

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YOL VE TRAFİK KOŞULLARININ KENT İÇİ OTOBÜS
SİSTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZÜLAL GİZİL DÜBÜŞ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**YOL VE TRAFİK KOŞULLARININ KENT İÇİ OTOBÜS
SİSTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZÜLAL GİZİL DÜBÜŞ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

ZÜLAL GİZİL DÜBÜŞ

ÖZET

YOL VE TRAFİK KOŞULLARININ KENT İÇİ OTOBÜS SİSTEMİNİN GÜVENİLİRLİĞİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZÜLAL GİZİL DÜBÜŞ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HALİM CEYLAN)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Günümüzde büyük kentlerdeki hızlı nüfus artışına bağlı artış gösteren özel araç sahipliği, sebep olduğu trafik sıkışıklıkları nedeniyle daha fazla karayolu ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Toplumun özel araç kullanımını azaltmanın en etkili yolu toplu taşımayı cazip hale getirip, bir seçenek olarak sunmaktır. Toplu taşımada toplam veya algılanan seyahat süreleri, gecikmeler, maliyet, konfor, güvenlik, durum ve alternatiflerin zaman ve mekandaki kullanılabilirliği ve güvenilirlik gibi faktörler yolcular tarafından oldukça önem taşımaktadır. Toplu taşımaya olan ilginin artması için bu faktörler iyileştirilmelidir. Bu çalışma kapsamında toplu taşımanın güvenilirlik faktörü incelenmiş ve nasıl daha güvenilir bir hizmet verilebileceği araştırılmıştır. Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan sefer sıklıklarına uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi olarak tanımlanabilir. Çalışma kapsamında Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş.'ye bağlı olan bir otobüs hattı seçilmiş, bu otobüs hattının 01.07.2020-30.08.2020 tarihleri arasındaki hafta sonu ve resmî tatiller çıkarılarak elde kalan günlerde sabah zirve saat, akşam zirve saat, zirve dışı saat 1 ve zirve dışı saat 2 olarak belirlenen zaman aralıklarında duraklara giriş saat verileri düzenlenmiştir. Otobüs güzergahının üzerinde önem taşıdığı belirlenen 20 durak seçilerek bu duraklar için en çok tekrar eden durağa giriş saati sabit kabul edilerek duraklara geç ve erken giriş yapılan süreler durağa erken gelinen ve geç kalınan süreler olarak adlandırılmıştır. Çalışmada durağa erken gelinen ve geç kalınan süreler dikkate alındığında Genelleştirilmiş Pareto İstatistiksel Dağılımına uygun olduğu bulunmuştur. Ayrıca, duraklar arası hızın ve yolcu biniş sayısının otobüs sefer hareket saatlerindeki sapma sürelerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER:

Toplu Ulaşım, Güvenilirlik, Trafik, Seyahat Süresi Değişkenliği, Dağılım

ABSTRACT

EFFECT OF ROAD AND TRAFFIC CONDITIONS ON RELIABILITY OF URBAN BUS SYSTEM

MSC THESIS

ZÜLAL GİZİL DÜBÜŞ

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. HALİM CEYLAN)

DENİZLİ, AUGUST 2021

Nowadays, private vehicle ownership, which has increased due to the rapid population growth in big cities, reveals the need for more highways due to the traffic jams it causes. The most effective way to reduce the use of private vehicles by the society is to make public transportation attractive and offer it as an option. In public transport, factors such as total or perceived travel times, delays, cost, comfort, safety, availability and availability of alternatives in time and space, and reliability are of great importance for passengers. These factors should be improved in order to increase the interest in public transport. Within the scope of this study, the reliability factor of public transportation was examined and it was investigated how to provide a more reliable service. Reliability can be defined as the service's ability to operate, to comply with schedules and planned frequency of departures, and to reach a target at a specified time. Within the scope of the study, a bus line connected to Denizli Metropolitan Municipality Transportation Inc. was selected, the weekend and public holidays excluded between 01.07.2020-30.08.2020, on the remaining days, the entrance time data to the stops were arranged at the time intervals determined as morning peak hour, evening peak hour, non-peak hour 1 and non-peak hour 2. 20 stops that were determined to be important on the bus route were selected. For these stops, the most repetitive entrance time is accepted as fixed, and the late and early entry times to the stops are named as the times that arrive at the stop early and stay late. In the study, it was found that the stop corresponds to the Generalized Pareto statistical distribution when taking into account early and late periods. Furthermore, it was determined that the speed between stops and the number of passenger boarding did not affect the deviation times in bus travel hours.

KEYWORDS:

Public Transportation, Reliability, Traffic, Travel Time Variability, Distribution

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş	1
1.2 Problemin Tanımı.....	3
1.3 Amaç	4
1.4 Kapsam.....	5
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
3. KENT İÇİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ VE GÜVENİLİRLİĞİ ..	13
3.1 Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri	13
3.1.1 Karayolu (Lastik Tekerlekli) Toplu Taşıma Sistemleri.....	14
3.1.2 Raylı Toplu Taşıma Sistemleri	19
3.2 Kent İçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Güvenilirliği.....	22
3.2.1 Toplu Taşıma Sistemlerinde Seyahat Süresi Değişkenliği.....	24
3.2.2 Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemlerinde Güvenilirlik . Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
4. MATERYAL VE METOD	29
4.1 Çalışma Bölgesi ve Veri Toplama Çalışmaları	29
4.1.1 Denizli Belediyesi Toplu Taşıma Ulaşım Sistemleri.....	29
4.1.2 320 Numaralı Otobüs Hattının Mevcut Durumu	29
4.1.3 Duraklara Giriş Saatleri ve Seyahat Süreleri	46
4.1.4 Duraklara Giriş Yapılması Gereken Saatten Sapmalar.....	56
4.2 Çalışmada Kullanılan İstatistik Program.....	59
4.3 Olasılık Dağılımları	59
4.4 Durak Bazlı Seyahat Süresi Değişikliği Dağılımı	60
5. UYGULAMA VE BULGULAR.....	62
5.1 Veriler İçin İstatiksel Analiz ve Dağılım Belirlenmesi	62
5.1.1 Verilerin Değişkenlik Ölçüleri.....	64
5.1.2 Uyum İyiliği Testleri	74
5.1.3 Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı	87
5.1.4 Durakların Erken gelinen ve geç kalınan sürelerin Olasılıkları	105
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	110
7. KAYNAKLAR.....	112
8. ÖZGEÇMİŞ	118

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1:Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri.....	14
Şekil 3.2:Denizli Otobüs Aracı (http://www.denizliulasim.com.tr)	15
Şekil 3.3:Metrobüs (http://acibademdergisi.com).....	18
Şekil 3.4:Trolleybüs (https://rayhaber.com/)	18
Şekil 3.5:Metro (https://www.karar.com/).....	20
Şekil 3.6:Tramvay (https://www.birgun.net/)	21
Şekil 3.7:Toplu taşıma seyahat süresi değişkenliğinin talep ve kapasite ile ilgili belirleyicileri	25
Şekil 4.1:320 Numaralı Hattın Gidiş- Dönüş güzergahı	30
Şekil 4.2:320 Numaralı Hattın Gidiş- Dönüş güzergahı	30
Şekil 4.3:320 Numaralı Hattın Gidiş Yönü Analizi İçin Seçilen Duraklar.....	31
Şekil 4.4:Analiz İçin Seçilen Durakların ve Güzergah Üzerindeki Kavşakların Birbirlerine Göre Konumlar	32
Şekil 4.5:Gidiş güzergahında 97 Numaralı Atatürk E.M.L. Durağı	33
Şekil 4.6:Gidiş güzergahında 93 Numaralı Sırmalı Camii Durağı	33
Şekil 4.7:Gidiş güzergahında 92 Numaralı Hacı Hüsrev Turgut Camii Durağı.....	34
Şekil 4.8:Gidiş güzergahında 91 Numaralı Siteler Mahallesi Durağı.....	34
Şekil 4.9:Gidiş güzergahında 90 Numaralı Cumartesi Pazarı Durağı.....	35
Şekil 4.10:Gidiş güzergahında 86 Numaralı Yenimahalle Camii Durağı.....	35
Şekil 4.11:Gidiş güzergahında 87 Numaralı İncilipınar Yüzme Havuzu Durağı.....	36
Şekil 4.12:Gidiş güzergahında 88 Numaralı İncilipınar Parkı Durağı.....	36
Şekil 4.13:Gidiş güzergahında 3 Numaralı Merkez Ortaokulu Durağı	37
Şekil 4.14:Gidiş güzergahında 6 Numaralı Allı Camii Durağı	37
Şekil 4.15:Gidiş güzergahında 7 Numaralı Sulu Köprü Durağı	38
Şekil 4.16:Gidiş güzergahında 9 Numaralı Hürriyet Ortaokulu Durağı	38
Şekil 4.17:Gidiş güzergahında 11 Numaralı Delikliçınar Durağı.....	39
Şekil 4.18:Gidiş güzergahında 13 Numaralı Merkez Bankası Durağı.....	39
Şekil 4.19:Gidiş güzergahında 16 Numaralı Valilik Durağı.....	40
Şekil 4.20:Gidiş güzergahında 17 Numaralı Halley İş Merkezi Durağı	40
Şekil 4.21:Gidiş güzergahında 943 Numaralı Balık Hali Durağı	41
Şekil 4.22:Gidiş güzergahında 26 Numaralı Kaleiçi Çarşısı Durağı	41
Şekil 4.23:Gidiş güzergahında 1626 Numaralı Bayramyeri 367 Sokak Girişi Durağı.....	42
Şekil 4.24:Gidiş güzergahında 35 Numaralı Devlet Hastanesi Poliklinikleri Durağı	42
Şekil 4.25:Sabah Zirve Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları	44
Şekil 4.26:Akşam Zirve Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları	44
Şekil 4.27:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları ...	45
Şekil 4.28:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları ...	45
Şekil 4.29:Sabah Zirve Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)	54
Şekil 4.30: Akşam Zirve Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s).....	54
Şekil 4.31:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)	55
Şekil 4.32:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)	55
Şekil 4.33:Bu Tez Çalışmasının Yöntem Aşamaları.....	61

Şekil 5.1:11 Numaralı Delikliçınar Durağının Akşam Zirve Saat Periyodundaki Erken Geline Süre Verilerinin OYF.....	62
Şekil 5.2:11 Numaralı Delikliçınar Durağının Akşam Zirve Saat Periyodundaki Erken Geline Süre Verilerinin KYF.....	63
Şekil 5.3:Şekil Parametresi k'nın Farklı Değerleri İçin Genelleştirilmiş Pareto Dağılımının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Hosking ve Wallis, 1987, s.340).....	88
Şekil 5.4:Sabah Zirve Saat Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	97
Şekil 5.5:Sabah Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	98
Şekil 5.6:Akşam Zirve Saat Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	99
Şekil 5.7:Akşam Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	100
Şekil 5.8:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	101
Şekil 5.9:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	102
Şekil 5.10:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	103
Şekil 5.11:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri.....	104

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1:320 Numaralı Hattın Gidiş Yönü Analizi İçin Seçilen Duraklar.....	31
Tablo 4. 2:Belirlenen Aralıklara Denk Gelen Sefer Saatleri.....	43
Tablo 4.3:Periyotlara Göre Duraklarda Binen Yolcu Sayıları (Yolcu/2 Saat)..	43
Tablo 4.4:Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (İlk 10 Durak).....	47
Tablo 4.5:Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (Son 10 Durak).....	48
Tablo 4.6:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (İlk 10 Durak).....	49
Tablo 4.7:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (Son 10 Durak).....	50
Tablo 4.8:Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklara Girişler Arası Geçen Seyahat Süreleri (sn)	51
Tablo 4.9:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklara Girişler Arası Geçen Seyahat Süreleri (sn)	52
Tablo 4. 10:Periyotlara Göre Duraklar Arası Hızlar (km/s)	53
Tablo 4.11:Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklardaki Geç Kalınan ve Erken Geline Süreler (sn)	57
Tablo 4.12:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklardaki Geç Kalınan ve Erken Geline Süreler (sn)	58
Tablo 5.1:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	66
Tablo 5.2:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	67
Tablo 5.3:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	68
Tablo 5.4:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	69
Tablo 5.5:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	70
Tablo 5.6:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	71
Tablo 5.7:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	72
Tablo 5.8:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri.....	73
Tablo 5.9:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken gelinen sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	79
Tablo 5.10:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	80
Tablo 5.11:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	81

