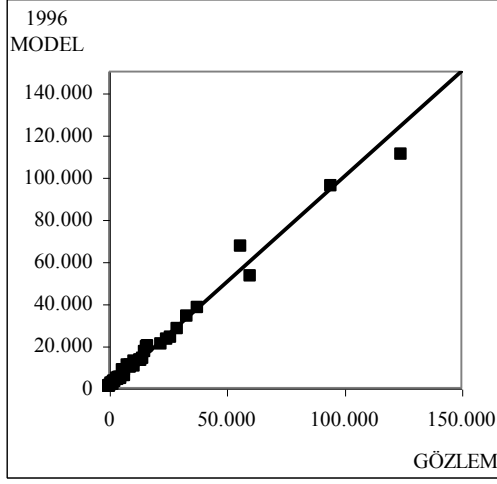
(b)

Şekil 5.5 Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

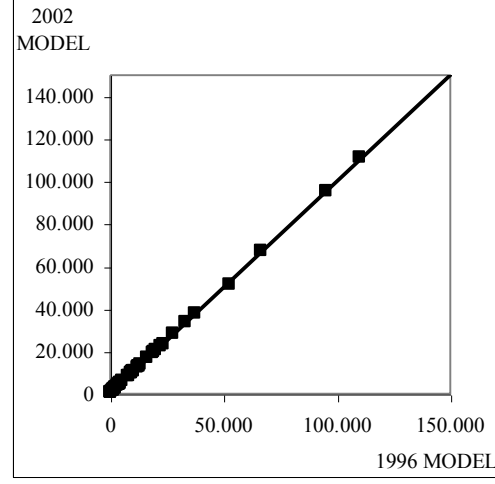
### 5.2.1.2 Yedi Sektörde

İki değişkenli modellere göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.6-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.6-b'de gösterilmiştir. Tek değişkenli modellere göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.7-a'da, 1996 yılı

değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.7-b' de gösterilmiştir.

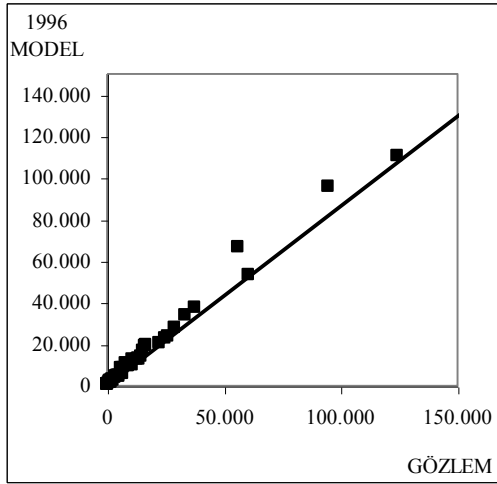


(a)

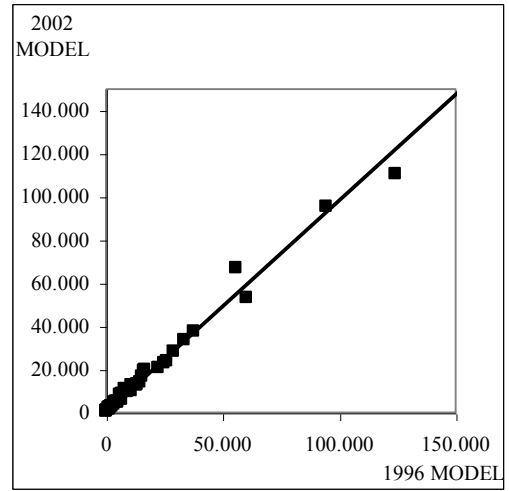


(b)

Şekil 5.6 Özel Araçlı İş Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri



(a)



(b)

Şekil 5.7 Özel Araçlı İş Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

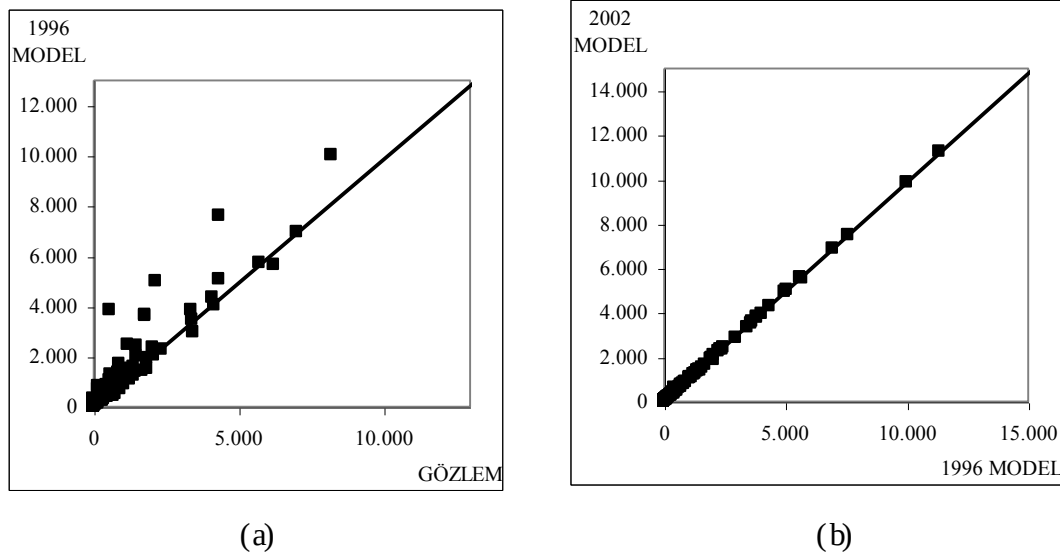
### 5.2.2. Ev Uçlu Diğer Yolculuklar

20 sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı, 2002 yılı değerlerine göre düşüş ( %73,3'ten %71,7'ye) gösterirken, yedi sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı artış ( %44,6'dan %45'e) göstermektedir.

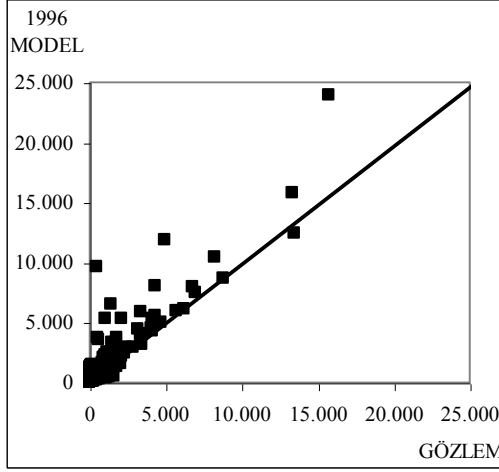
Genelleştirilmiş maliyete göre kalibre edilen modellerde 2002 yılı değerlerine göre; 20 sektörde özel araç kullanı moranı düşüş ( %68,8'den %63,7'ye) gösterirken, yedi sektörde özel araç kullanı moranı yine düşüş ( %48,8'den %44,9'a) göstermektedir.

#### 5.2.2.1. 20 Sektörde

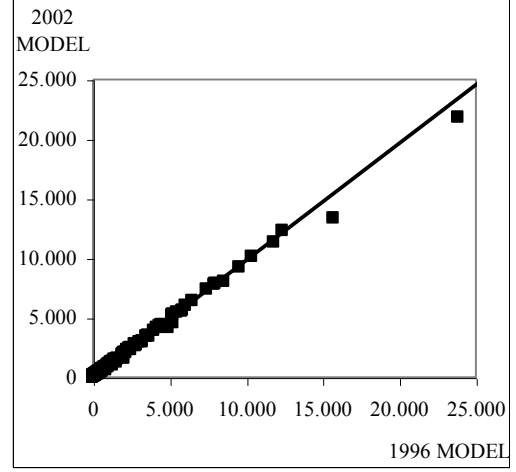
İki değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.8-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.8-b'de gösterilmiştir. Tek değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlemdeğerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.9-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.9-b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri



(a)

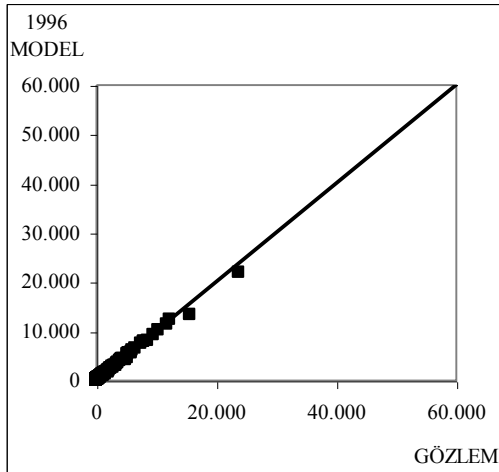


(b)

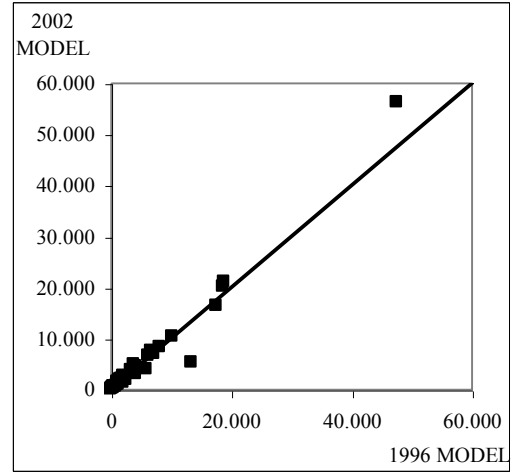
Şekil 5.9 Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

#### 5.2.2.2 Yedi Sektörde

İki değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.10-a'da, 1996 değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.10-b'de gösterilmiştir.