Tablo 5. 12:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	82
Tablo 5. 13:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	83
Tablo 5.14:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	84
Tablo 5.15:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	85
Tablo 5.16:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri.....	86
Tablo 5.17:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Dağılım Parametreleri	89
Tablo 5.18:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri	90
Tablo 5.19:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Dağılım Parametreleri	91
Tablo 5.20:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri	92
Tablo 5.21:Zirve Dışı Saat - 1 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Dağılım Parametreleri	93
Tablo 5.22:Zirve Dışı Saat - 1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri	94
Tablo 5.23:Zirve Dışı Saat - 2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Dağılım Parametreleri	95
Tablo 5.24: Zirve Dışı Saat - 2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri	96
Tablo 5.25:Duraklara 1 Dakikadan Fazla Erken Geline Süre Olasılığı.....	106
Tablo 5.26:Duraklara 2 Dakikadan Fazla Erken Geline Süre Olasılığı.....	107
Tablo 5.27:Duraklara 1 Dakikadan Fazla Geç Kalınan Süre Olasılığı	108
Tablo 5.28:Duraklara 2 Dakikadan Fazla Geç Kalınan Süre Olasılığı	109

SEMBOL LİSTESİ

- χ^2 : Ki kare test istatistiği
- O_i : Ki kare test istatistiği için gözlenen değer
- E_i : Ki kare test istatistiği için beklenen değer
- A^2 : Anderson – Darling test istatistiği
- $F(x)$: Eklenik dağılım fonksiyonu
- $f(x)$: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
- Y_i : Anderson – Darling testi için sıralanmış veriler
- D_n : Kolmogorov – Smirnov tes istatistiği
- H_0 : Sıfır hipotezi
- H_1 : Karşıt hipotez
- μ : Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı için konum parametresi
- σ : Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı için ölçek parametresi
- k : Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı için şekil parametresi

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı hazırlarken bütün bilgi birikimi ve deneyimi ile bana destek olup yol gösteren ve desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Halim CEYLAN'a, ayrıca tez sürecim boyunca çalışmama katkıda bulunup desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Soner HALDENBİLEN ve Prof. Dr. Hüseyin CEYLAN'a ,

Çalışma kapsamında gereken maddi manevi bütün imkanlarını sunan Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş. personeline,

Tez çalışmamda ve hayatımın bütün kısımlarında benden sevgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

Yaşamımızın temel unsurlarından biri olan ulaştırma sözlük anlamı olarak insanların, eşyaların ve haberlerin bir yerden başka bir yere erişimini sağlayan işlerin ve araçların tümü olarak tanımlanabilir.

İlk çağlarda insanlar yaşamlarını sınırlı alanlar içerisinde geçirdiğinden ulaşım ihtiyacı henüz ortaya çıkmamıştır. İlerleyen zamanlarda coğrafi koşullar sebebiyle yeni yerleşim yerleri arayan ve hayatlarına devam etmeye çalışan insanlar ulaşım işini başlarda yaya olarak gerçekleştirmeye başlamışlardır. Ancak zamanla yerleşim yerlerinin büyümesi ve gelişmesi, üretimin artması insanların yaşam alanlarından çıkıp iş alanlarına doğru gerçekleştirdikleri seyahatleri meydana getirmiştir. Bu seyahatler zamanla ve gelişimle artmış böylece “Kent içi Ulaşım” kavramı ortaya çıkmıştır.

“Kent içi ulaşım, bir kentte yaşayan insanların mevcut ulaşım ihtiyacını belirli şartlarda karşılarken, zamanla gelişmekte ve değişmekte olan koşullara uyum sağlayabilecek bir ulaşım sisteminin geliştirilmesi şeklinde tanımlanabilir” (Murat ve Şahin, 2010, s:163).

Hayatımızı ciddi boyutlarda kolaylaştıran ulaştırma alanındaki gelişimler aynı zamanda birtakım problemleri de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerden birkaçı trafik kazaları, trafik tıkanıklığı, gürültü ve çevre kirliliği olarak gösterilebilir (Murat ve Şahin 2010).

Sanayi devriminin ardından gittikçe artan dünya nüfusu ile beraber kentleşme ön plana çıkmıştır. Zamanla nüfusun büyük bir kısmının kırlardan kentlere göç etmesi ve kentlerde oluşan kalabalıklaşma ile birlikte kent planlaması daha fazla önem taşıyan bir mesele haline gelmiştir (Ergün ve diğ. 1999,s:382). Bu değişimde kentlerdeki ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesinin kolay hale gelmesi de etkili olmuştur.

Nüfusun ve buna bağlı olarak motorlu taşıt sayısının artışı, kentlerde ulaşım ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kentlerin merkezi bölgelerinde meydana gelen trafik yoğunlukları her geçen gün artmakta ve özellikle zirve saatlerde merkezi bölgelerde gerçekleştirilen yolculuklarda; fazla yakıt tüketimi, zaman kaybı, gürültü ve hava kirliliği, trafik kazaları gibi olumsuzluklara neden olmaktadır.

Hizmet sunucuları için toplumun ekonomik, kültürel ve sosyolojik bir takım özelliklerini gözetenek mantıklı ve kullanıma uygun bir ulaşım planlaması hazırlamak zorunluluk halini almıştır. Kapsamlı bir biçimde oluşturulan kentsel ulaşım politikaları, şehirlerde yaşayan bireylerin refahının yanı sıra ve hatta daha da önemlisi toplumsal faydayı gözetmelidir. Günümüzde ve gelecekte gerçekleşebilecek gelişmeler göz ardı edilmemeli ve güncellenebilir bir formatta olmalıdır (Çelikhan, 1995).

Bu günlerde yalnızca gelişmekte olan ülkelerde değil, birçok gelişmiş ülkede de ulaştırma sistemleri ile ilgili sorunların kısa vadede çözülmesi imkânsız bir hale gelmiştir. Ulaştırma ile ilgili problemlerin bilinçli ve bilimsel bir sistem yaklaşımı ile ele alınıp gerçekçi bir planlama ve akılcı bir yaklaşım ile çözülmesi gerekmektedir.

Gelişmiş ülkeler; ulaşım ile ilgili problemlerin gün geçtikçe artması ve yaşam standartlarını düşürmesi karşısında bazı önlemler almışlardır. Ulaşım ve kent planlamasının beraber göz önünde bulundurulması gerektiği benimsenmiş ve çalışmalar bu yönde gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi otomobil taşımacılığına olan talebi düşürmüş ve toplu taşımacılığa olan talebi artırmıştır. Bir yandan trafik yoğunluğu sıkıntısı ortadan kalkarken bir yandan da ekonomik yönden verimli bir taşımacılık sağlanması için kentlerde toplu taşımacılığa öncelik veren uygulamalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar doluluk oranları yüksek olan taşıtların trafikteki akışını hızlandırmaktır.

Toplumun toplu taşıma araçlarına yönlendirebilmek için dikkat edilmesi gereken belli başlı unsurlar vardır. Bunlar; toplam veya algılanan seyahat süreleri, gecikmeler, maliyet, konfor, güvenlik, durum ve alternatiflerin zaman ve mekandaki kullanılabilirliği gibi faktörlerin yanı sıra, belirli bir yolculuk için belirli bir toplu taşıma türünün güvenilirliğidir. Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan frekanslara uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi dahil olmak üzere çeşitli bileşenlere sahiptir. Güvenilirlik kısaca, önceden

belirlenmiş olan bir çizelgeye bağlılık olarak açıklanabilir. Toplu taşımada belirli bir seyahat için seyahat süresinin günlük değişimi güvenilirliği olumsuz etkiler.

Toplu taşımada güvenilirlik faktörü yolcuların toplu taşıma türü ve rota seçiminde oldukça önemli bir faktördür. Yolcular iş veya okul seyahatlerinde ulaşmak istedikleri noktalara zamanında varmak istemektedirler. Varış noktasına erken veya geç ulaştıklarında o seyahat yolcular için güvenilmez bir seyahat haline gelmektedir. Araştırmalar, yolcuların çoğunluğunun, seyahat süresi değişkenliğinin azaltılmasına, seyahat süresinin kendisinin azaltılmasından daha fazla önem verdiğini göstermektedir (Bates ve diğerleri, 2001).

1.2 Problemin Tanımı

Belirli bir yolculuk için belirli bir rotadaki seyahat sürelerinin değişkenliğinin, özellikle varış noktasına varış zamanının oldukça önemli olabileceği yolculuk türleri için, yolcuların toplu taşıma türü ve güzergah seçimini etkilemede önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Bu konuda daha önce yapılan çalışmalar daha çok, özel araçla gerçekleştirilen yolculuklar için günlük değişkenlik üzerine yoğunlaşmıştır.

Seyahat talebiyle ilgili davranışsal araştırmalar, birçok faktörün bireylerin ulaşım tercihlerini etkileyebileceğini göstermektedir. Toplam veya algılanan seyahat süreleri, gecikmeler, maliyet, konfor, güvenlik, durum ve alternatiflerin zaman ve mekandaki kullanılabilirliği gibi faktörlerin yanı sıra, belirli bir yolculuk için belirli bir toplu taşıma türünün güvenilirliği önemli olabilir. Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan frekanslara uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi dahil olmak üzere çeşitli bileşenlere sahiptir. Bu nedenle, hizmetin güvenilirliği, özellikle bir bireye kısıtlamaların (örneğin varış zamanı) getirilebildiği işten işe yolculuk gibi yolculuk amaçları için, toplu taşıma türü veya güzergah seçiminde belirleyici bir faktör olabilir (Taylor, 1982).

Seyahat süresi, toplu ulaşım türleri arasından en fazla lastik tekerli toplu taşımada değişkenlik göstermektedir. Bunun sebebi ise lastik tekerlekli toplu taşımanın kent içi trafiğiyle birlikte hareket etmesi, bu trafikten oldukça etkilenmesi ve diğer çevresel tüm koşullara maruz kalmasıdır.

Lastik tekerlekli toplu taşıma araçları maruz kaldığı kent içi trafiği ve çevresel koşulların sebep olduğu seyahat süresi değişkenliği nedeniyle çoğu zaman önceden planlanmış olan sabit zaman çizelgesine uyum göstermede sorun yaşayabilir. Meydana gelen bu uyumsuzluk yolcular tarafından istenmeyen bir durumdur ve güvenilirliği olumsuz etkiler. Gerek lastik tekerlekli toplu taşıma sistemi dışında herhangi bir toplu taşıma sistemi bulunmayan şehirler gerekse bu toplu taşıma sistemini aktarma aracı olarak kullanan şehirler için lastik tekerlekli toplu taşıma araçlarının güvenilirliğinin iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Güvenilirliğin iyileştirilebilmesi için öncelikle seyahat süresindeki değişkenliğe sebep olan faktörlerin belirlenmesi ve değişkenliğe ne ölçüde etkisinin olduğu araştırılmalıdır.

1.3 Amaç

Toplu taşımada hizmet güvenilirliği, hizmet kalitesinin önemli parametrelerinin başında gelmektedir. Daha önce toplu taşımada hizmet güvenilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar, öncelikle programa uyum ve zaman düzenini araştırarak hizmet güvenilirliğine duraklarda bekleyen yolcuların bakış açısından odaklanmışlardır. Bu çalışmalar düzensiz seyahat ve tutarsız varış sürelerinin yolcu bekleme süresini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Yani araç bileşeninin değişkenliğiyle, diğer bir deyişle seyahat süresi değişkenliğiyle daha az ilgilenilmiştir (Abkowitz ve Engelstein 1984; Strathman ve Hopper 1993; Strathman ve diğerleri 2000).

Günlük seyahat süresi değişkenliği, araç içi seyahat süreleri ve yolcu bekleme sürelerini artırarak toplu taşıma sistem güvenilirliğini olumsuz etkiler. Seyahat süresi değişkenliğindeki azalma, sadece belirsizliğin neden olduğu kaygı ve stresi azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda hareket saati ve güzergâh seçimi ile ilgili kararlardaki belirsizliği de azalttığı için yolcular tarafından oldukça değerlidir. Seyahat süresi değişkenliğindeki bir azalmanın, ortalama seyahat süresindeki azalma kadar veya bundan çok daha önem arz ettiği belirtilmiştir (Bates ve diğ. 2001). Seyahat süresi değişkenliği, bir ulaşım sisteminin güvenilirliğini yansıttığı için bir performans ölçütü olarak kabul edilmiştir (Turochy ve Smith, 2002). Seyahat süresi değişkenliğinin bilgisi, yalnızca güvenilirlik performansını en üst düzeye çıkarmakla

kalmayıp aynı zamanda işletme maliyetlerini en aza indirmeye yardımcı olan zaman çizelgeleri geliştirmekle ilgilenen toplu taşıma operatörleri için de oldukça önem taşımaktadır.

Bir toplu taşıma sisteminin güzergahı üzerinde bulunan tüm durakların gerek konumları gerekse yolcu talepleri değişkenlik gösterdikleri için güvenilirlikleri aynı kabul edilmemelidir. Bu çalışmada belirlenen bir güzergah üzerinde bulunan durakların seyahat sürelerindeki değişkenlik dikkate alınarak güvenilirliklerinin aynı olup olmadığını incelemek, herhangi bir farklılık varsa bu farklılıkların sebeplerinin ne olduğunun irdelemek amaçlanmıştır.

1.4 Kapsam

Bir önceki bölümde de kısaca özetlediğimiz gibi toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliği başlığı altında Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş.'ye ait bir otobüs hattı seçilerek durak bazlı erken gelinen ya da geç kalınan sürelerin istatistiksel analizi gerçekleştirilmiş, tüm parametreler irdelenmiş ve seçilen hat için elde edilen dağılım ve olasılık sonuçlarıyla öneride bulunulmuştur.

Tez 6 bölümden oluşmaktadır. Tez çalışmasının ilk bölümünde konuya giriş yapılmış, problem tanımlanmış ve çalışmanın amacından kısaca bahsedilmiştir. İkinci bölümde literatür araştırması yapılmış ve daha önce seyahat süresi değişkenliğinin istatistiksel analiziyle ilgili yapılan çalışmalara dair bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde kent içi toplu taşıma sistemleri; karayolu toplu taşıma sistemleri, raylı toplu taşıma sistemleri ve denizyolu toplu taşıma sistemleri olarak üçe ayrılarak incelenmiş ve toplu taşıma sistemlerinde seyahat süresi değişkenliği ve lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinde güvenilirlik (durak bazlı güvenilirlik) le ilgili bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışma bölgesi tanıtılarak Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş.'den alınan veriler çalışmada kullanılacak şekilde düzenlenmiş ve kullanılacak istatistik programı tanıtılmıştır. Beşinci bölümde analizin nasıl yapılacağından, elde edilen dağılımların nasıl belirlenip değerlendirileceğinden bahsedilmiş ve belirlenen dağılımlar parametreleriyle birlikte tanıtılmıştır. Altıncı bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlarla birlikte öneriler verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde toplu taşıma hizmet güvenilirliği ve seyahat süresi değişkenliğine yönelik literatür incelenmiştir. Toplu taşıma hizmet güvenilirliği, hizmet kalitesinin önemli belirleyicilerinden biridir (Morpace International Inc. 1999; Kimpel 2001). Toplu Taşıma güvenilirliği çalışmaları, öncelikle programa uyumu ve zaman düzenini araştırarak duraklarda bekleyen yolcuların bakış açısından hizmet güvenilirliğine odaklanmıştır (Abkowitz ve Engelstein 1984; Strathman ve Hopper 1993; Strathman ve diğerleri 2000). Bununla birlikte, yolculuğun araç bileşeninin değişkenliğiyle, yani seyahat süresinin değişkenliğiyle daha az ilgilenilmiştir. Bu bölümde daha çok seyahat süresi değişkenliğiyle ilgilenen bir araştırma sunulmuştur.

Seyahat süresi değişkenliği (SSD), literatürde üç ana türe sahip olarak tanımlanmıştır (Noland ve Polak, 2002):

- Araçtan araca (veya araçlar arası) değişkenlik (SSD_{a2a}), aynı süre içinde benzer yolculuklar yapan farklı araçların yaşadığı seyahat süreleri arasındaki farktır. SSD_{a2a} 'ye sebep olan faktörler arasında sinyal gecikmesi, sürücü davranışı ve bisikletlerden ve yayalardan gelen akış direnci bulunur.
- Dönemden döneme (dönemler arası veya gün içi) (SSD_{d2d}), aynı gün içinde farklı zamanlarda benzer yolculuklarda seyahat eden araçların seyahat süreleri arasındaki değişkenliktir. SSD_{a2a} 'ye sebep olan faktörler, trafik talebini, kazaları, hava koşullarında veya gün ışığı seviyesindeki zamansal değişiklikleri içerir.
- Günden güne (veya günler arası) (SSD_{g2g}), aynı zaman aralığı içinde farklı günlerdeki benzer yolculuklar arasındaki değişkenliktir. Trafik talebi, hava durumu, sürücü davranışları ve olaylardaki günlük dalgalanmalardan etkilenir. TTV_{d2d} , tekrarlayan tıkanıklık etkilerinden bağımsızdır. Aynı zaman dilimi içinde, yüksek talepli bir toplu taşıma sistemi, tıkanıklıklar tekrarlıyorsa, günlük seyahat süresi değişkenliğine sahiptir.

Seyahat Süresi Değişkenliği Dağılımlarıyla ilgili yapılan geçmiş çalışmalardan kısaca bahsedilmiştir:

Sertok & diğ. (2020) yapmış oldukları çalışmada, New York şehrine ait açık ulaşım verisini analiz ederek, birçok çalışmanın varsaydığı hafta içi – hafta sonu ayırımının gerçekçi olmayabileceğini ve bir gün içindeki farklı zaman dilimlerinde istatistiksel sonuçların farklı çıkabileceğini tespit etmişlerdir. John F. Kennedy ve LaGuardia havalimanları arasında 07:00-19:00 arasında gerçekleşen taksi yolculuklarının seyahat süresi değişkenliği ve dağılımları incelendiğinde, seyahat süresinin Log-Lojistik(3P) dağılımına uyduğunu tespit etmişlerdir. Bu dağılım Salı ve çarşamba günleri baskın dağılım değildir. Bu günlerde seyahat süresi güvenilirliğinin düşük olduğu zaman dilimlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre haftanın her gününün birbirinden bağımsız düşünülmesi daha faydalı olacağı gözlemlenmiştir. Böylece hafta içi yolculukları ve hafta sonu yolculukları gibi genellemeler yerine, her günün ayrı modellenmesinin daha doğru bir yaklaşım olacağı görülmüştür.

Taylor (1982) yapmış olduğu çalışmada, Paris, Fransa’da iki alternatif ve doğrudan karşılaştırılabilir toplu taşıma modu olan otobüs ve metro kullanılarak işe gitme amaçlı gerçekleştirilen bir seyahat için seyahat süresi güvenilirliği çalışmasından elde edilen bazı sonuçlar açıklamıştır. Öncelikle günlük seyahat sürelerindeki varyasyon dağılımlarının, varyasyon ölçümleri ve tıkanıklık arasındaki ilişkileri incelemek ve iki modun özelliklerini karşılaştırmak için gerekli verileri toplamıştır. Örneğin, otobüs, serbest seyahat süresi ve güzergâh konumu açısından potansiyel olarak daha hızlı ve daha doğrudan bir hizmet sunarken, pratikte metronun normal çalışma koşullarında daha hızlı ve daha güvenilir bir hizmet sağladığı bulunmuştur. Bu çalışma özellikle kendi özel geçiş haklarını kullanan türler ve rakip türlerle alan paylaşan türler arasındaki seyahat süresi farklılıklarının dağılımlarına yönelik daha fazla araştırma yapılması gerektiğini öne sürmüştür.

Mazloumi & diğ.(2010) bu çalışmada Melbourne, Avustralya’daki bir otobüs güzergahı için GPS veri seti kullanarak toplu taşıma seyahat süresindeki günlük değişkenliği araştırarak bu sorunu ele almışlardır. Günün farklı saatlerinde farklı kalkış saati periyotları için seyahat süresi dağılımlarının doğasını ve şeklini araştırmışlardır. Toplu taşımanın seyahat süresi değişikliğine neden olan faktörlerde doğrusal bir regresyon analizi kullanarak araştırılmıştır. Sonuçlar, daha sık frekans periyotlarında seyahat süresi dağılımlarının en iyi şekilde normal dağılımlarla karakterize edildiğini göstermiştir. Daha geniş frekanslar için, yoğun saatlerdeki

seyahat süreleri normal dağılımları takip ederken, yoğun olmayan seyahat süreleri lognormal dağılımları takip etmiştir. Seyahat sürelerinin değişkenliğine katkıda bulunan faktörlerin arazi kullanımı, güzergâh uzunluğu, trafik sinyallerinin sayısı, otobüs duraklarının sayısı ve planlanan kalkış saatinde göre hareket gecikmesi olduğu bulunmuştur. Seyahat süresi değişkenliği, gündüz zirve saatinde daha yüksek ve yoğun olmayan zamanlarda daha düşüktür. Yağışın seyahat süresi değişkenliği üzerindeki etkisi yalnızca gündüz zirve saatinde önemli bulunmuştur. Bu çalışma, GPS tabanlı verileri analiz etmek için yeni yöntemler sunarken bilgiyi daha geniş uygulamalar yoluyla yeni veri setlerine genişletmek ve daha açıklayıcı değişken yelpazesi kullanmak için çok fazla alan sunmaktadır.

Kieu & diğ. (2015) yaptıkları çalışmada Toplu Taşıma Seyahat Süresi Değişkenliği (TTSD)'nin ilk olarak tüm otobüsleri içeren ve ikinci olarak bir otobüs güzergahından yalnızca tek bir hizmeti içeren temel tanımları oluşturmuşlardır. Çalışmada daha sonra Transit Toplu Taşıma Sinyal Önceliği verilerini kullanarak toplu taşıma seyahat süresinin günlük dağılımı analiz edilmiştir. Hem parametrik ön yükleme Kolmogrov-Smirnov testi hem de Bayes Bilgi Oluşturma tekniği kullanan kapsamlı bir yaklaşım Lognormal dağılımını kentsel koridorlarda otobüs yolculuğu süresinin en iyi tanımlayıcısı olarak önermektedir. Lognormal dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu, TTSD'nin olasılık göstergelerini hesaplamak için kullanılır. Bu çalışmanın bulguları, geçiş sistemlerini planlamak ve analiz etmek için hem trafik yöneticileri hem de istatistikçiler için yararlıdır.

Chen & diğ. (2018) yaptıkları çalışmada Çin, Pekin Üçüncü Çevre Yolu içindeki 200 bağlantıyı incelemişlerdir. Kentsel otobanlar, kentsel otobanların yardımcı yolları, ana yollar ve tali yollar olmak üzere dört tür yol incelenmiştir. İlk olarak birim mesafe seyahat süresinin haftanın günü dağılımları analiz edilmiştir. Farklı dağılımların uyum iyiliğini test etmek için Kolmogrov-Smirnov Testi, Anderson-Darling Testi ve Ki-Kare Testi kullanılmış ve sonuçlar Lognormal Dağılımın Normal Dağılım, Gama Dağılımı ve Weibull Dağılımına kıyasla farklı zaman dilimleri ve yol türleri için en iyi şekilde uyduğunu göstermiştir. Ayrıca haftanın günü seyahat süresi değişkenlik modellerini keşfetmek için dört güvenilirlik ölçüsü, yani birim mesafe seyahat süresi, değişim katsayısı, tampon zaman indeksi ve dakiklik oranı kullanılmıştır. Sonuçlar, kentsel otobanların yardımcı yollarının ve ana yolların hafta içi düzenli ve farklı sabah ve öğleden sonra zirvelerine sahip olduğunu göstermiştir.