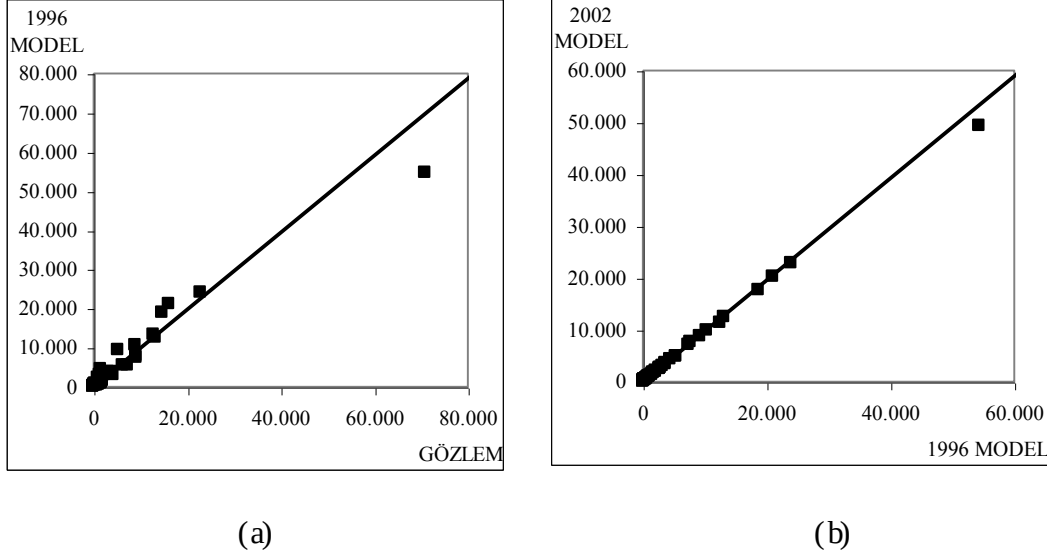
(a)



(b)

Şekil 5.10 Özel Araçlı Ev Uçlu Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

Tek değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki şekil 5.11-a’da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de şekil 5.11-b’de gösterilmiştir.



şekil 5.11 zel Araçlı Ev Uçlu Dğer Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri

### 5.2.3. Okul Yolculukları

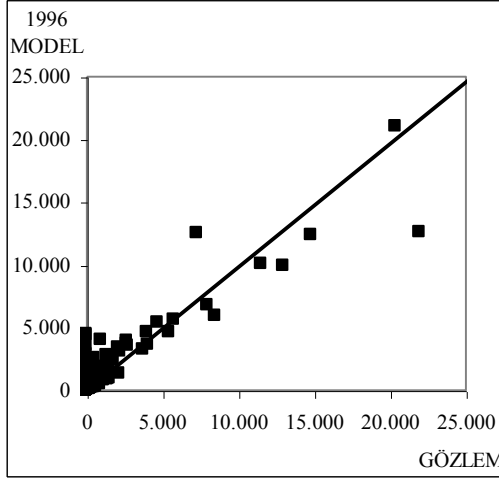
Okul yolculukları için elde edilen modellerden; 20 sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre servis aracı kullanı moranı, 2002 yılı değerlerine göre düşüş ( %50’ den %47’ ye) gösterirken, yedi sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre servis aracı kullanı moranı yine düşüş ( %52’ den %26,6’ ya) göstermektedir.

Genelleştirilmiş maliyete göre kalibre edilen modellerde 2002 yılı değerlerine göre; 20 sektörde servis aracı kullanı moranı düşüş ( %59,3’ten %58,7’ ye) gösterirken, yedi sektörde servis aracı kullanı moranı yine düşüş ( %29,8’ den %28,4’ e) göstermektedir.

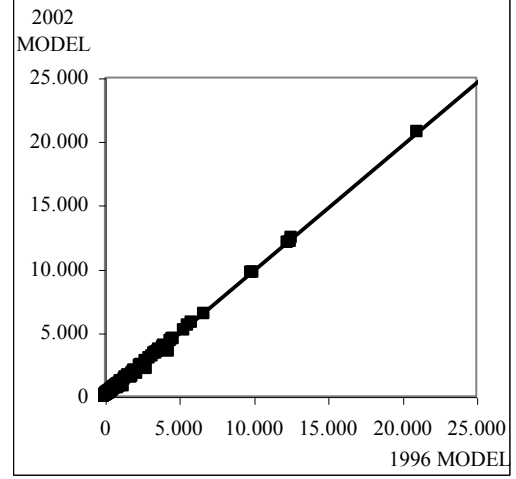
#### 5.2.3.1. 20 Sektörde

İki değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki şekil 5.12-a’da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki de şekil 5.12-b’de gösterilmiştir.

Tek değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlemdeğerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.13-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.13-b'de gösterilmiştir.

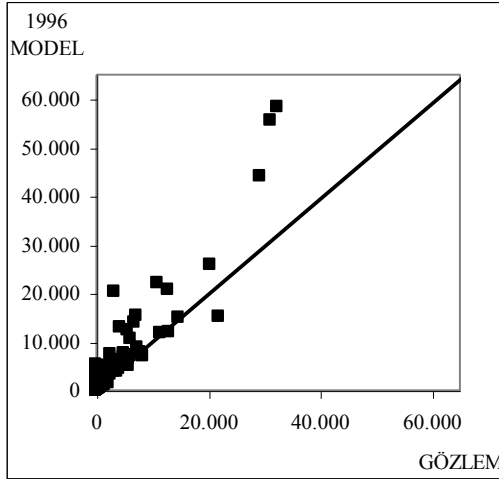


(a)

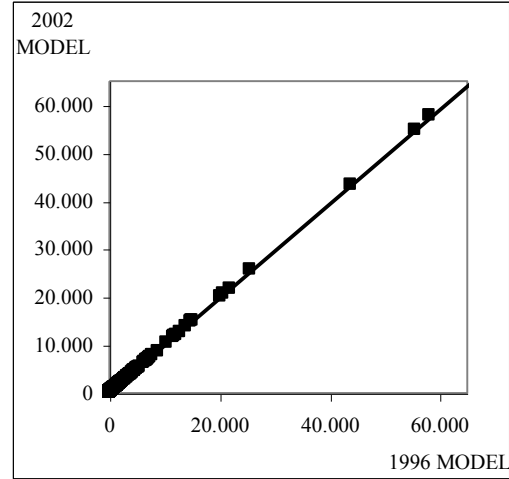


(b)

Şekil 5.12 Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri



(a)

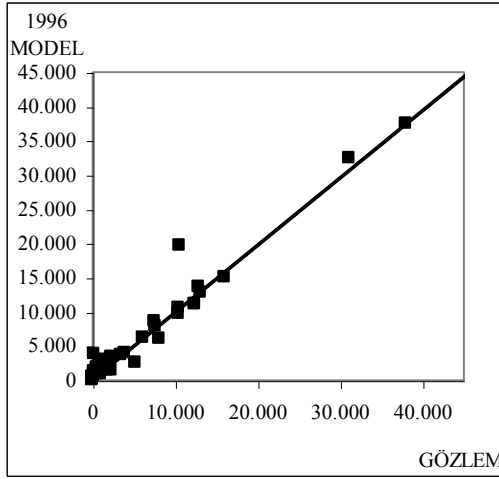


(b)

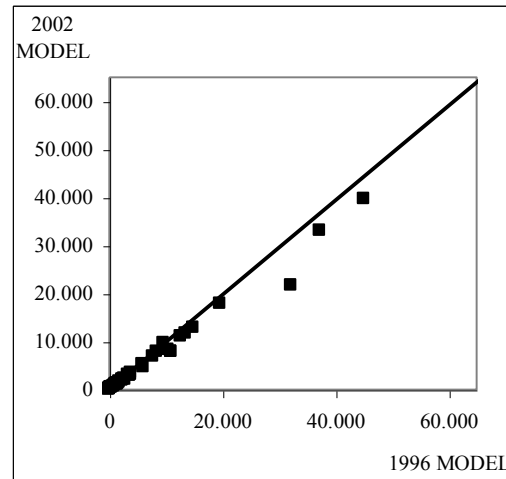
Şekil 5.13 Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımının İlişkileri

### 5.2.3.2 Yedi Sektörde

İki değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.14-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.14-b'de gösterilmiştir.

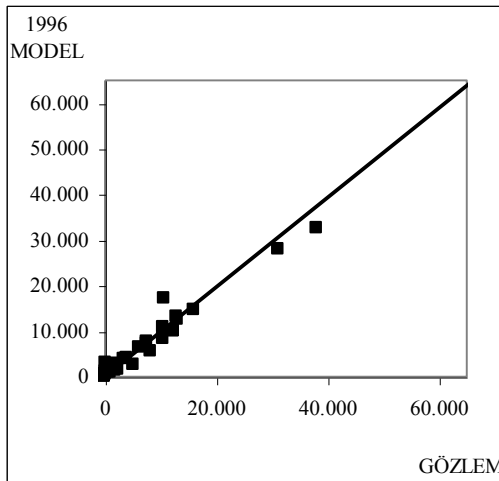


(a)

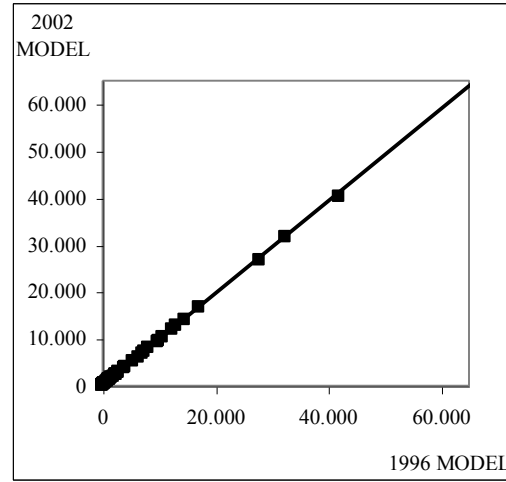


(b)

Şekil 5.14 Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri



(a)



(b)

Şekil 5.15 Servis Aracı İle Okul Yolculuklarının Teki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

Tek değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.15-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan servis aracı yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.15-b'de gösterilmiştir.