Kentsel otobanların ve ana yolların yardımcı yollarındaki seyahat sürelerinin gündüzleri benzer değişkenlik ölçülerini paylaşması ve nispeten istikrarlı ve güvenilir görünmesi dikkate değer bulunmuştur, ancak kentsel otobanlar geceleri en güvenilir seyahat sürelerine sahiptir. Analiz sonuçları, kentsel ağdaki her yol türünün değişken seyahat süresi özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

Tirachini & diğ. (2016) yaptıkları çalışmada, araçların seyahat süresi güvenilirliği ve toplu taşıma seyahatleri analiz etmişlerdir. Erişim, bekleme, aktarma ve araç içi süre dahil olmak üzere eksiksiz kapıdan kapıya toplu taşıma seyahatleri için her yolculuk aşamasının seyahat süresi güvenilirliği üzerindeki etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Araştırmacıların önceden belirlenmiş seyahatler gerçekleştirdiği ve her aşamayı 2007 ile 2011 arasında birkaç günde kaydettiği ve kaydedilen otobüs GPS verileriyle tamamlanan Şili, Santiago'dan gelen verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda (i) Metro seyahat sürelerine göre toplam seyahat süresi güvenilirliğini açıklamada otobüs bekleme ve araç içi sürelerin oldukça önemli olduğunu, ancak yürüme süresinin önemli olmadığını; (ii) metro seyahat süresinin genellikle daha sabit olduğunu, ancak ayrılmış bir geçiş hakkı üzerindeki otobüslerin seyahat süresine kıyasla daha çarpık olabileceği; (iii) karma trafikte seyahat eden otobüslerin sadece daha uzun ortalama seyahat süresine değil, aynı zamanda otobüs şeritlerinde ve ayrılmış otobüs yollarında seyahat eden otobüslerden daha büyük bir değişkenliğe de sahip olduğu gözlemlenmiştir. Resmi maliyet-fayda analizi, toplu taşıma operasyonunun (tamamen veya kısmen) ayrıştırılmasının seyahat süresi değişkenliğini azaltma üzerindeki etkisini dikkate alması gerektiği önerilmiştir.

Taylor (2012) yaptıkları çalışmada, Burr dağılımını kentsel alanlarda seyahatlerde seyahat sürelerindeki günlük değişkenlik çalışmaları aracılığıyla seyahat süresi güvenilirliğini temsil etmek için kullanışlı bir istatistiksel model olarak önermektedir. Bu dağılım esnek bir şekilde ve seyahat süresi varyasyonlarının gözlemlenen dağılımlarında görülen çok uzun üst kuyrukları (ve dolayısıyla önemli çarpıklığı) tanımlama yeteneğine sahiptir. Bu sonuç, seyahat süresi güvenilirliğinin daha ayrıntılı olarak ve seyahat süresi güvenilirliği endeksleri üzerine yapılan son araştırmalar doğrultusunda araştırılması için bir yol sağlamaktadır. Burr dağılımı cebirsel olarak izlenebilir, bu da yüzdeler değerlerin doğrudan hesaplanabileceği anlamına gelmektedir. Bu şekilde, FHWA Tampon İndeksi ve Delft çarpıklık parametreleri gibi çeşitli seyahat süresi güvenilirlik ölçütleri, girilen Burr

parametrelerinden hesaplanabilmektedir. Bu, seyahat süresi değişkenliğinin doğasını daha iyi yansıtabilen bir ölçüt kullanarak ekonomik analize bir değerlendirme olarak güvenilirliğin dahil edilmesinin yolunu açmaktadır. Gerçek dünya verilerini kullanan bir vaka çalışması örneği, seyahat süresi güvenilirlik ölçütleri için önerilen hesaplama yöntemini göstermektedir.

Yazici & diğ. (2012) yaptıkları çalışmada, New York City'deki seyahat süresi güvenilirliği, üç seyahat süresi güvenilirlik ölçüsü ile analiz etmiş ve analiz için bir sınıflandırma ve regresyon ağacı modeli kullanmıştır. Geleneksel zirve ve yoğun olmayan dönemlerin analizi yerine, her seyahat süresi güvenilirlik ölçüsü temelinde haftanın günü (HG) ve günün saati (GS) dönemleri belirlemiştir. HG ve GS dönemleri, ortalama seyahat süresi ve seçilen her ölçüme göre tanımlamıştır. Aynı fenomeni açıklamak için formüle edilen seyahat süresi güvenilirlik ölçüleri, farklı dönemleri benzer özelliklere sahip olarak sınıflandırmıştır. Sonuçlar, güvenilirlik ölçülerinin HG ve GS gibi zamansal dönemlere dayandırılması gerektiği konusunda literatürle hemfikir; ancak, zaman dilimlerinin seçimi ölçüye özel olmalıdır. New York City'nin kentsel şebeke ağının seyahat süresi ve hız dağılımları üzerindeki etkisi de tartışılmaktadır. Literatürde otoyollar için bildirilen seyahat süresi dağılım örüntüleri şehir için mevcut değildir. Bu nedenle, farklı ağ yapıları arasında güvenilirlik önlemlerinin aktarılması konusunda dikkatli olunması önerilmektedir.

Hıgatanı & diğ. (2009) yaptıkları çalışmada, Hanshin Expressway ağından gelen trafik akışı verilerini kullanarak seyahat süresi güvenilirlik önlemlerinin temel özelliklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Özelliklerdeki farklılıklar ve benzerlikler (ortalama seyahat süresi, 95. yüzdalık seyahat süresi, standart sapma, değişim katsayısı, tampon süresi ve tampon zaman indeksi) tek bir radyal rota üzerinde araştırılır. Sonuç, tampon zamanı ve tampon zaman indeksi profillerinin, sırasıyla standart sapma ve varyasyon katsayısı ile benzer bir eğilime sahip olduğunu göstermektedir. Her bir rotanın trafik akışının günün saatine göre değişikliklerini keşfetmek için, ağdaki beş radyal rota arasındaki özelliklerdeki farklılıklar da araştırılır. Ek olarak, trafik olaylarının seyahat süresi güvenilirlik önlemleri üzerindeki etkisi tek bir radyal rota üzerinde analiz edilmektedir. Sonuçlar, Hanshin Otoyolu ağında yoğun olmayan saatlerde seyahat süreleri için trafik olaylarının baskın faktör olduğunu göstermektedir.

Pu (2011) yaptığı çalışmada, bir dizi güvenilirlik ölçüsünü analitik olarak incelemekte ve bunların matematiksel ilişkilerini ve karşılıklı bağımlılıklarını araştırmaktadır. Lognormal dağıtılmış seyahat süreleri varsayımı ve yüzde noktası fonksiyonunun kullanılmasıyla, lognormal dağılımın şekil parametresi veya ölçek parametresi veya her ikisi ile ilişkili olarak bir güvenilirlik ölçüleri alt kümesi ifade edilebilmektedir. Bu süreç, farklı ölçülerin nicel ilişkilerinin ve varyasyon eğilimlerinin net bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır. Önceki bazı çalışmaların ve tavsiyelerin aksine, bu çalışma şunu bulmaktadır: standart sapma yerine varyasyon katsayısı, diğer birçok güvenilirlik ölçüsü için iyi bir temsilidir. Ortalama tabanlı tampon indeksinin veya ortalamaya dayalı başarısızlık oranının kullanılması, özellikle seyahat süresi dağılımları büyük ölçüde çarpık olduğunda her zaman uygun değildir, bu durumda medyan bazlı tampon indeksi veya başarısızlık oranı önerilmektedir.

Ma & diğ. (2019) yaptığı çalışmada, Brisbane, Avustralya'da toplanan otomatik araç konumu ve akıllı kart sistemlerinden gelen arz ve talep verilerini kullanarak farklı yol türlerinin bağlantılarında otobüs seyahat süresi güvenilirliğinin temel belirleyicilerini belirlemeyi ve ölçmeyi amaçlamaktadır. Yolcuların ve planlamacıların temel endişelerine göre, ortalama seyahat süresi, tampon süresi ve seyahat süresi değişim katsayısı olmak üzere, otobüsle ilgili üç genel model geliştirilmiştir. Ana yol, otoyol, otobüs yolu ve diğerleri dahil olmak üzere farklı yol türlerinin neden olduğu varyasyonları hesaba katmak için beş grup alternatif model geliştirilmiştir. Görünüşte İlişkisiz Regresyon Denklemleri tahmini, her gruptaki regresyon modellerinde çapraz denklem korelasyonlarını hesaba katmak için uygulanmaktadır. Bu çalışmada güvenilirliğe katkıda bulunan faktörlerin üç ana kategorisi belirlenmiş ve test edilmiştir. Bu kategoriler: planlama, operasyonel ve çevresel olarak adlandırılmıştır. Model sonuçları, otobüs seyahat süresini ve değişkenliğini etkileyen bu faktörlere ilişkin iç görüler sağlamaktadır. En önemli tahminlerin tekrarlayan tıkanıklık indeksi, trafik sinyalleri ve duraklarda yolcu talebi olduğu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, farklı yol türlerinde güvenilirliği azaltmayı amaçlayan belirli stratejileri hedeflemek için kullanılabilir.

Önemine rağmen, temelde zaman içinde kapsamlı bir seyahat süresi veri setinin toplanmasındaki zorluklar nedeniyle, toplu taşımada günden güne seyahat süresi

değişkenliğine daha az ilgi gösterilmiştir. Bu sorun şu anda küresel konumlandırma sistemi GPS, otomatik yolcu sayaç sistemleri ve otomatik araç konum sistemleri gibi gelişmiş toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkmasıyla çözülmektedir. Gün geçtikçe gelişen küresel konumlandırma sistemi, yolcu sayaç sistemleri ve otomatik araç konum sistemleri gibi teknolojilerle istenilen aracın hangi saatte hangi konumda olduğu bilgisi kolayca elde edilebilmektedir.

Toplu taşımada seyahat süresi değişkenliğiyle ilgili yapılan çalışmalarda seyahatlerin başlangıç ve bitiş süreleri üzerinde durulmuştur. Analizler son durak noktasına ulaşılan süre baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Fakat güzergah üzerinde bulunan herhangi bir duraktan binip yine güzergah üzerinde bulunan herhangi bir durakta inen yolcunun seyahat süresindeki değişkenlikle ve bu durakların güvenilirlikleriyle ilgilenilmemiştir. Bu çalışmada durak bazlı güvenilirlik araştırılarak bu konuda eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır.

3. KENT İÇİ TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ VE GÜVENİLİRLİĞİ

3.1 Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri

Kentlerdeki hızlı nüfus artışıyla birlikte, yolcuların seyahat hizmet talepleri de artış göstermiştir. Toplu taşıma sistemlerinin yetersiz ve eksik kalmasına ve nüfus artışına bağlı özel araç sahipliğinin artması trafikte gereksiz yoğunluk, hava kirliliği, gürültü kirliliği ve trafik kazaları gibi olumsuz sorunların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu sorunlarla birlikte kentlerdeki ulaştırma yapısının değişmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

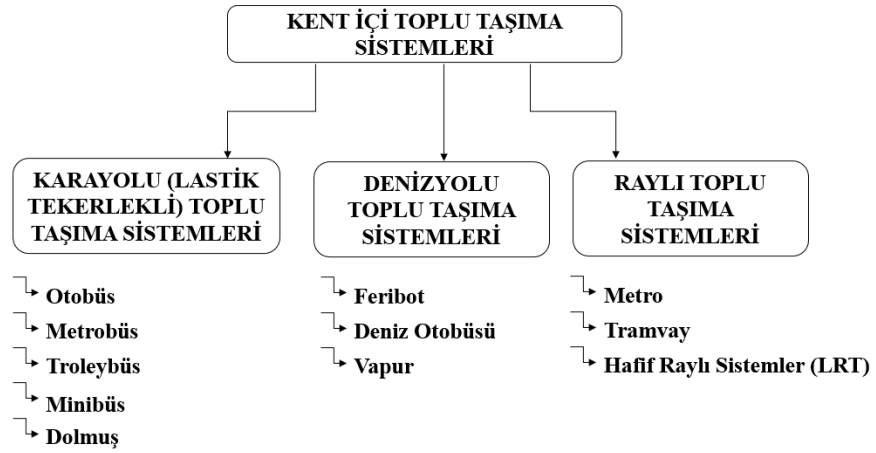
Kent içinde ekonomik, sağlıklı ve etkin bir ulaştırma sisteminin kurulması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde yerel yönetimler gerek çevre kirliliği ve trafik yoğunluğu sorununa çözüm bulmak, gerekse verimli bir yolculuk gerçekleştirebilmek için toplu taşımacılığı ön plana çıkarmıştır (Abbasgil, 1994).

Kent içi toplu taşıma sistemlerinin düzenlenmesi, planlanması ve daha iyi bir hale getirmek için çalışılması amaçlanarak belirlenen faaliyetlerin tamamı kent içi toplu taşıma politikalarını oluşturur. Kent içi toplu taşımacılık politikaları uygulandıkları ülkelerin birbirinden farklı olan özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Ülkeler farklı coğrafi, ekonomik ve sosyolojik özelliklere sahip olduğu ve bu özelliklere bağlı olarak toplu taşımanın tercih edilme oranı değiştiğinden, her bir ülkeye uygulanacak olan kent içi toplu taşıma politikalarının ücretlendirilmesi, düzenlenmesi ve özellikleri de değişmektedir. Politikaları hazırlayan yetkililerin, bu farklılıkları göz önünde bulundurarak en uygun politikaları uygulamaları gerekmektedir (Akyılmaz, 1979).

Toplu taşımacılık hizmeti planlanırken hizmet sunulacak coğrafyanın altyapısı göz önünde bulundurularak en uygun toplu ulaşım sistemi ile hizmet sağlanmalı ve verim sağlanması amaçlanmalıdır.

Toplu taşıma genel anlamda toplum içerisinde yaşayan her bireye açık, daha önceden belirlenmiş bir ücret karşılığında, belirlenen bir güzergahta, belirlenen bir zaman tarifesi dahilinde, belirli duraklarda duran, güzergahındaki diğer araçlarla birlikte veya diğer araçlardan bağımsız işletilen sistemler olarak tanımlanmaktadır (Murat ve Şahin, 2010).

Kent içi toplu taşıma sistemleri temel olarak karayolu, denizyolu ve raylı sistem olmak üzere üç ana başlıkta sınıflandırılmaktadır. Karayolu toplu taşıma sistemleri, lastik tekerlekli toplu taşıma sistemleri olarak da adlandırılır. Lastik tekerlekli toplu taşıma araçları otobüs, metrobüs, trolleybüs, minibüs ve dolmuşken; raylı toplu taşıma araçları metro, tramvay, hafif raylı sistemler ve banliyölerdir. Denizyolu toplu taşıma sistemleri ise bu ulaşımın uygun olduğu şehirlerde vapur, deniz otobüsü veya feribotlarla gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.1’de Kent içi toplu taşıma sistemleri sınıflandırılarak ayrılmıştır.



Şekil 3.1: Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri

3.1.1 Karayolu (Lastik Tekerlekli) Toplu Taşıma Sistemleri

Karayolu toplu taşıma sistemleri, şehir içlerinde cadde ve sokaklarda hizmet veren; otobüs, metrobüs, trolleybüs, minibüs ve dolmuşlardır. Lastik tekerlekli toplu taşımacılık sistemleri raylı toplu taşıma sistemlerine göre daha az altyapı yatırımları gerektirmektedir. Aynı koridorda hareket ettiği motorlu kara taşıtlarının son dönemdeki artışı sebebiyle ciddi boyutlarda zaman kayıplarına ve trafik

sıkışıklıklarına sebep olmaktadır. Raylı toplu taşıma araçlarının toplu taşımada kullanılmaya başlanmasıyla otobüsler daha çok besleyici bir sistem olarak çalışmaktadır. Raylı taşımacılığa geçmemiş ülkelerde ise otobüsler hala ana toplu taşıma türü olarak kullanılmaktadır (Saatçioğlu 2012).

Otobüs:

Kent içi toplu taşıma sistemleri arasında en çok kullanılan toplu taşıma aracı otobüslerdir. Bu sistemler şehrin tüm alanını çeşitli ringlerle bir ağ gibi sarmaktadır. Otobüsler diğer toplu taşıma sistemlerinden daha az altyapı yatırımı gerektirmekte ve yalnızca bir hat üzerinde yolcu taşıma mecburiyetinde olmadığından, yollarda daha rahat hareket etme imkânı bulmaktadır (Saatçioğlu 2012). Neredeyse bütün kentlere ve toplumlara verimli bir hizmet sunabilmesi ve daha ekonomik bir tercih olması da otobüslerin en sık kullanılan toplu taşıma araçlarından biri olmasının nedenleri arasındadır.

Küçük şehirlerde ana ulaşım türü olan otobüsler orta ve daha büyük şehirlerde ana ulaşım türü olmasının yanında raylı toplu taşıma sistemlerini destekleyen bir tür olarak da kullanılmaktadır. Her ne kadar kapasite ve çevresel faktörler açısından raylı toplu taşıma sistemleri daha avantajlı olsa da özellikle ekonomik ve rahat hareket edilebilir olması bakımından raylı toplu taşıma sistemlerinden daha avantajlıdır. Otobüsler hareketlerini kendi bünyelerinde bulunan motordan sağlayabildiği için bütün cadde ve sokakları verimli olarak kullanabilmekte, güzergahlar ve durak konumları isteğe bağlı değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.2:Denizli Otobüs Aracı (<http://www.denizliulasim.com.tr>)

Otobüsler genellikle çift dingilli ve 6 tekerlekli solo tiptir. Bu tip otobüslerin yanı sıra, 3 akslı, 10 tekerlekli körüklü otobüsler ve 4 akslı, 14 tekerlekli çift körüklü otobüslerde kullanılmaktadır. Solo tip otobüslerin yolcu kapasitesi ortalama 85 yolcu, çift körüklü otobüslerin yolcu kapasitesi ise 140 – 150 yolcuya ulaşabilmektedir. Tipik bir otobüs sisteminde ortalama işletme hızı 5 – 15 km/sa, katedilen mesafe ise 100 – 300 m'dir.

Ülkeden ülkeye değişiklik göstermenin yanı sıra otobüs işletmeciliği temel olarak 3 farklı türde yapılmaktadır.

1. Şehir içinde akan trafik ile karışık bir biçimde ve herhangi bir önceliklendirmeye sahip olmayan otobüs işletmeciliği,
2. Önceliklendirilmiş trafik sinyalizasyonu veya otobüslere ayrılan şerit gibi uygulamalara sahip otobüs işletmeciliği,
3. Şehir içinde akan kara yolu trafiğinden tamamen ayrılmış kendine ait yolda yapılan otobüs işletmeciliği.

İlk otobüs işletim türünde, otobüsler şehir içinde akan karayolu trafiğinde herhangi bir önceliklendirme türüne sahip olmadığından ortalama hizmet hızı oldukça düşüktür. Güvenilirlik açısından diğer ulaşım sistemlerine göre karşılaştırıldığında bu sistemin performansı daha düşüktür. Bu nedenle, otobüs ve minibüs gibi daha kolay hareket edebilen ve daha hızlı sistemler günlük seyahatlerde daha çok kullanılmaktadır ve daha etkin bir toplu taşıma sistemi kurulmaktadır. Bununla birlikte işletme hızının düşmesiyle birlikte talebin azalmasından kaynaklanan yolcu sayısının azalması, işletmenin ekonomik bakımdan kötü etkilenmesine ve işletmelerin zarar etmesine neden olmaktadır.

İkinci otobüs işletim türünde, önceliklendirilmiş trafik sinyalizasyonu veya otobüslere ayrılan şerit uygulamaları trafiğin yoğun ve sıkışık olduğu zamanlarda otobüs sisteminin trafik akışından etkilenme oranını az da olsa sınırlandırmayı sağlayabilmektedir. Otobüslere ayrılan şerit uygulamaları, güzergâh üzerindeki yolun belirlenen bir şeridinin günün belirlenen bir saat aralıklarında ya da tamamında otobüslerin kullanımı için ayrılmasıdır. Eğer otobüs şeridi için alan yeterli değilse, mevcut yolun mümkün olduğunca genişletilmesi veya varsa refüj kaldırılarak bu alanın kullanıma dahil edilmesiyle otobüs şeridi oluşturulabilir. Önceliklendirilmiş

trafik sinyalizasyonu sisteminde otobüslerde bulunan elektronik sistemler ve sinyalizasyon kavşaklarda mevcut olan uzaktan elektronik sistemlerinin otobüse uygun olarak sinyalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Önceliklendirmelerin kullanıldığı bu sistemlerde işletme hızları daha yüksek olduğu için talep artar ve böylece işletmeler ekonomik olarak kâr edebilir (Cirit, 2014).

Sonuncu otobüs işletim türü günümüz toplu taşımacılığında oldukça sık bir kullanım alanına sahip bir sistem olup, tam anlamıyla özel kullanıma ayrılan bir yolda gerçekleştirilir. Bu işletim türü literatürde Hızlı Otobüs Sistemleri (BRT) yani metrobüs olarak bilinmektedir (Cirit, 2014).

Metrobüs (Hızlı Otobüs Sistemleri):

Metrobüs sistemlerinin temeli genel olarak özel otobüs şeritlerine dayanmaktadır. Bu sistemler yer altında inşa edilen metro sistemleri gibi trafikten ayrılan yalnızca kendisine ayrılmış özel bir hatta yüksek kapasite ve düşük tabanlı otobüsler ile sık sefer aralıklarıyla işletilen güvenilir, konforlu, hızlı, kaliteli ve fayda-maliyet açısından avantajlı bir toplu taşıma sistemidir. Sistemin avantajı metro gibi yüksek yolcu kapasitesini otobüs sistemlerinin esnekliği ve uygun maliyetli olmasıyla sağlanmasıdır (Cirit, 2014).

Metrobüs hattı mevcut karayolundan ayrılan bir alanın ya da şeridin sisteme uygun hale getirilmesiyle oluşturulmaktadır (Cirit, 2014).

Benzer kapasiteye sahip raylı sistemlerle kıyaslandığında daha düşük yatırım maliyetine sahip olan metrobüs sistemleri doğru seçilen bir güzergahta verimli bir işletmecilikle yüksek yolcu kapasitesine ulaşabilmesi açısından ekonomik olarak sürdürülebilir bir toplu taşıma sistemidir. Şerit sayısına bağlı olarak metrobüs sistemi ile saatte tek yönde 20.000 - 45.000 yolcu kapasitesine ulaşabilmek mümkündür.



Şekil 3.3: Metrobüs (<http://acibademdergisi.com>)

Trolleybüs:

Havada bulunan iki kablodan ve direklerden güç alarak, elektrik yardımıyla çalışan, bağımsız bir güç kaynağı olmayan karayolu araçlarıdır. Elektrikli çekiş sebebiyle, dizel otobüslere nazaran, daha hızlı ve düzgün hızlanma-yavaşlama dahil olmak üzere birçok önemli performans avantajına sahiptirler. Oldukça düşük bir ses çıkaran ve egzoz dumanı çıkarmadan çalışan trolleybüsler çevre ve gürültü kirliliği açısından daha da avantajlı durumdadırlar. Dizel otobüslere nazaran yatırım ve hat bakım maliyetleri yüksektir.



Şekil 3.4:Trolleybüs (<https://rayhaber.com/>)

Minibüs:

Lastik tekerlekli, 8 ila 16 koltuk kapasitesine sahip karayolu toplu ulaşım aracıdır. Bir ara toplu ulaşım türüdür. Durak bazlı değil, yolcu isteğine göre durup kalkarlar. Ücretlendirme sistemi mesafeye dayalıdır.

Dolmuş:

Ülkemize özgü bir toplu taşıma türüdür. Yolcu kapasitesi 5 ila 9 arasında değişmektedir. Hareket etmesi için bütün koltukların dolu olması gerekmektedir. Ayakta yolcu almazlar.