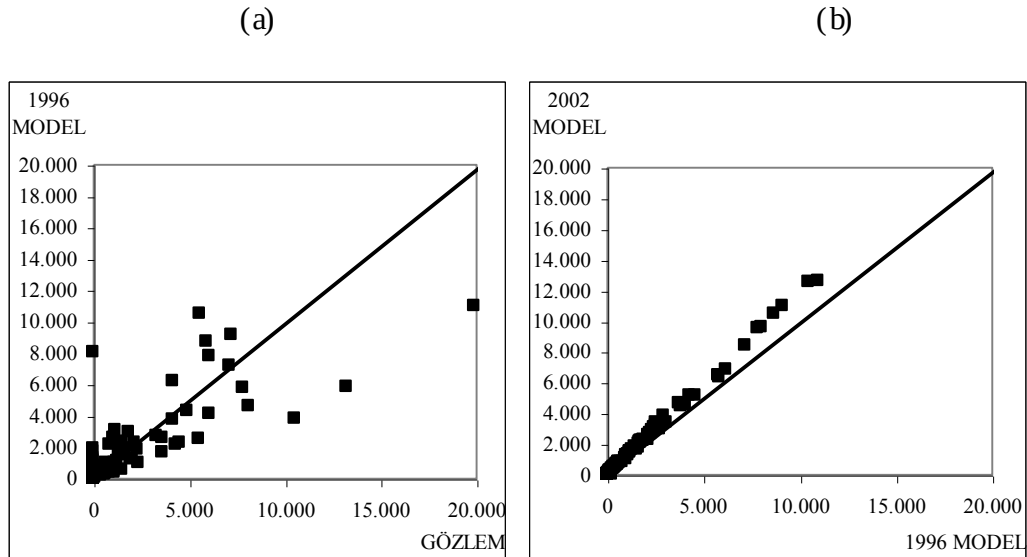
#### 5.2.4 Diğer Yolculuklar

Diğer yolculuklar için elde edilen modellerden; 20 sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı, 2002 yılı değerlerine göre artış (%41,1'den %48,6'ya) gösterirken, yedi sektörde yolculuk maliyeti ve süresi ile kalibre edilen modele göre özel araç kullanı moranı yine artış (%49'dan %50,8'e) kalmaktadır.

Genelleştirilmiş maliyete göre kalibre edilen modellerde 2002 yılı değerlerine göre; 20 sektörde özel araç kullanı moranı artış (%45,4'ten %48,4'e) gösterirken, yedi sektörde özel araç kullanı moranı düşüş (%39,4'ten %36,4'e) göstermektedir.

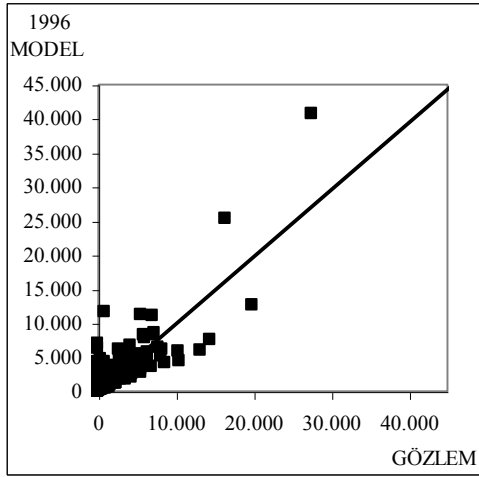
##### 5.2.4.1. 20 Sektörde

İki değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.16-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.16-b'de gösterilmiştir.

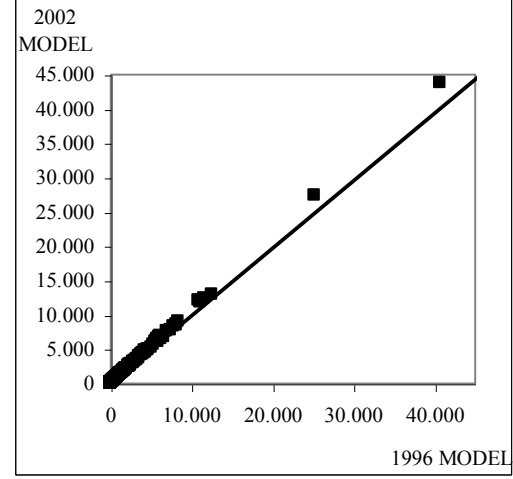


Şekil 5.16 Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

Tek değişkenli modele göre, 20 sektörde; gözlemdeğerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.17-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.17-b'de gösterilmiştir.

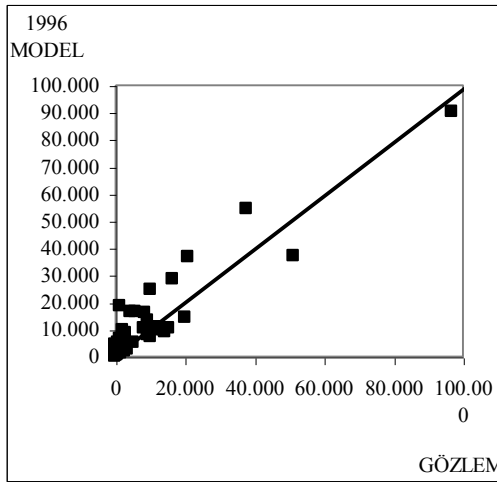


(a)

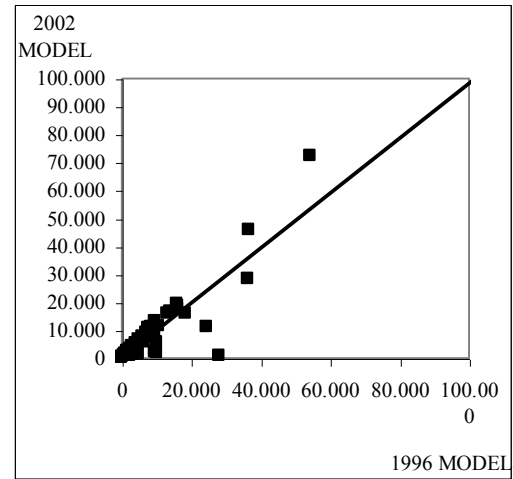


(b)

Şekil 5.17 Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle 20 Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri



(a)

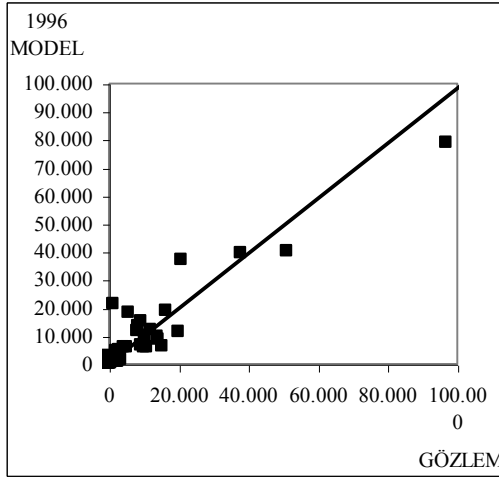


(b)

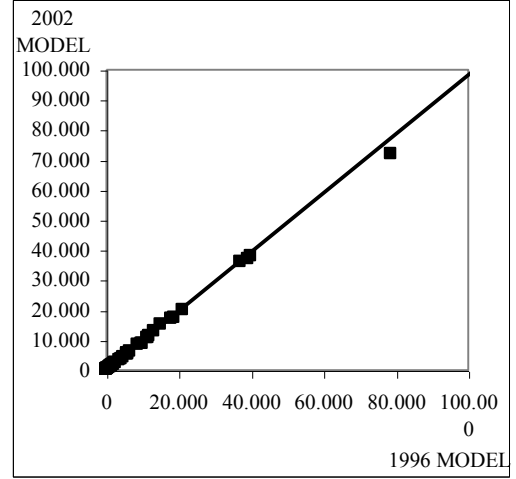
Şekil 5.18 Diğer Yolculukların İki Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

#### 5.2.4.2 Yedi Sektörde

İki değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.18-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.18-b'de gösterilmiştir. Tek değişkenli modele göre, yedi sektörde; gözlem değerleriyle 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki Şekil 5.19-a'da, 1996 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculuklarıyla 2002 yılı değerlerine göre dağıtılan özel araç yolculukları arasındaki ilişki de Şekil 5.19-b'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.19 Diğer Yolculukların Tek Değişkenli Model İle Yedi Sektörde; Gözlem 1996 ve 2002 Değerleriyle Türel Dağılımın İlişkileri

## **6. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER**

### **6.1. Değerlendirme**

Kalibrasyon sonucu elde edilen modellerin uygunlukları, regresyon analizi yöntemiyle belirlenen regresyon denklemlerinin istatistiksel önemlerinin değerlendirilmesi ile belirlenmiştir. Bu yolla; kalibrasyona katılan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığı araştırılmış, böyle bir ilişki varsa bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemi elde edilmiştir.

Gözlemlenen yolculuklar ve geliştirilmiş maliyet değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkiyi belirleyebilmek için basit doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Gözlemlenen yolculuklar ile yolculuk maliyeti ve yolculuk süresi değişkenleri arasındaki doğrusal ifadeyi belirleyebilmek için de çok değişkenli doğrusal regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Her iki yöntemde de; gözlemlenen yolculuklar bağımlı değişken olarak analize dahil edilmiştir.