3.1.2 Raylı Toplu Taşıma Sistemleri

Raylı toplu taşıma sistemleri yoğun karayolu trafiğini rahatlatmanın yanında kapasite, hız, gürültü ve çevre kirliliği, güvenlik ve güvenilirlik gibi birçok faktör açısından diğer toplu taşıma sistemlerine göre oldukça avantajlı durumdadır. Bu avantajlardan dolayı toplu taşımacılıkta raylı sistemlere öncelik verilmesi gerekmektedir. Otobüsler ve diğer lastik tekerlekli araçlarda çevre ve gürültü kirliliği, güvenlik ve güvenilirlik sorunları yaşanmaktadır. Her yıl can kayıpları ve manevi hasarların yanı sıra, büyük ekonomik zararlar yaratan trafik kazaları gerçekleşmektedir. Ulaşım planlamaları hazırlanırken kentin altyapısal, sosyolojik, kültürel, coğrafi ve ekonomik unsurları göz önüne alınarak bu sorunların aşılması ve işlevli bir ulaşım planlaması hazırlanması amaçlanmıştır.

Metro:

Metro sistemleri herhangi bir dış etkiye maruz kalmadan kendine has hatlarda işletilen gelişmiş sinyalizasyon sistemine sahip raylı sistemlerdir. Bu sayede yüksek hıza ve yolcu taşıma kapasitesine erişebilmektedir. Metrolar, yolculara yüksek konfor ve güvenilirlik sunmasının yanı sıra işletme, enerji verimliliği ve sürüş güvenliği bakımından da avantaj sağlamaktadır (Cirit, 2014).

Metro hatlarında genellikle 4 akslı, 16 – 23 metre uzunluğunda ve 2,5 ve 3,2 metre genişliğine sahiptir. Bu araçlar 120 – 250

kişilik yolcu kapasitesine ve % 25 – 60 arası koltuk kapasitesine sahiptir. Ortalama işletme hızı ise 25 – 60 km/s'tir.

Metro sistemlerinin yüksek yolcu kapasitesine sahip olmasında 2 faktör etkilidir. Bunlardan biri araçların yolcu kapasitesi, ikincisi ise iki tren arasında geçen süredir. Sürdürülebilir kent içi toplu taşıma politikaları çerçevesinde toplu taşımının geliştirilmesi açısından önemli bir yere sahip olan raylı sistemler içinden bu amaca hizmet eden en önemli araçlar metro sistemleridir. Yüksek yapım maliyetine karşın özellikle nüfusun yoğun olduğu bölgelerde kişi başına enerji tüketimi, egzoz dumanı, işletme maliyeti ve seyahat süresi ile konfor ve güvenilirlik gibi özellikler ele alındığında doğru seçilen bir güzergahta kurulması kaydıyla metro sistemleri sürdürülebilir kent içi ulaşım politikalarının en önemli araçlarından (Cirit 2014).



Şekil 3.5: Metro (<https://www.karar.com/>)

Tramvay:

Karayolu ulaşım araçları ile aynı alanı kullanan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, elektrik enerjisini katenardan alan, daha çok inip binmenin olduğu, günümüzde daha çok bir adım atılarak binilebilen alçak zeminli araçların kullanıldığı, en düşük yolcu kapasiteli raylı toplu taşıma sistemidir (Keskin, 2013, s:7).

Karayolu ile aynı seviyede döşenen raylarda hareket ettiğinden, mevcutta var olan karayolu sinyalizasyon sistemlerine uyar ve diğer karayolu araçlarına göre geçiş üstünlüğü bulunmaktadır.

100 – 180 yolcu taşıma kapasitesine sahip olan bu araçlarda kapasitenin yaklaşık olarak % 20 – 40'ı oturma alanıdır. Tramvay sistemi trafikle karışık çalıştığından ve daha kısa durak aralıklarına sahip olduğundan, işletme hızları diğer raylı sistemlere göre düşük olup 15 – 30 km/s arasında değişmektedir.



Şekil 3.6: Tramvay (<https://www.birgun.net/>)

Hafif Raylı Sistemler (LRT):

Başlarda mevcutta bulunan tramvay hatlarının fiziksel ve işletmesel iyileştirilmesi ile gelişen hafif raylı sistemler, tramvay ile benzer özelliklere sahiptir ve tramvay ile metro arasında kalan bir sistemdir. Özellikle son yıllarda önemli bir toplu ulaşım aracı olan hafif raylı sistemler, performans ve maliyet faktörleri açısından tramvay ile metro arasında kalan yarı hızlı bir toplu ulaşım sistemidir (Öztürk ve Arlı, 2009).

Uzunlukları 18 – 42 metre arasında değişmekte olan bu araçlar yaklaşık 250 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Bu kapasitenin %20 – 50'si oturma yeridir. En fazla 70 – 80 km/s hıza ulaşabilen Hafif Raylı Sistem araçlarının ortalama işletme hızı 18 – 40 km/s arası değişmektedir.

3.2 Kent İçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Güvenilirliği

Bir toplu taşıma hizmetinin kalitesinin en önemli parametrelerinden biri, hizmet niteliklerinin değişmezliği olarak tanımlanan güvenilirliğidir. Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan frekanslara uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, hizmetin güvenilirliği, özellikle bir bireye kısıtlamaların (örneğin varış zamanı) getirilebildiği işten işe yolculuk gibi yolculuk amaçları için, toplu taşıma türü veya güzergah seçiminde belirleyici bir faktör olabilir. Planlama esnasında alınan tedbirler, seyahat boyunca güvenilmezlik risklerini azaltabilir. Seyahat süresi yoğunluğunun uzun vadeli tahmini hizmet planlama aşamasında güvenilirliği sağlamak ve seyahat süresi belirsizliğini giderebilmek için oldukça önemlidir.

Toplu taşıma kuruluşları, yolculuğu artırmak ve yeni kullanıcıları çekmek için sundukları hizmet kalitesini ve özellikle güvenilirlik olarak adlandırılan zaman düzenliliğini iyileştirmeye daha fazla önem vermektedir. Araştırmalar sonucunda yolcuların yoğunluğunun seyahat süresinin değişkenliğindeki azalmaya seyahat süresinin azalmasından daha fazla önem verdiği gözlemlenmiştir. Ancak gün içinde rastgele kazaların olması, talep ve kapasitenin günlük değişkenliği ve bu faktörlerdeki farklılıklar nedeniyle operasyon gününde seyahat süresinde günlük değişiklikler ve gecikmeler kaçınılmaz olabilmektedir. Güzergahını diğer karayolu taşıtlarıyla (örneğin, arabalar, bisikletler ve kamyonlar) paylaşan otobüslerin, aynı trafik koşullarına maruz kaldıklarından, seyahat süresindeki değişkenliğin diğer toplu taşıma türlerine nazaran daha yüksek olması oldukça muhtemeldir.

3.2.1 Toplu Taşıma Sistemlerinde Güvenilirlik

Bir toplu taşıma sisteminin performansından fayda sağlanabilmesi için süreklilik ve zamanlama açısından güvenilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra başlangıç ve bitiş durakları arasında her bir sefer için sabit bir yolculuk süresinin yakalanması hedeflenmektedir.

Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan sefer sıklıklarına uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi olarak

tanımlanmaktadır. Toplu taşıma sistemlerinde güvenilirlik, işletmeciler ve yolcular tarafından oldukça önemli bir yere sahiptir. Bir işletme parametresi olarak dikkate alınmaması yolcular açısından durakta bekleme sürelerinin artmasına ve düzensiz araç sıklıklarından kaynaklanan konforsuzluğa sebebiyet verebilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalarda güvenilirlik parametresinin yolcuların tür ve güzergâh seçiminde oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

Raylı toplu taşıma sistemleri çoğunlukla kendi koridorlarında diğer ulaşım araçlarından etkilenmemektedir. Böylece çevresel etkilere minimum seviyede maruz kalan raylı toplu ulaşım sistemlerinin güvenilirliği lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinden oldukça yüksektir.

Raylı toplu taşıma sistemlerinin aksine lastik tekerlekli toplu taşıma sistemleri kent içi trafiğiyle birlikte hareket ettiği için bu araçların güvenilirlik analizinde mevcut yol ve trafik koşullarının sebep olacağı etkilerin görmezden gelinmesi imkansızdır. Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinde güvenilirliği etkileyen parametreler genel olarak; işletmeciler, karayolu trafiği, güzergah ve yolcu karakteristikleri olarak gruplandırılabilir.

Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliği trafikteki araçların kompozisyonu, şerit genişliği, şerit sayısı ve gün içerisinde değişkenlik gösteren trafik talebi gibi birçok faktörden etkilenebilir. Bunların dışında kavşak tipleri, mevcut kavşaklarda otobüs önceliklendirme sistemlerinin bulunup bulunmaması, otobüs cebi uygulamalarının varlığı ve yan park varlığı gibi birçok trafik yönetimi faktörü de yine güvenilirliği önemli ölçüde etkileyen parametrelerdir (Ceder, 2007).

Her iki toplu taşıma sisteminin güvenilirlik değerlerini etkileyen ortak parametre yolcu talebidir. Yolcu talebi çoğu zaman hat boyunca tahmin edilmesi oldukça zor bir parametredir. Toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliği hat ve durak bazlı olmak üzere iki farklı şekilde incelenebilmektedir. Otobüs işletmesinin güvenilirlik performansının hat bazında göz önünde bulundurulduğu ve bilinen tek bir hat veya bütün sistem için ölçüm yapıldığı güvenilirlik türüne hat bazlı güvenilirlik denir. Otobüs işletmesinin güvenilirlik performansının seçilen duraklar bazında dikkate alındığı güvenilirlik türü ise durak bazlı güvenilirliktir.

Literatür kısmında da bahsedildiği gibi toplu taşıma güvenilirliği araştırması, otobüs duraklarındaki yolcu bekleme süresine odaklanma eğilimindedir. Seyahat süresi değişkenliği hem yolcular hem de operatörler için önemine rağmen, toplu taşıma araçlarının seyahat süresi değişkenliğinin değerlendirilmesine yönelik sınırlı araştırma yapılmıştır. Toplu taşıma planlamasında seyahat süresi dağılımı oldukça önemlidir. Zaman çizelgesi optimizasyonu gibi hesaplamalar genellikle ortalama seyahat süresine göre değil, herhangi bir yolculuğun planlanan zamanı aşma fırsatını en aza indirmeye göre yapılmaktadır. Bu çalışmada inceleme yapılacak olan parametre seyahat süresi değişkenliğine bağlı olarak hesaplanan toplu taşıma aracının duraklara erken geldiği veya geç kaldığı sürelerdir.

Daha önce yapılan çalışmalarda lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinin hat bazlı güvenilirliğiyle ilgilenilmiştir. Her durağın bulunduğu konum, etkilendiği trafik yoğunluğu ve talepte bulunan yolcu sayısı farklı olduğundan hesaplanan hat bazlı güvenilirlik diğeri güzergah üzerinde bulunan duraklarda geçerli kabul edilemeyebilir. Bu nedenle bu tez çalışmasında lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinden olan otobüsün durak bazlı güvenilirliği incelenmiştir.

3.2.2 Toplu Taşıma Sistemlerinde Seyahat Süresi Değişkenliği

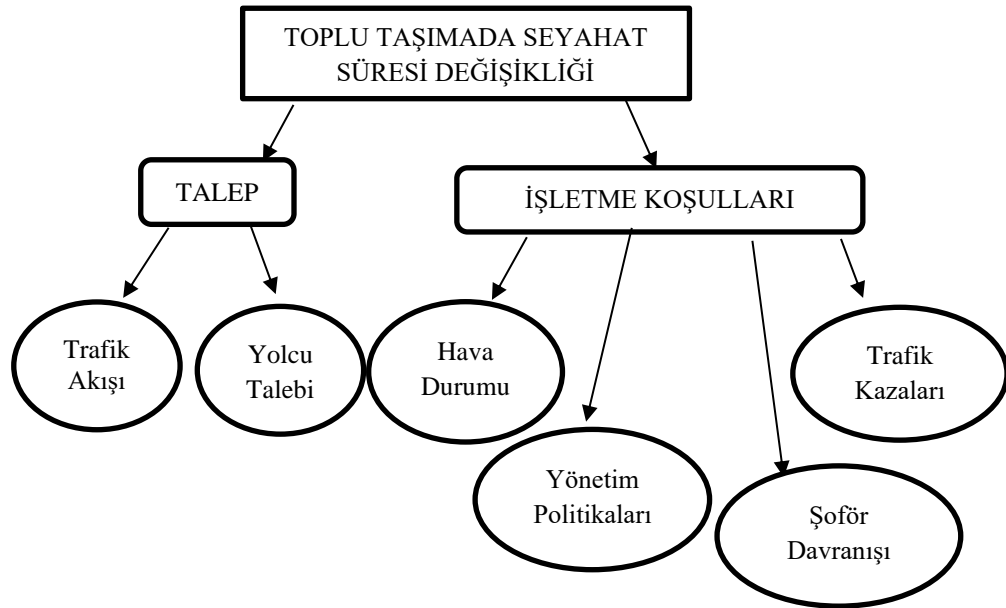
Seyahat süresi güvenilirliği ve değişkenliği, 2000'li yılların başından beri trafik mühendisliğinde gelişen bir araştırma alanı olmuştur. Günümüzde çalışmalar, bölgesel ulaşım planlamasının iyileştirmeleri, hizmet seviyesi, politika ve yatırım kararları ve maliyet-fayda analizi gibi ulaşım ile ilgili çeşitli konuları ölçmek için seyahat süresi güvenilirliğini ele almaktadır.