Değişkenler arasındaki ilişkisinin derecesini belirlemek için, doğrusal bağımlılığın bir ölçüsü olan korelasyon katsayısı değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayısı göreceli olarak daha büyük olan modeller değerlendirilmiştir. Ayrıca; regresyon analizi sonrası elde edilen, değişkenlerin t istatistiği değerleri de; değişkenlerin ortak dağılımının normal olduğu kabul edildiğinde örneklem dağılımının t(student) dağılımına uygun olup olmadığını belirlemede kullanılmıştır. t istatistiği değerlerinin, seçilen anlamlılık düzeyine karşı gelen güven aralığı (%95) içerisinde kalması gerekliliği, yapılan deneyler sonucu elde edilen modellerden uygun olanlarının seçilmesinde bir ölçüt olmuştur.

#### **6.1.1. Verilerin Topulaştırılması Açısından Değerlendirme**

Farklı yolculuk amaçları için kalibrasyona veri teşkil eden; bölgeler arası yolculuk matrisleri, yolculuk maliyetleri, yolculuk süreleri ve geliştirilmiş yolculuk maliyetlerinin 20 sektörde toplulaştırılması; genelde, istatistiksel olarak, gözlem

sonuçlarına daha yakın sonuçlar veren modellerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bunun nedeni; daha çok sayıda anlamlı verinin analize katılmış olmasıdır.

Okul yolculuklarında ise; elde edilen tüm diğer modellerden farklı olarak, yedi sektörde toplulaştırılan yolculuk maliyeti ve yolculuk süresi verilerine göre kalibrasyonla elde edilen model, 20 sektörde toplulaştırma ile elde edilen modelden daha uygun sonuçlar vermiştir.

### **6.1.2. Modelde Kullanılan Değişkenler Açısından Değerlendirme**

20 sektörde toplulaştırma ile elde edilen modellerin daha uygun sonuçlar vermesinden dolayı; bu bölümde, 20 sektörlü kalibrasyon sonrası elde edilen modeller değerlendirilmiştir. Genelleştirilmiş maliyet değişkeninin kullanıldığı tek değişkenli ve yolculuk maliyet ve süreleri değişkenlerinin kullanıldığı iki değişkenli logit model kalibrasyonları sonucunda anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

‘Genelleştirilmiş Maliyet’ değişkeni, yolculuk maliyetine ek olarak yolculuk sırasında geçen zamanın değerini de içermektedir. İstanbul’daki yolculuklar için; 1996 yılı gayri safi yurtiçi hasıla değerleri ve yıllık çalışma saatleri verilerine göre, ortalama bir zaman değeri hesaplanmıştır. Zaman değerinin modele dışarıdan girilmesi nedeniyle, tek değişkenli tür seçimi modeli diğer modele göre daha hatalı sonuçlar vermiştir. Ayrıca, modele, farklı yolculuk amaçları için aynı zaman değerinin dahil edilmesi, farklı kentiçi yolculuklar için yapılan türel dağılımlarda hatalar meydana getirmektedir.

Yolculuk maliyet ve süreleri değişkenlerinin kullanıldığı iki değişkenli modelde ‘Zaman Değeri’ model kalibrasyonu içerisinde tahmin edilmekte ve yapılan tercihlere göre yolcuların zamana verdikleri ağırlığı göstermektedir. Bu model daha az hatalı sonuçlar vermiştir.

Logit modelinin fayda fonksiyonundaki ulaşım ürüne özgü sabit, toplu taşıma türüne dahil edilmiştir. Farklı yolculuk amaçlarına göre pozitif ve negatif değerler alabilen bu sabit; konfor, güvenlik ve güvenilirlik gibi ölçülmesi ve sayısallaştırılması zor olan hizmet düzeyi karakteristiklerini temsil etmektedir. Tek değişkenli logit model kalibrasyonunda mutlak değeri yüksek değerler alabilen bu sabit; iki değişkenli logit model kalibrasyonunda ‘0’ a yakın, başka bir deyişle önemsiz değerler almaktadır.

### 6.1.2.1. Tek Değişkenli Modellerin Değerlendirilmesi

Toplu taşıma türüne özgü olarak fayda fonksiyonuna dahil edilen sabit, iş yolculukları ile ev uçlu diğer yolculuklarda pozitif değerler almıştır. Bu, bahsedilen iki yolculuk amacına ait fayda fonksiyonlarındaki toplu taşıma genelleştirilmiş maliyetinin artacağı anlamına gelmektedir. Bunun nedeni ise; kalibrasyona dahil edilen yolculukların, özel araçtan yararlanma olanağı olan yolculuklar olmasıdır.

Tür sabiti; okul yolculuklarında, toplulaştırma düzeyine göre pozitif ve negatif değerler alabilmektedir. Bunun nedeni; okul yolculukları kalibrasyonuna dahil edilen servis aracı yolculukları genelleştirilmiş maliyetinin çok yüksek olmasıdır.

Diğer yolculuklarda ise; tür sabiti '0' a yakın çıkmaktadır. Bu yolculuklarda; konfor ve güvenilirlik gibi özelliklerin önemi olduğu anlamına gelen bu sonuç, hatalıdır. Bunun nedeni; diğer amaçlı yolculuk modelleri kalibrasyonuna dahil edilen yolculukların, bu amaca yönelik toplam yolculuklar olmasıdır. Özel araçtan yararlanma olanağının bilinemediği, dolayısıyla özel araçtan yararlanma olanağı olmayan kullanıcıların tek alternatifleri olmasına rağmen iki alternatifleri varmış gibi değerlendirilme katılmaları, sonuçların hatalı olmasına neden olmaktadır.

### 6.1.2.2. Tek Değişkenli Model Katsayılarının, Daha Önce Yapılan Çalışmalardakilerle Karşılaştırılması

İş, ev uçlu diğer ve diğer amaçlı yolculuklar için kalibre edilen modellerin katsayıları ile, İstanbul için daha önce yapılan çalışmalar sonucu elde edilen katsayılar Tablo 6.1'de gösterilmiştir. Daha önce, okul yolculukları için logit türel dağılım modeli kalibrasyonu yapılmadığı için, bu amaca yönelik katsayılara değinilememiştir. Çalışmaya ait katsayılar ise, tek değişkenli kalibrasyonla elde edilen katsayılardır.

Tablo 6.1 İstanbul İçin Yapılan Etütlerde ve Çalışmada Elde edilen Türel Dağılım Modeli Kalibrasyon Katsayıları

| YOLCULUK AMACI        | ÇALIŞMA          |          |                        |          |             |          |            |          |
|-----------------------|------------------|----------|------------------------|----------|-------------|----------|------------|----------|
|                       | 1996 İ. U. A. P. |          | 1987 İ. B. B. U. N. P. |          | 20 SEKTÖRDE |          | 7 SEKTÖRDE |          |
|                       | $\lambda$        | $\delta$ | $\lambda$              | $\delta$ | $\lambda$   | $\delta$ | $\lambda$  | $\delta$ |
| İŞ                    | 0,0197           | 31,98    | -0,021                 | 28,00    | 0,0360      | 44,94    | 0,0191     | 37,55    |
| EV UÇLU DİĞER         | 0,0585           | -14      | -0,037                 | -22,20   | 0,1241      | 13,65    | 0,0607     | 8,62     |
| EV UÇLU OLMAYAN DİĞER | 0,1540           | -14,1    | -0,037                 | -23,40   | -0,0602     | 10,69    | 0,0493     | 0,63     |
| OKUL                  | -                | -        | -                      | -        | -0,0086     | -27,43   | -0,0177    | 71,25    |

### 6.1.2.3 İki Değişkenli Modellerin Değerlendirilmesi

Okul yolculuklarının dışındaki iki değişkenli logit türetilmiş dağılım modeli kalibrasyonlarında, 20 sektörde yapılan deneyler, yedi sektörden yapılanlardan daha uygun sonuçlar vermiştir. Yolculuk zaman değerleri; kalibre edilen modellerin içerisinde hesaplatılarak farklı yolculuk amaçlarına özgün bulunmuştur. Elde edilen geçerli modellerdeki ‘ $\delta$ ’ sabiti ise; ‘0’a yakın, bir başka deyişle önemsiz değerler almaktadır.

20 sektörde kalibrasyonla elde edilen modellerde kişi başına zaman değeri; iş yolculukları (602 TL/dk) ve diğer yolculuklarda (441 TL/dk) birbirine yakın çıkarken, ev uçuşu diğer yolculuklarda çok düşük (78 TL/dk) çıkmıştır. Ev uçuşu diğer yolculuklarda; yolculuk süresine gösterilen hassasiyetin iş ve okul yolculuklarına gösterilenden daha az olduğu düşünüldüğünde zaman değerinin de düşük olması anlamlı olmaktadır. 20 sektörde kalibrasyonlar sonrası kişi başına en yüksek zaman değerine (1.671 TL/dk) sahip yolculuk amacı okul olarak karşımıza çıkmaktadır. İş yolculuklarında da olduğu gibi; kullanıcıların belirli zaman içerisinde varış noktalarına ulaşma zorunluluğunun olması, okul yolculuklarındaki zaman değerinin de yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Zaman değerinin göreceli olarak daha yüksek çıkmasının bir diğer nedeni ise; servis aracı ile yapılan okul yolculuklarının yolculuk maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır.

## 6.2 Öneriler

Yapılacak çalışmalarda; geliştirilmiş maliyet değişkeni kullanılarak, zaman değerinin modele dışarıdan girilmesi yerine, yolculuk maliyeti ve süresi ile iki değişkenli model kalibrasyonu gerçekleştirilip zaman değerinin farklı yolculuk amaçları için modelin içerisinde hesaplatılması daha uygun ve doğru olacaktır.

Okul yolculukları başta olmak üzere, her bir amaca yönelik yolculuklara ait daha ayrıntılı veri toplanarak, bu verilerin değerlendirilmesi yolu ile model kalibrasyonu yapmak daha az hatalı sonuçlar verecektir. Okul yolculuklarının ilk öğretim lise ve üniversite olmak üzere üçe ayrılması yolu ile gruplandırılmış logit modellerin kullanılması, daha ayrıntılı verilerle kalibrasyon olanağı sağlayacağı için, daha gerçekçi sonuçlar verecektir. Her bir yolculuk amacına ait otomobilden yararlanma olanaklarının araştırılması, daha az hatalı kalibrasyonlara imkân verecektir.

## KAYNAKLAR

- Bayazıt, M ve Oğuz, B, 1994. *Mühendisler İçin İstatistik*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M, 1996. *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*. İTÜ İstanbul.
- Bhat, C R, 2000. Quasi-Random Maximum Simulated Likelihood Estimation of the Mixed Multinomial Logit. Bhat C R Department of Civil Engineering University of Texas, Austin
- Boğaz Demiryolu Tüneli ve İstanbul Metrosu Fizibilite Etüdü, 1986. İş 104: Modellerin Kalibrasyonu, Özet Rapor. İstanbul Rail/Tunnel Consultants, Haziran
- Clark, C E, 1961. The Greatest of a Finite Set of Random Variables. *Operations Research*, 9, 145-162.
- Daganzo, C E, 1979. *Multinomial Probit: The Theory and its Application to Demand Forecasting*. Academic Press, New York
- Daganzo, C E and Bouthelier, E, 1979. Aggregation with Multinomial Probit and Estimation of Disaggregate Models with Aggregate Data: A New Methodological Approach. *Transportation Research*, 13B, 133-146
- Daganzo, C E, Bouthelier, E And Sheffi, Y., 1977. Multinomial Probit and Qualitative Choice: A Computationally Efficient Algorithm *Transportation Science*, vol. 11, no. 4, 338-358.
- Daly, A J., 1987. Estimating 'tree' logit models. *Transportation Research*, 21B(4), 251-68
- Daly, A J., 1992. *ALOGIT 3.2 User's Guide*. Hague Consulting Group, The Hague.
- Daly, A J. and Zachary, S., 1978. Improved multiple choice models. In D A Hensher and M Q Dalvi(eds), *Determinations of Travel Choice*. Saxon House, Westmead.
- De Donnea, F X, 1971. *The Determinants of Transport Mode Choice in Dutch Cities*. Rotterdam University Press.
- DPT, 1998. Devlet Planlama Teşkilatı Ekonomik ve Sosyal Göstergeler (1950-1998), Ankara.
- Hensher, D A, 1976. Valuations of commuter travel time savings: an alternative procedure. In I. G Hoggie (ed.), *Modal Choice and the Value of Time*. Clarendon Press, Oxford
- İBB Ulaşım Daire Başkanlığı, 2002. *İstanbul'da kentiçi minibüs hatları güzergahları*, Ölçek: 1/40.000, 2 pafta, İBB Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Bilgi Sistemleri Bölümü, İstanbul.
- İETT Raporu, 2002. Yayımlanmış İETT Raporu, İETT, İstanbul.
- İstanbul Master Plan Transport Study Model Calibration Report, 1988. Halcrow Fox and Associates. İTÜ Ulaştırma ve Ulaşım Araçları UYGAR Merkezi, No:177, June.

- İstanbul Servis Aracı İşletmecileri Odası**, 2002. Yıllara göre okul taşıtı ücret tarifeleri. TESK, Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonu, Servis Aracı İşletmecileri Odası, İstanbul.
- İstanbul Ulaşım Ana Planı**, 1996. Hanehalkı Anketleri Sonuçları ve Ulaşım Modeli Kalibrasyon Raporu. İTÜ Ulaştırma ve Ulaşım Araçları UYG-AR Merkezi, Ağustos.
- Kanafani, A**, 1983. *Transportation Demand Analysis*. McGraw Hill.
- Lancaster, K J**, 1966. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, **14**(2), 132-57.
- Lerman, S R and Manski, C E**, 1977. An Estimator for the Generalized Multinomial Probit Model, *Transportation Research Board Meeting*.
- Manski, C E and Lerman, S R**, 1977. The estimation of choice probabilities from choice based samples. *Econometrica*, **45**(8), 1977-88.
- Cl, K I Y and Shul dner, P W**, 1962. *An Analysis of Urban Travel Demands*. Northwestern University Press, Evanston.
- Ortuzar, J. de D**, 1980b. Modelling park'n'ride and kiss'n'ride as submodal choices: a comment. *Transportation*, **11**(4), 383-5.
- Ortuzar, J. de D and Willumsen, L G**, 1996. *Modelling Transport*. John Wiley & Sons.
- Ortuzar, J. de D, Achondo, E J and Ivelic, A M**, 1987. Sequential and full information estimation of hierarchical logit models: some new evidence. *Proceedings 11th Triennial Conference on Operations Research*, Buenos Aires, Argentina, August.
- Revel, D and Train, K**, 1997. Mixed Logit with Repeated Choice: Households' Choices of Appliance Efficiency Level. *Review of Economics and Statistics*, **July**.
- Small, K A and Brownstone, D**, 1982. Efficient estimation of nested logit models: an application to trip timing. *Research Memorandum 296*, Econometric Research Program Princeton University.
- Sobel, K L**, 1980. Travel demand forecasting by using the nested multinomial logit model. *Transportation Research Record* 775, 48-55.
- Sönmez, M**, 2001. *Gelir Uçurumu: Türkiye'de Gelirin Adaletsiz Bölüşümü*. Om Yayınevi, İstanbul.
- Spear, B D**, 1977. *Applications of new travel demand forecasting techniques to transportation: a study of individual choice models*. Final Report to the Office of Highway Planning, Federal Highway Administration, US Department of Transportation, Washington, DC.
- Ulaşım AŞ Raporu**, 2002. Yayınlanmış Ulaşım AŞ Raporu. Ulaşım AŞ, İstanbul.
- Warner, S L**, 1962. *Strategic Choice of Mode in Urban Travel: A Study of Binary Choice*. Northwestern University Press, Evanston.

- Willians, H C WL**, 1977. On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Envoirement and Planning*, **9A**(3), 285-344.
- Willians, H C WL**, 1981. Travel demand forecasting: an overview of theoretical developments. In D.J. Banister and P. G. Hall (eds), *Transport and Public Policy Making*, Mansell, London.
- Willians, H C WL and Ortuzar, J. de D**, 1982a. Behavioural theories of dispersion and the mis-specification of travel demand models. *Transportation Research* **16(B)**, 167-219.
- Willians, H C WL and Senior, ML**, 1977. Model based transport policy assessment: (2) Removing fundamental inconsistencies from the models. *Traffic Engineering and Control*, **18**(10), 464-9.













Tablo D.9 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Verilen  
Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Yolculuk Süreleri

| SEKTÖR | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 21,6 | 30,0 | 49,7 | 79,4 | 65,9 | 79,9 | 95,5 |
| 2      | 29,8 | 30,4 | 46,4 | 86,4 | 72,0 | 85,4 | 97,5 |
| 3      | 56,0 | 52,4 | 40,3 | #### | 86,5 | 99,7 | #### |
| 4      | 58,7 | 69,2 | 76,9 | 11,6 | 25,7 | 30,1 | 54,4 |
| 5      | 53,4 | 62,4 | 69,3 | 32,1 | 23,6 | 38,4 | 60,6 |
| 6      | 75,4 | 83,3 | 89,6 | 45,5 | 46,2 | 48,7 | 53,9 |
| 7      | 92,3 | 96,4 | #### | 65,4 | 65,4 | 51,6 | 50,0 |

Tablo D.11 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Verilen  
Bölgeler Arası Toplu Taşıma Ortalama Yolculuk Süreleri

| SEKTÖR | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 69,1 | 82,6 | #### | 99,1 | #### | #### | #### |
| 2      | 83,6 | 80,8 | #### | #### | #### | #### | #### |
| 3      | #### | #### | 98,3 | #### | #### | #### | #### |
| 4      | 99,3 | #### | #### | 25,1 | 55,3 | 66,0 | 92,0 |
| 5      | #### | #### | #### | 55,6 | 51,3 | 80,9 | #### |
| 6      | #### | #### | #### | 76,7 | 89,3 | #### | #### |
| 7      | #### | #### | #### | 98,3 | #### | #### | 79,9 |

Tablo D.13 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Verilen  
Bölgeler Arası Servis Araç Ortalama Yolculuk Süreleri

| SEKTÖR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|
|--------|---|---|---|---|---|---|---|

|          |         |         |         |         |         |         |         |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>1</b> | 2 1 , 6 | 3 0 , 0 | 4 9 , 7 | 7 9 , 4 | 6 5 , 9 | 7 9 , 9 | 9 5 , 5 |
| <b>2</b> | 2 9 , 8 | 3 0 , 4 | 4 6 , 4 | 8 6 , 4 | 7 2 , 0 | 8 5 , 4 | 9 7 , 5 |
| <b>3</b> | 5 6 , 0 | 5 2 , 4 | 4 0 , 3 | #####   | 8 6 , 5 | 9 9 , 7 | #####   |
| <b>4</b> | 5 8 , 7 | 6 9 , 2 | 7 6 , 9 | 1 1 , 6 | 2 5 , 7 | 3 0 , 1 | 5 4 , 4 |
| <b>5</b> | 5 3 , 4 | 6 2 , 4 | 6 9 , 3 | 3 2 , 1 | 2 3 , 6 | 3 8 , 4 | 6 0 , 6 |
| <b>6</b> | 7 5 , 4 | 8 3 , 3 | 8 9 , 6 | 4 5 , 5 | 4 6 , 2 | 4 8 , 7 | 5 3 , 9 |
| <b>7</b> | 9 2 , 3 | 9 6 , 4 | #####   | 6 5 , 4 | 6 5 , 4 | 5 1 , 6 | 5 0 , 0 |

i Teşkil Eden 1996 Yılı  
leri Matrisi (dakika)

ri Teşkil Eden 1996 Yılı  
üreleri Matrisi (dakika)

ri Teşkil Eden 1996 Yılı  
üreleri Matrisi (dakika)



















Tablo D.2 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Ver  
Bölgeler Arası Toplu Taşıma Ortalama Yolculuk M

| SEKTÖR | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1      | 31.632 | 33.179 | 51.198 | 56.528 | 53.548 |
| 2      | 33.704 | 30.192 | 45.417 | 56.502 | 53.502 |
| 3      | 51.406 | 45.401 | 36.753 | 68.125 | 64.293 |
| 4      | 55.694 | 55.720 | 67.222 | 7.284  | 24.461 |
| 5      | 53.409 | 53.311 | 63.699 | 24.865 | 21.524 |
| 6      | 70.197 | 70.168 | 80.503 | 29.581 | 36.329 |
| 7      | 95.778 | 95.716 | #####  | 58.426 | 62.929 |

Tablo D.4 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Ver  
Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Yolculuk Mali

| SEKTÖR | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1      | 6.753  | 6.543  | 10.903 | 14.120 | 13.169 |
| 2      | 6.590  | 5.556  | 9.846  | 14.218 | 12.817 |
| 3      | 10.799 | 9.599  | 9.826  | 17.801 | 16.338 |
| 4      | 13.727 | 13.930 | 17.616 | 3.333  | 7.542  |
| 5      | 12.803 | 12.548 | 16.187 | 7.609  | 7.144  |
| 6      | 14.583 | 14.794 | 18.388 | 4.916  | 8.491  |
| 7      | 21.486 | 21.407 | 24.639 | 12.259 | 16.081 |

Tablo D.7 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Ver  
Bölgeler Arası Servis Aracı Ortalama Yolculuk M

| SEKTÖR | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|---|---|---|---|---|
|--------|---|---|---|---|---|

|   |       |       |       |             |             |
|---|-------|-------|-------|-------------|-------------|
| 1 | ##### | ##### | ##### | #####       | #####       |
| 2 | ##### | ##### | ##### | #####       | #####       |
| 3 | ##### | ##### | ##### | #####       | #####       |
| 4 | ##### | ##### | ##### | 3 1 . 8 5 2 | #####       |
| 5 | ##### | ##### | ##### | #####       | 9 4 . 4 8 1 |
| 6 | ##### | ##### | ##### | #####       | #####       |
| 7 | ##### | ##### | ##### | #####       | #####       |

i Teşkil Eden 1996 Yılı  
aliyetleri Matrisi (TL)

| 6      | 7      |
|--------|--------|
| 69.748 | 95.306 |
| 69.706 | 95.272 |
| 80.346 | #####  |
| 29.287 | 60.074 |
| 36.129 | 63.394 |
| 43.246 | 53.057 |
| 51.824 | 37.989 |

i Teşkil Eden 1996 Yılı  
yetleri Matrisi (TL)

| 6      | 7      |
|--------|--------|
| 14.678 | 21.653 |
| 14.780 | 21.494 |
| 18.318 | 24.667 |
| 4.832  | 12.204 |
| 7.993  | 15.556 |
| 7.161  | 12.453 |
| 12.522 | 13.611 |

i Teşkil Eden 1996 Yılı  
aliyetleri Matrisi (TL)

| 6 | 7 |
|---|---|
|---|---|

[illegible]













Tablo D.15 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşki  
1996 Yılı Bölgeler Arası Özel Araç Ortalama Genelleştir  
Maliyetleri Matrisi (TL)

| SEKTÖR | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 2      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 3      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 4      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 5      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 6      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 7      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |

Tablo D.17 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşki  
1996 Yılı Bölgeler Arası Toplu Taşıma Ortalama Genelleş  
Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL)

| SEKTÖR | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 2      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 3      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 4      | ##### | ##### | ##### | 7.654 | ##### | ##### | ##### |
| 5      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 6      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 7      | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### | ##### |

Tablo D.19 : 7 Sektörlü Model Kalibrasyonuna Veri Teşki  
1996 Yılı Bölgeler Arası Servis Aracı Ortalama Genelleş  
Yolculuk Maliyetleri Matrisi (TL)



.1 Eden

çilmiş Yolculuk

.1 Eden

stirilmiş

.1 Eden

stirilmiş

Tablo E.3 : İstanbul'da %5'lik Hanelere Göre Gelir Dağı  
(Sönmez, 2001)

| Dİ L İ M | A İ L E G E L İ R İ |
|----------|---------------------|
| PAY ( %) | PAY ( %)            |
|          | ( TL / AY)          |
| 1        | 28 , 97             |
| 5        | 42 , 33             |
| 10       | 9 , 69              |
| 15       | 6 , 92              |
| 20       | 5 , 19              |
| 25       | 4 , 49              |
| 30       | 3 , 93              |
| 35       | 3 , 51              |
| 40       | 3 , 16              |
| 45       | 2 , 86              |
| 50       | 2 , 58              |
| 55       | 2 , 34              |
| 60       | 2 , 11              |
| 65       | 1 , 92              |
| 70       | 1 , 74              |
| 75       | 1 , 62              |
| 80       | 1 , 45              |
| 85       | 1 , 32              |
| 90       | 1 , 18              |
| 95       | 0 , 99              |
| 100      | 0 , 67              |

Tablo D.5 : 1997 Yılı Mesafeye Göre Servis Ücretleri  
(İstanbul Servis Aracı İşletmecileri Odası, 1997)

| K İ L O M E T R E | Ü C R E T |
|-------------------|-----------|
| 0 - 3             | #####     |
| 3 - 5             | #####     |
| 5 - 10            | #####     |

10 - 15 #####

15 - 20 #####

.lim1

Tablo E.2-a : Farklılaşan Mesafelere Göre Minibüs Ücretli

| ODASI     | ADET | HAT ADI | İLK-SON DURAKLAR         | 2 DÜR      |
|-----------|------|---------|--------------------------|------------|
| A BÖLGESİ | 73   | A-1     | BAKIRKÖY- TOPKAPI        | BAKIRKÖY   |
|           |      | A-3     | BAKIRKÖY- KEMALPAŞA MAH. | BAKIRKÖY   |
| A BÖLGESİ | 111  | A-3     | BAKIRKÖY- KEMALPAŞA MAH. | BAKIRKÖY   |
|           |      | A-3     | BAKIRKÖY- KEMALPAŞA MAH. | PARSELLER  |
| A BÖLGESİ | 12   | A-4     | BAKIRKÖY- YEŞİLYURT      | 5. KISIM   |
|           |      | A-4     | BAKIRKÖY- YEŞİLYURT      | B. KÖY- Y  |
|           |      | A-19    | BAKIRKÖY- ATIŞALANI      | BAKIRKÖY   |
| A BÖLGESİ | 49   | A-19    | BAKIRKÖY- ATIŞALANI      | ATIŞALANI  |
|           |      | A-19    | BAKIRKÖY- ATIŞALANI      | BAĞCILI    |
|           |      | A-19    | BAKIRKÖY- ATIŞALANI      | BAKIRKÖY   |
| A BÖLGESİ | 132  | A-27    | YILDIZTABYA- TOPKAPI     | EDİRNEKAP  |
|           |      | A-27    | YILDIZTABYA- TOPKAPI     | YILDIZTA   |
|           |      | A-43    | SONEVLER- TOPKAPI        | ESENYUR    |
| A BÖLGESİ | 46   | A-43    | SONEVLER- TOPKAPI        | ESENYUR    |
|           |      | A-43    | SONEVLER- TOPKAPI        | ESENYURT-1 |
|           |      | A-43    | SONEVLER- TOPKAPI        | SONEVLER-1 |
| A BÖLGESİ | 46   | A49     | TOPKAPI - KAYABAŞI       | TOPKAPI    |
|           |      | A49     | TOPKAPI - KAYABAŞI       | HALKALI    |
|           |      | A49     | TOPKAPI - KAYABAŞI       | KAYABAŞI   |
| SEFAKÖY   | 84   | A-6     | HALKALI - TOPKAPI        | SEFAKÖY    |
|           |      | A-6     | HALKALI - TOPKAPI        | SEFAKÖY    |

|                                              |            |                       |                                    |
|----------------------------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------|
| ARNAVUTKÖY 114 + 60                          | A- 15 - 25 | BOĞAZKÖY - EDİRNEKAPI | PAŞAÇAYI I                         |
|                                              |            | A- 15 - 25            | BOĞAZKÖY - EDİRNEKAPI TAŞOLUK      |
| GÜNGÖREN                                     | 84         | A- 13 - 26            | 100. YIL MAH. - TOPKAPI 100. YIL I |
| KÜÇÜKKÖY                                     | 68         | A- 16                 | 50. YIL MAH. - EDİRNEKAPI GAZİ MAH |
| BAĞCILAR                                     | 96         | A- 30                 | GÖZTEPE MAH. - TOPKAPI TOPKAP      |
|                                              |            | A- 30                 | GÖZTEPE MAH. - TOPKAPI TOPKAI      |
|                                              |            | A- 30                 | GÖZTEPE MAH. - TOPKAPI EVREN I     |
| KÜÇÜKKÖY                                     | 40         | A- 34                 | GAZİ MAH. - G.O. PAŞA GAZİ MAH. .  |
|                                              |            | A- 34                 | GAZİ MAH. - G.O. PAŞA CEBECİ - G   |
|                                              |            | A- 34                 | GAZİ MAH. - G.O. PAŞA CEBI         |
| AVCILAR                                      | 38         | A- 39                 | K. ÇEKMECE - İNSA SİTESİ AVCILARI  |
|                                              |            | A- 40                 | YEŞİLPINAR - EDİRNEKAPI YEŞİLP I   |
| ALİBEYKÖY<br>MİNİBÜSÇÜ<br>LER ESNAF<br>ODASI | 75         | A- 40                 | YEŞİLPINAR - EDİRNEKAPI AKSARAY    |
|                                              |            | A- 40                 | YEŞİLPINAR - EDİRNEKAPI AKSARA'    |
|                                              |            | A- 40                 | YEŞİLPINAR - EDİRNEKAPI EDİRNI     |
|                                              |            | A- 40                 | YEŞİLPINAR - EDİRNEKAPI EDİRNEKA   |
| ESENLER                                      | 29         | A- 41                 | HABİBLER - BAĞCILAR HABİBLI        |

leri

|                 | TL    |       |
|-----------------|-------|-------|
| AK ARASI        | k m   | # # # |
| ÖY- TOPKAPI     | 7 , 2 | 5 5 0 |
| Y- PARSELLER    | 4 , 7 | 4 5 0 |
| ÖY- BAĞCILAR    | 6     | 6 0 0 |
| ER- BAĞCILAR    | 1 , 3 | 4 5 0 |
| M- YEŞİLYURT    | 5 , 1 | 4 5 0 |
| YURT/ Y. KÖY    | 8     | 8 5 0 |
| ÖY- GÜNGÖREN    | 5 , 2 | 5 5 0 |
| NI - GÜNGÖREN   | 6 , 8 | 5 5 0 |
| AR - GÜNGÖREN   | 2 , 8 | 4 5 0 |
| Y- ATIŞALANI    | 1 2   | 8 5 0 |
| I - YILDIZTABYA | 7 , 2 | 5 5 0 |
| ABYA- TOPKAPI   | 8     | 6 5 0 |
| RT- SONEVLER    | 7 , 4 | 4 5 0 |
| RT- AVCILAR     | 1 0   | 5 0 0 |
| T- K. ÇEKMECE   | 1 7   | 6 5 0 |
| MERTER/ TOPKAPI | 3 0   | # # # |
| MERTER/ TOPKAPI | 2 9   | 9 5 0 |
| PI - MERTER     | 2 , 6 | 4 5 0 |
| LI - MERTER     | 1 2   | 8 5 0 |
| PI - HALKALI    | 1 5   | 8 5 0 |
| .ŞI - TOPKAPI   | 2 5   | # # # |
| ÖY- BEŞYOL      | 3 , 8 | 4 5 0 |
| ÖY- TOPKAPI     | 1 5   | 8 5 0 |

|                             |       |       |
|-----------------------------|-------|-------|
| R I - E D İ R N E K A P I   | 8 , 3 | 5 5 0 |
| - E D İ R N E K A P I       | 1 9   | 9 5 0 |
| MAH. - T O P K A P I        | 1 3   | 7 5 0 |
| . - E D İ R N E K A P I     | 1 2   | 7 0 0 |
| I - G Ü N G Ö R E N         | 8 , 2 | 5 5 0 |
| P I - Ç İ F T L İ K         | 1 5   | 7 0 0 |
| MAH. - T P K A P I          | 1 6   | 8 5 0 |
| - G A Z İ O S M A N P A Ş A | 8 , 6 | 5 0 0 |
| A Z İ O S M A N P A Ş A     | 1 1   | 6 0 0 |
| E C İ - E Y Ü P             | 1 7   | 8 0 0 |
| Ç İ - K . Ç E K M E C E     | 6     | 5 5 0 |
| N A R - A K S A R A Y       | 1 6   | 7 0 0 |
| ' - E D İ R N E K A P I     | 3 , 2 | 4 5 0 |
| Y - A L İ B E Y K Ö Y       | 9 , 2 | 5 5 0 |
| E K A P I - E Y Ü P         | 3 , 3 | 4 5 0 |
| P I - A L İ B E Y K Ö Y     | 6     | 5 5 0 |
| E R - B A Ğ C I L A R       | 1 4   | 8 5 0 |

Tablo E.2-b : Farklılaşan Mesafelere Göre Minib

| ODASI                                    | ADET | HAT ADI | İLK-SON DURAKLAR  |
|------------------------------------------|------|---------|-------------------|
| B BÖLGESİ                                | 83   | B-30    | SARIYER-BEŞİKTAŞ  |
|                                          |      | B-30    | SARIYER-BEŞİKTAŞ  |
|                                          |      | B-30    | SARIYER-BEŞİKTAŞ  |
|                                          |      | B-30    | SARIYER-BEŞİKTAŞ  |
| B BÖLGESİ                                | 19   | B-37    | ÇAĞLAYAN-TOPKAPI  |
|                                          |      | B-37    | ÇAĞLAYAN-TOPKAPI  |
| B BÖLGESİ                                | 5    | B-40    | SARIYER-KİLYOS    |
|                                          |      | B-44    | LİSESİ-ŞİŞLİ/ŞİŞH |
| ALİBEYKÖY<br>MİNİBÜSÇÜLER<br>ESNAF ODASI | 66   | B-44    | LİSESİ-ŞİŞLİ/ŞİŞH |
|                                          |      | B-44    | LİSESİ-ŞİŞLİ/ŞİŞH |
|                                          |      | B-44    | LİSESİ-ŞİŞLİ/ŞİŞH |
|                                          |      | B-44    | LİSESİ-ŞİŞLİ/ŞİŞH |
| C BÖLGESİ                                | 36   | C-71    | KADIKÖY-BULGURLU  |
|                                          |      | C-71    | KADIKÖY-BULGURLU  |
|                                          |      | C-71    | KADIKÖY-BULGURLU  |
|                                          |      | C-116   | ÜSKÜDAR-ATAŞEHİR  |
| C BÖLGESİ                                | 11   | C-116   | ÜSKÜDAR-ATAŞEHİR  |
|                                          |      | C-116   | ÜSKÜDAR-ATAŞEHİR  |
|                                          |      | C-116   | ÜSKÜDAR-ATAŞEHİR  |
|                                          |      | C-116   | ÜSKÜDAR-ATAŞEHİR  |
| KARTAL<br>MİNİBÜSÇÜLER<br>ESNAF ODASI    | 380  | C-50    | KADIKÖY-PENDİK    |
|                                          |      | C-50    | KADIKÖY-PENDİK    |
|                                          |      | C-50    | KADIKÖY-PENDİK    |
|                                          |      | C-501   | KARTAL-KADIKÖY    |
| KARTAL<br>MİNİBÜSÇÜLER                   | 69   | C-501   | KARTAL-KADIKÖY    |

|                                                  |         |               |                      |
|--------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------|
| <b>ESNAF ODASI</b>                               |         | C - 5 0 1     | KARTAL - KADI KÖY    |
|                                                  |         | C - 5 0 1     | KARTAL - KADI KÖY    |
|                                                  |         | C - 5 6       | ÜSKÜDAR - ALEMDAĞ    |
| <b>ÜMRANİYE<br/>MİNİBÜSÇÜLER<br/>ESNAF ODASI</b> | 1 0 5   | C - 5 6       | ÜSKÜDAR - ALEMDAĞ    |
|                                                  |         | C - 5 6       | ÜSKÜDAR - ALEMDAĞ    |
|                                                  |         | C - 5 6       | ÜSKÜDAR - ALEMDAĞ    |
| <b>ÜMRANİYE</b>                                  | 7 0     | C - 7 0       | BOSTANCI - DUDULLU   |
|                                                  |         | C - 7 0       | BOSTANCI - DUDULLU   |
| <b>TUZLA</b>                                     | 2 4     | C - 7 2       | TUZLA - PENDİK       |
| <b>DOLAYOBA/ PENDİK</b>                          | 4 + 5 2 | C - 8 5 - 8 8 | PENDİK - ORHANLI     |
|                                                  |         | C - 8 5 - 8 8 | PENDİK - ORHANLI     |
| <b>KARTAL</b>                                    | 1 4     | C - 8 6       | KARTAL - SULTANBEYLİ |
|                                                  |         | C - 8 9       | PENDİK - ESENYALI    |
| <b>DOLAYOBA/ PENDİK</b>                          | 3 5     | C - 8 9       | PENDİK - ESENYALI    |
|                                                  |         | C - 8 9       | PENDİK - ESENYALI    |
|                                                  |         | C - 8 9       | PENDİK - ESENYALI    |

üs Ücretleri

|                                           | T L     |       |
|-------------------------------------------|---------|-------|
| 2 D U R A K A R A S I                     | k m     | # # # |
| B E Ş İ K T A Ş - 1 . L E V E N T         | 4 , 8   | 5 0 0 |
| B E Ş İ K T A Ş - 4 . L E V E N T         | 6 , 8   | 6 0 0 |
| B E Ş İ K T A Ş - A Y A Z A Ğ A K Ö Y Ü   | 1 2 , 8 | 6 5 0 |
| S A R I Y E R - B E Ş İ K T A Ş           | 1 8     | 7 0 0 |
| E D İ R N E K A P I - Ç A Ğ L A Y A N     | 7 , 4   | 7 0 0 |
| O K M E Y D A N I - Ç A Ğ L A Y A N       | 3 , 6   | 5 5 0 |
| S A R I Y E R - K İ L Y O S               | 1 1 , 8 | 9 0 0 |
| Ş İ Ş L İ - O K M E Y D A N I             | 5 , 4   | 4 5 0 |
| Ş İ Ş L İ - Y E Ş İ L P I N A R           | 1 3     | 7 0 0 |
| Ş İ Ş H A N E - A L İ B E Y K Ö Y         | 7       | 5 5 0 |
| H . L İ S E S İ - Ş İ Ş L İ / Ş İ Ş H A   | 1 2 , 8 | 7 0 0 |
| K A D I K Ö Y - A C I B A D E M           | 2 , 4 8 | 5 5 0 |
| K A D I K Ö Y - Ç A M L I C A             | 8 , 5 6 | 5 5 0 |
| K A D I K Ö Y - B U L G U R L U           | 1 0 , 8 | 7 0 0 |
| Ü S K Ü D A R - H A R E M                 | 2 , 9 6 | 4 5 0 |
| Ü S K Ü D A R - N . H A S T A N E S İ     | 4 , 3 2 | 5 5 0 |
| Ü S K Ü D A R - A C I B A D E M           | 5 , 9 2 | 5 5 0 |
| Ü S K Ü D A R - K O Z Y A T A Ğ I         | 1 0 , 5 | 7 0 0 |
| Ü S K Ü D A R - A T A Ş E H İ R           | 1 9 , 3 | 8 5 0 |
| K A D I K Ö Y - M A L T E P E İ S T .     | 1 3 , 6 | 6 7 5 |
| K A D I K Ö Y - K A R T A L İ S T .       | 1 9 , 6 | 8 5 0 |
| K A D I K Ö Y - P E N D İ K İ S T .       | 2 4 , 5 | # # # |
| K Ö Y - Y . S A H R A / T . O Ğ L U K Ö F | 8       | 5 5 0 |
| K Ö Y - K Y A L I / K A R A Y O L L A R   | 1 2 , 8 | 6 0 0 |

|                         |        |       |
|-------------------------|--------|-------|
| KADI KÖY- MALTEPE İST . | 14 , 8 | 6 5 0 |
| KADI KÖY- KARTAL MERKEZ | 21 , 8 | 8 5 0 |
| ÜSKÜDAR- ÜMRANİYE       | 7 , 6  | 5 5 0 |
| ÜSKÜDAR- ÜMRANİYE       | 10 , 6 | 5 5 0 |
| ÜSKÜDAR- DUDULLU        | 14     | 8 5 0 |
| ÜSKÜDAR- ALEMDAĞ        | 20 , 6 | ###   |
| BOSTANCI - K. BAKKALKÖY | 6 , 4  | 5 5 0 |
| BOSTANCI - DUDULLU      | 11     | 7 0 0 |
| TUZLA- PENDİK           | 18 , 6 | 8 5 0 |
| PENDİK- HARMANDERE      | 10 , 2 | 6 0 0 |
| PENDİK- ORHANLI         | 28     | 8 5 0 |
| KARTAL- SULTANBEYLİ     | 18 , 8 | 7 0 0 |
| PENDİK- ESENİYALİ       | 8 , 2  | 5 5 0 |
| PENDİK- KAVAKPINAR      | 8      | 5 5 0 |
| PENDİK- ESENLER MAH .   | 6 , 8  | 5 5 0 |
| TERSANE- KAVAKPINAR     | 3 , 6  | 4 5 0 |

Tablo E.1-a : 2001 Yılı Bilet Çeşitine Göre İETT Yolcu  
(Yayınlanmamış İETT Raporu, 2002)

| AYLAR                         | OCAK    | ŞUBAT   | MART    |
|-------------------------------|---------|---------|---------|
| <b>OTOBÜS YOLCULUK SAYISI</b> |         |         |         |
| SİVİL BİLET                   | #####   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI BİLET              | #####   | #####   | #####   |
| SİVİL AKBİL                   | #####   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI AKBİL              | #####   | #####   | #####   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | #####   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | #####   | #####   | #####   |
| HARCIRAH AYLIK K. YOLCU.      | 527.208 | 315.304 | 228.360 |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | #####   | #####   | #####   |
| TOPLAM                        | #####   | #####   | #####   |
| <b>NOSTALJİK TRAMVAY</b>      |         |         |         |
| SİVİL AKBİL                   | 19.630  | 17.924  |         |
| TENZİLATLI AKBİL              | 7.327   | 7.188   | 6.182   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 6.409   | 4.209   | 3.048   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 3.873   | 2.868   | 2.434   |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 6.062   | 5.240   | 3.627   |
| TOPLAM                        | 43.301  | 37.429  | 15.291  |
| <b>TÜNEL YOLCULUK SAYISI</b>  |         |         |         |
| JETON                         | 151.137 | 149.077 | 140.189 |
| SİVİL AKBİL                   | 84.294  | 78.227  | 69.707  |
| TENZİLATLI AKBİL              | 28.001  | 27.609  | 25.536  |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 12.087  | 7.733   | 5.983   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 9.359   | 6.499   | 5.849   |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 46.375  | 43.814  | 76.884  |
| TOPLAM                        | 331.253 | 312.959 | 324.148 |

çulukları

**N i s a n**

#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
1 3 8 . 6 0 0  
#####  
  
#####

**N i s a n**

1 6 . 1 3 2  
6 . 3 3 1  
3 . 4 3 3  
2 . 9 0 3  
4 . 6 8 8

3 3 . 4 8 7

**N i s a n**

1 4 8 . 9 8 6  
6 5 . 8 9 0  
2 3 . 3 3 0  
6 . 0 7 8  
6 . 1 4 9  
4 0 . 7 6 8  
  
2 9 1 . 2 0 1

Tablo E.1-b : 2001 Yılı Bilet Çeşitine Göre İET  
(Yayınlanmamış İETT Raporu, 2002)

| AYLAR                         | MAYI S  | HAZİRAN |
|-------------------------------|---------|---------|
| <b>OTOBÜS YOLCULUK SAYISI</b> |         |         |
| SİVİL BİLET                   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI BİLET              | #####   | #####   |
| SİVİL AKBİL                   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI AKBİL              | #####   | #####   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | #####   | #####   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | #####   | #####   |
| HARCIRAH AYLIK K. YOLC.       | 48.664  | 5.808   |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | #####   | #####   |
| TOPLAM                        | #####   | #####   |
| <b>NOSTALJİK TRAMVAY</b>      |         |         |
| SİVİL AKBİL                   | 16.714  | 15.617  |
| TENZİLATLI AKBİL              | 6.297   | 5.462   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 5.911   | 7.318   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 4.217   | 4.563   |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 5.395   | 5.366   |
| TOPLAM                        | 38.534  | 38.326  |
| <b>TÜNEL YOLCULUK SAYISI</b>  |         |         |
| JETON                         | 152.329 | 153.910 |
| SİVİL AKBİL                   | 62.552  | 66.727  |
| TENZİLATLI AKBİL              | 21.260  | 23.256  |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 8.239   | 12.294  |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 7.132   | 10.727  |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 40.944  | 43.451  |
| TOPLAM                        | 292.456 | 310.365 |

## T Yolculukları

**TEMMUZ      AĞUSTOS**

|           |           |
|-----------|-----------|
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |
| 8 . 0 0 8 | 4 . 4 0 0 |
| #####     | #####     |
| #####     | #####     |

**TEMMUZ      AĞUSTOS**

|             |             |
|-------------|-------------|
| 1 5 . 3 5 8 | 1 2 . 5 2 8 |
| 4 . 7 4 9   | 3 . 5 8 2   |
| 1 3 . 5 9 9 | 1 0 . 7 0 0 |
| 6 . 9 5 1   | 5 . 1 5 1   |
| 6 . 6 1 9   | 5 . 2 0 3   |
| 4 7 . 2 7 6 | 3 7 . 1 6 4 |

**TEMMUZ      AĞUSTOS**

|               |               |
|---------------|---------------|
| 1 3 0 . 6 6 2 | 1 3 2 . 4 7 3 |
| 6 9 . 2 3 1   | 3 1 . 6 3 2   |
| 2 2 . 1 4 7   | 5 . 9 4 8     |
| 2 5 . 4 0 8   | 1 0 . 5 5 7   |
| 1 6 . 0 6 2   | 6 . 5 4 9     |
| 4 2 . 8 9 7   | 3 0 . 4 6 8   |
| 3 0 6 . 4 0 7 | 2 1 7 . 6 2 7 |

Tablo E.1-c : 2001 Yılı Bilet Çeşitine Göre İET  
(Yayınlanmamış İETT Raporu, 2002)

| AYLAR                         | EYLÜL   | EKİM    |
|-------------------------------|---------|---------|
| <b>OTOBÜS YOLCULUK SAYISI</b> |         |         |
| SİVİL BİLET                   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI BİLET              | #####   | #####   |
| SİVİL AKBİL                   | #####   | #####   |
| TENZİLATLI AKBİL              | #####   | #####   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | #####   | #####   |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | #####   | #####   |
| HARCIRAH AYLIK K. YOLC.       |         | 1.320   |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | #####   | #####   |
| TOPLAM                        | #####   | #####   |
| <b>NOSTALJİK TRAMVAY</b>      |         |         |
|                               | EYLÜL   | EKİM    |
| SİVİL AKBİL                   | 15.367  | 17.220  |
| TENZİLATLI AKBİL              | 5.280   | 6.435   |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 12.681  | 14.148  |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 6.578   | 10.683  |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 6.496   | 7.893   |
| TOPLAM                        | 46.402  | 56.379  |
| <b>TÜNEL YOLCULUK SAYISI</b>  |         |         |
|                               | EYLÜL   | EKİM    |
| JETON                         | 132.932 | 134.112 |
| SİVİL AKBİL                   | 102.968 | 112.611 |
| TENZİLATLI AKBİL              | 0       | 0       |
| SİVİL M.K. AKBİL              | 25.534  | 26.948  |
| TENZİLATLI M.K. AKBİL         | 16.594  | 23.676  |
| ÜCRETSİZ YOLCULUK             | 45.260  | 48.405  |
| TOPLAM                        | 323.288 | 345.752 |

## T Yolculukları

### K A S I M

#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
#####  
1 . 7 6 0  
#####  
  
#####

### K A S I M

1 5 . 5 7 1  
6 . 2 1 0  
1 1 . 8 2 6  
1 0 . 2 5 2  
7 . 1 4 0

5 0 . 9 9 9

### K A S I M

1 0 7 . 8 1 0  
1 0 8 . 9 4 7  
0  
2 5 . 7 5 4  
2 2 . 7 5 9  
4 3 . 1 8 3  
  
3 0 8 . 4 5 3

## ÖZGEÇMİŞ

Hilmi Berk Çelikoğlu 1976 yılında İstanbul’da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Kütahya Dumlupınar Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 1995 yılında İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü’nde başladığı lisans öğrenimini 2000 yılında tamamladı. Aynı yıl İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi Ulaştırma Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.