Seyahat süresi değişkenliği terimi, belirli bir rota üzerinden aynı yolculuklar için seyahat sürelerindeki değişimi tanımlamak için kullanılır. Seyahat süresinde değişkenliği araştırılan çalışmalar ya otoyollarda ya da şehir içi yollarda seyahat sürelerine odaklanma eğilimindedir. Her iki durumda da seyahat süreleri trafik akış dalgalanmaları, trafik kazaları, hava koşullarındaki değişiklikler ve çeşitli sürüş davranışları nedeniyle değişiklikler gösterebilir. Bununla birlikte, kentsel alanlarda, trafikte yaya veya bisiklet hareketlerinin etkisi, yolları tıkayan otobüsler ve en

önemlisi trafik sinyalleri tarafından trafik akışının kesintiye uğraması gibi, seyahat sürelerinde değişikliklere neden olan daha geniş bir faktör yelpazesi olabilir.

Farklı araçların yaşadığı sinyal gecikmelerindeki farklılık, kentsel alanlarda binek araçların seyahat sürelerindeki değişkenliğin ana nedenlerinden biridir. Bu faktörlere ek olarak, otobüs seyahat süreleri de başka bir faktör olan yolcu talebinden etkilenir. Biniş veya iniş talebi, otobüs güzergahı üzerinden rastgele duraklarda yapılabilir, bu nedenle otobüsler duraklardaki bekleme sürelerinde değişiklik gösterebilir.

Seyahat süresi değişkenliğinin nedenleri, talep veya kapasite ile ilgili faktörler olarak gruplandırılmıştır. Şekil 3.7, toplu taşıma seyahat süresi değişkenliğini etkileyen ana talep ve kapasite ile ilgili faktörleri göstermektedir. Taleple ilgili ilk faktör, kavşaklardaki trafik akışıdır. Sinyalize kavşaklardaki trafik akışındaki değişim, otobüslerin farklı sinyal gecikmeleri yaşamasına ve dolayısıyla farklı seyahat sürelerinin görülmesine yol açacaktır. Bununla birlikte, sinyal gecikmeleri, otobüslerin sinyal döngüsüne göre kavşaklara varma zamanına da bağlıdır. Yeşil fazda gelenler, kırmızı fazda gelenlere göre daha az gecikme yaşarlar. Yolcu talebinin bir otobüs güzergahı boyunca rastgele yayılması, bekleme sürelerinde farklı otobüs seferleri arasında değişiklik gösterecek ve toplam seyahat sürelerini de etkileyecek değişkenlik yaratabilir.



Şekil 3.7:Toplu taşıma seyahat süresi değişkenliğinin talep ve kapasite ile ilgili belirleyicileri

Farklı faktörler, yolların kapasitesini etkileyerek seyahat sürelerinde değişkenliğe neden olur. Trafik kazalarının toplu taşıma araçlarının seyahat sürelerini etkilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca kentsel alanlarda tekrar etmeyen tıkanıklığın ana nedeni olduğuna inanılmaktadır. Rota yapılandırılmaları toplu taşımada seyahat sürelerini etkiler, bu nedenle bir rotanın farklı bölümleri farklı seyahat süresi değişkenliğini yansıtabilir. Rota özelliklerinin örnekleri, otobüs duraklarının sayısı, sinyalizasyon kavşaklarının sayısı, bir rotanın mekansal konumu ve yan parkın varlığıdır. Hava koşulları ve sürücü özellikleri, kapasiteyi etkileyerek toplu taşıma seyahat süresini de etkileyebilir.

Bu tez çalışmasında, belirlenen bir otobüs güzergahının güvenilirliğini inceleyebilmek adına günler arası seyahat süresi değişkenliği türü baz alınmıştır. Farklı günlerdeki benzer yolculuklar analiz edilmiştir. Günlük seyahat süresi değişkenliği, araç içi seyahat süreleri ve yolcu bekleme sürelerini artırarak toplu taşıma sistem güvenilirliğini bozar. Seyahat süreleri değişkenliğindeki azalma, yalnızca belirsizliğin neden olduğu kaygı ve stresi azaltmanın yanında hareket saati ve güzergâh seçimi ile ilgili kararlardaki belirsizliği de azalttığı için kullanıcılar tarafından oldukça önemlidir. Seyahat süresi değişkenliği, bir ulaşım sisteminin güvenilirliğini yansıttığı için bir performans ölçütü olarak kabul edilmektedir. Seyahat süresi değişkenliği bilgisi, yalnızca zamanında performansı en üst düzeye çıkarmakla kalmayıp aynı zamanda işletme maliyetlerini en aza indirmeye yardımcı olan zaman çizelgeleri geliştirmekle ilgilenen toplu taşıma operatörleri için de önemlidir.

Seyahat süresi dağılımları bu araştırma için önemli bir alandır. Çünkü seyahat süresindeki değişkenliğin doğasını ve modelini tanımlamaktadır.

Uygun seyahat süresi dağıtım seçimi, ulaşım ve toplu taşıma sistemlerin etkili rota seçimlerinde seyahat süresi tahmini ve modellemesi için temel bir girdidir. Seyahat süresi güvenilirliğini analiz etmede ve seyahat süresinin güvenilirliğini olumsuz etkileyen sebepleri keşfetmede de değerlidir. Seyahat süresi dağıtımını, zamanında performansı en üst düzeye çıkarmak için zaman çizelgelerinin tanımlanmasında da kullanılır.

Bir toplu taşıma sisteminin performansından fayda sağlanabilmesi için süreklilik ve zamanlama açısından güvenilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra başlangıç ve bitiş durakları arasında her bir sefer için sabit bir yolculuk süresinin yakalanması hedeflenmektedir.

Güvenilirlik, hizmetin çalışma olasılığı, zaman çizelgelerine ve planlanan sefer sıklıklarına uyma ve bir hedefe belirlenen zamanda ulaşma becerisi olarak tanımlanmaktadır. Toplu taşıma sistemlerinde güvenilirlik, işletmeciler ve yolcular tarafından oldukça önemli bir yere sahiptir. Bir işletme parametresi olarak dikkate alınmaması yolcular açısından durakta bekleme sürelerinin artmasına ve düzensiz araç sıklıklarından kaynaklanan konforsuzluğa sebebiyet verebilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalarda güvenilirlik parametresinin yolcuların tür ve güzergâh seçiminde oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

Raylı toplu taşıma sistemleri çoğunlukla kendi koridorlarında diğer ulaşım araçlarından etkilenmemektedir. Böylece çevresel etkilere minimum seviyede maruz kalan raylı toplu ulaşım sistemlerinin güvenilirliği lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinden oldukça yüksektir.

Raylı toplu taşıma sistemlerinin aksine lastik tekerlekli toplu taşıma sistemleri kent içi trafiğiyle birlikte hareket ettiği için bu araçların güvenilirlik analizinde mevcut yol ve trafik koşullarının sebep olacağı etkilerin görmezden gelinmesi imkansızdır. Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinde güvenilirliği etkileyen parametreler genel olarak; işletmeciler, karayolu trafiği, güzergah ve yolcu karakteristikleri olarak gruplandırılabilir.

Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliği trafikteki araçların kompozisyonu, şerit genişliği, şerit sayısı ve gün içerisinde değişkenlik gösteren trafik talebi gibi birçok faktörden etkilenebilir. Bunların dışında kavşak tipleri, mevcut kavşaklarda otobüs önceliklendirme sistemlerinin bulunup bulunmaması, otobüs cebi uygulamalarının varlığı ve yan park varlığı gibi birçok trafik yönetimi faktörü de yine güvenilirliği önemli ölçüde etkileyen parametrelerdir (Ceder 2007).

Her iki toplu taşıma sisteminin güvenilirlik değerlerini etkileyen ortak parametre yolcu talebidir. Yolcu talebi çoğu zaman hat boyunca tahmin edilmesi oldukça zor bir parametredir.

Toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliği hat ve durak bazlı olmak üzere iki farklı şekilde incelenebilmektedir. Otobüs işletmesinin güvenilirlik performansının hat bazında göz önünde bulundurulduğu ve bilinen tek bir hat veya bütün sistem için ölçüm yapıldığı güvenilirlik türüne hat bazlı güvenilirlik denir. Otobüs işletmesinin güvenilirlik performansının seçilen duraklar bazında dikkate alındığı güvenilirlik türü ise durak bazlı güvenilirliktir. Diğer bölümde yöntem ve metodoloji verilmiştir.

4. MATERYAL VE METOD

4.1 Çalışma Bölgesi ve Veri Toplama Çalışmaları

Bu bölümde çalışma bölgesi tanıtılarak çalışma için Denizli Ulaşım AŞ'den otobüslerinde bulunan akıllı kart ve GPS sistemleri yardımıyla elde edilen otobüslerin duraklara giriş saat verileri alınmış ve düzenlenerek sunulmuştur.

4.1.1 Denizli Belediyesi Toplu Taşıma Ulaşım Sistemleri

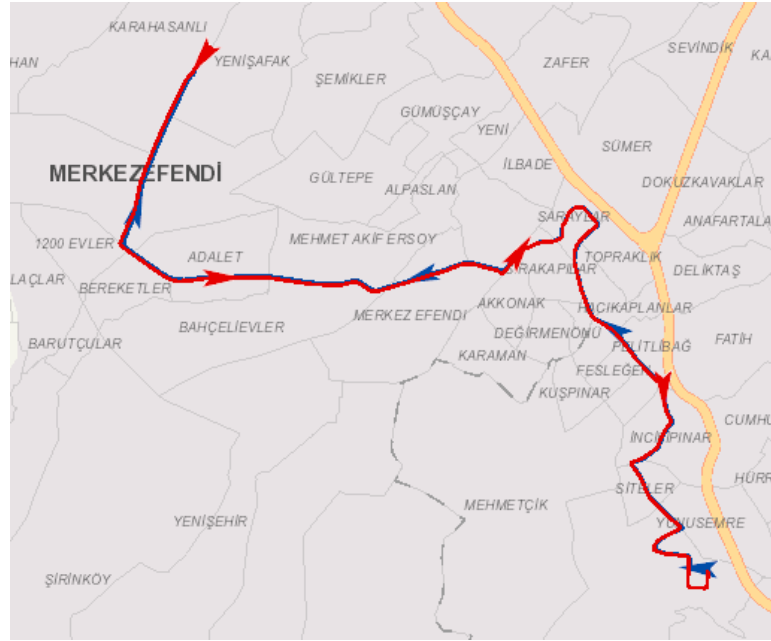
Denizli ili 1881 yılında kurulmuş ve 12 Kasım 2012 tarihi itibarıyla Büyükşehir yasa tasarısının kabul edilmesiyle birlikte Büyükşehir Belediyesi olmuştur. Şehrin 4 Şubat 2021 tarihi itibarıyla güncel nüfusu 1.040.915, yüz ölçümü ise 12.133 m² dir. Şehir merkezindeki nüfus ise 600 binden fazladır. Büyükşehir belediyelerine tanınan hak ile Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş. 16.01.2014 Tarihinde kurulmuş ve otobüs işletmesini 01.08.2014 tarihinde resmen devir almıştır. Yalnızca kent merkezine hizmet veren işletme 60 Adet 9 m, 62 adet 12 m ve 28 adet 18 m körüklü araçla birlikte toplam 150 araçla hizmete başlamıştır (Demirkollu, 2017).

Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş günümüzde şehrin coğrafi yapısı dahilinde mümkün olan birçok noktaya ulaşabilmek adına 42 hatla hizmet vermektedir. Bu tez kapsamında analiz edilmek üzere mevcut 42 hattın en uzun ve en yoğun hatlarından biri olan, birçok okul, hastane, iş merkezi, toplu konut bölgesinden geçen 320 Numaralı otobüs hattı seçilmiştir.

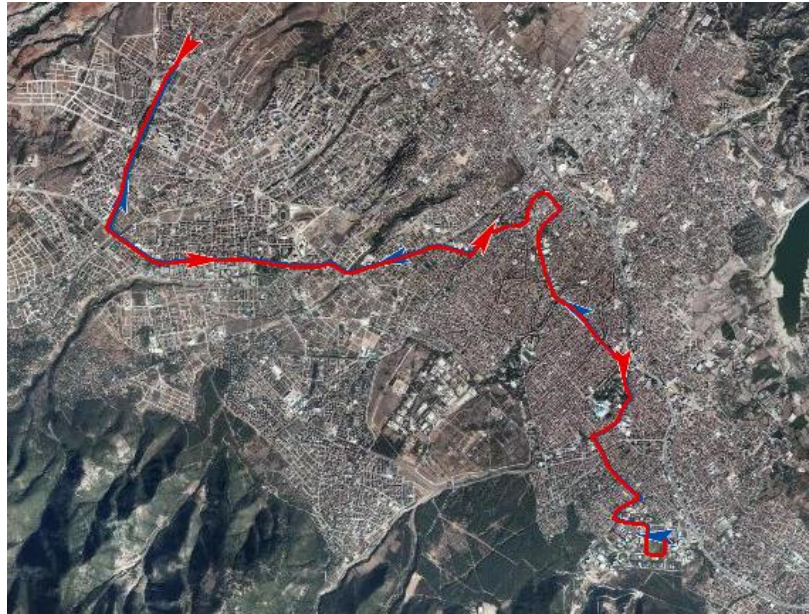
4.1.2 320 Numaralı Otobüs Hattının Mevcut Durumu

Bu çalışma kapsamında analiz edilmek üzere seçilen 320 Numaralı otobüs hattının güzergâhı üzerinde gidiş (kalkış Üniversite, varış Karahasanlı bölgesi) yönünde 50, dönüş (kalkış Karahasanlı, varış Üniversite bölgesi) yönünde 52 durak bulunmaktadır. Hat toplamda 17.4 km'dir. Şehrin en uzun ve yoğun olan bu hattı

üniversite, şehir merkezi, adliye, birçok okul, hastane, iş merkezi ve toplu konut bölgesinden geçmektedir. Hattın güzergahı Şekil 4.1 ve 4.2’de gösterilmiştir. Kırmızı oklar gidiş, mavi oklar dönüş yönünü göstermektedir (<http://www.denizliulasim.com.tr>).



Şekil 4.1:320 Numaralı Hattın Gidiş- Dönüş Güzergahı



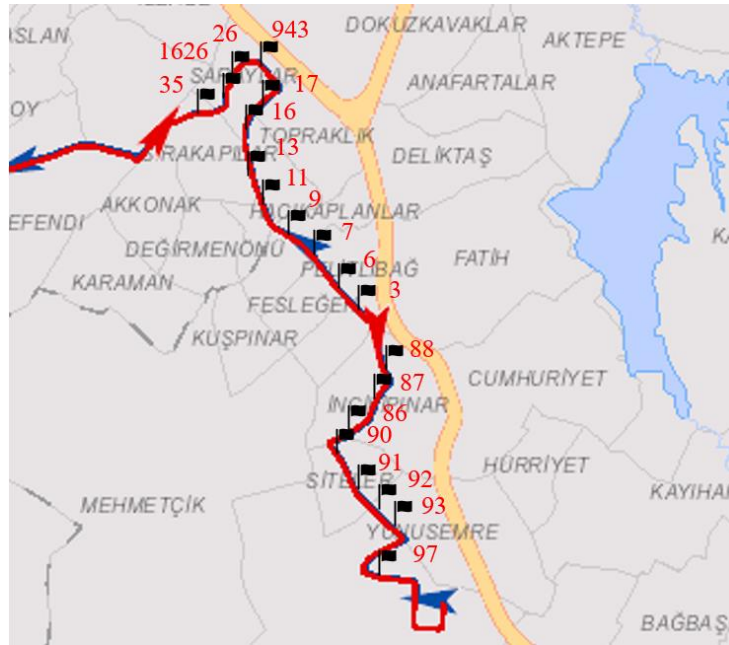
Şekil 4.2:320 Numaralı Hattın Gidiş- Dönüş Güzergahı

Çalışmada analiz için gidiş yönünde trafik ve yol geometrisinden en çok etkilenilen, yolcu biniş sayısı en fazla olan, yolcu alımı için durduktan sonra tekrar trafiğe katılımda zorluk çekilen ve en yoğun bölgelerde bulunan arterde 20 durak seçilmiştir. Seçilen durakların isimleri ve numaraları Tablo 4.1’ de listelenmiştir.

Tablo 4.1:320 Numaralı Hattın Gidiş Yönü Analizi İçin Seçilen Duraklar

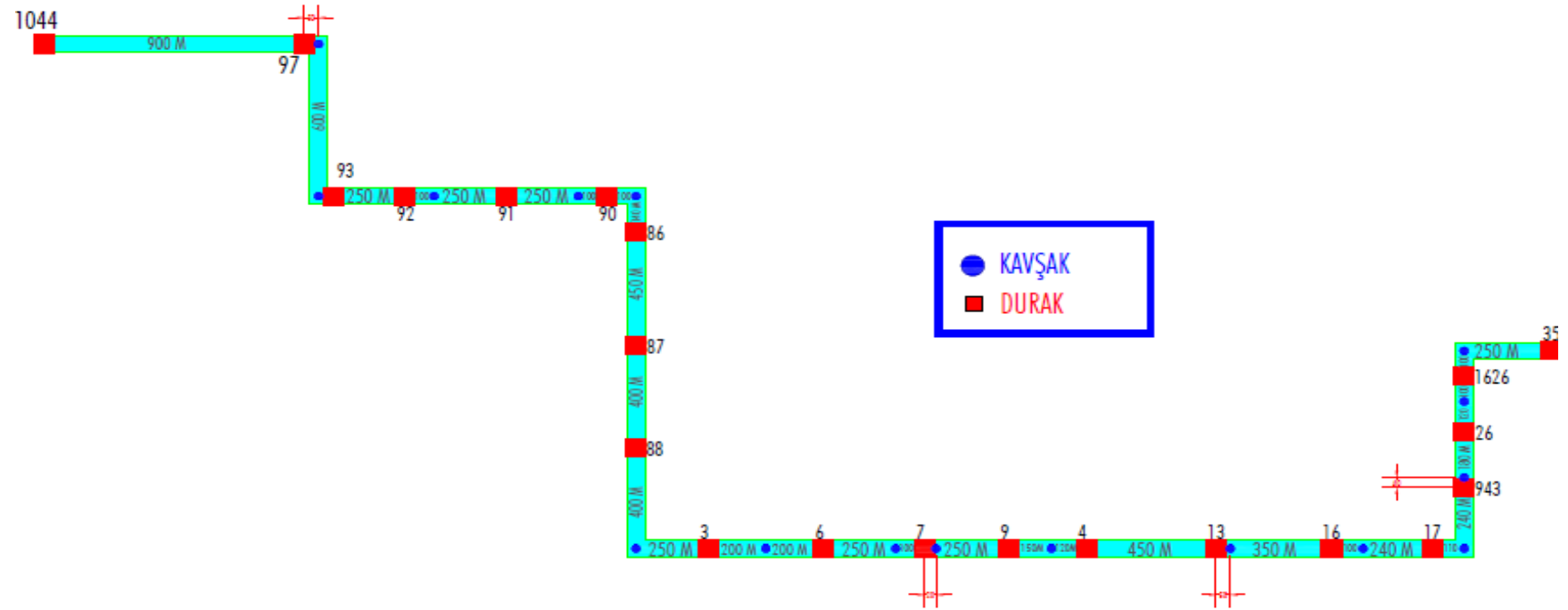
Durak No	Durak Adı	Durak No	Durak Adı
97	Atatürk E. M. L.	7	Sulu Köprü
93	Sırmalı Camii	9	Hürriyet Ortaokulu
92	Hacı Hüsrev Turgut Camii	11	Delikliçınar
91	Siteler Mahallesi	13	Merkezbankası
90	Cumartesi Pazarı	16	Valilik
86	Yenimahalle Camii	17	Halley Kavşağı
87	İncilipınar Yüzme Havuzu	943	Balık Hali
88	İncilipınar Parkı	26	Kale İçi Çarşısı
3	Merkez Ortaokulu	1626	Bayramyeri 367 Sokak Girişi
6	Allı Camii	35	Devlet Hastanesi Poliklinikleri

Seçilen durakların numaraları ve konumları Şekil 4.3’de bayrak simgesiyle gösterilmiştir.



Şekil 4.3:320 Numaralı Hattın Gidiş Yönü Analizi İçin Seçilen Duraklar

Şekil 4.4’te seçilen durakların ve güzergah üzerindeki kavşakların konumları, aralarındaki mesafeler şematik bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Analiz İçin Seçilen Durakların ve Güzergah Üzerindeki Kavşakların Birbirlerine Göre Konumlar

Seçilen durakların görselleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.24 arasında verilmiştir. Şekil 4.5’de gösterilen 97 Numaralı Atatürk E. M. L. Durağı üniversite ve lise bölgesinde yer almaktadır. 50 m ilerisinde bir sinyalize kavşak bulunmaktadır. 320 Numaralı otobüs güzergahı doğrultusunda bu kavşaktan sağa dönüş yapmaktadır.



Şekil 4.5:Gidiş güzergahında 97 Numaralı Atatürk E.M.L. Durağı

Şekil 4.6’da gösterilen 93 Numaralı Sırmalı Camii Durağından önce güzergah doğrultusunda iki adet sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasında 700 m bir önceki kavşakla arasında 50 m mesafe bulunmaktadır.



Şekil 4.6:Gidiş güzergahında 93 Numaralı Sırmalı Camii Durağı

Şekil 4.7' de gösterilen 92 Numaralı Hacı Hüsrev Turgut Camii Durağı bir önceki durakla aynı cadde üzerindedir. Bir önceki durakla arasında kavşak bulunmamaktadır, duraklar arasındaki mesafe 250 m'dir.



Şekil 4.7:Gidiş güzergahında 92 Numaralı Hacı Hüsrev Turgut Camii Durağı

Şekil 4.8' de gösterilen 91 Numaralı Siteler Mahallesi Durağının 250 m öncesinde ve sonrasında sinyalizasyon kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 350 m'dir.



Şekil 4.8:Gidiş güzergahında 91 Numaralı Siteler Mahallesi Durağı

Şekil 4.9’ da gösterilen 90 Numaralı Cumartesi Pazarı Durağının 100 m öncesinde ve sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 350 m’dir.



Şekil 4.9:Gidiş güzergahında 90 Numaralı Cumartesi Pazarı Durağı

Şekil 4. 10’ da gösterilen 86 Numaralı Yenimahalle Camii Durağının 140 m öncesinde sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 240 m’dir.



Şekil 4.10:Gidiş güzergahında 86 Numaralı Yenimahalle Camii Durağı

Şekil 4. 11' de gösterilen 87 Numaralı İncilipınar Yüzme Havuzu Durağının öncesinde ve sonrasında kavşak bulunmamaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 450 m'dir.



Şekil 4.11:Gidiş güzergahında 87 Numaralı İncilipınar Yüzme Havuzu Durağı

Şekil 4. 12' de gösterilen 88 Numaralı İncilipınar Parkı Durağının 400 m sonrasında sinyalizasyon kavşak bulunmamaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 400 m'dir.



Şekil 4.12:Gidiş güzergahında 88 Numaralı İncilipınar Parkı Durağı

Şekil 4. 13' de gösterilen 3 Numaralı Merkez Ortaokulu Durağının 200 m sonrasında ve 250 m öncesinde sinyalize kavşak bulunmamaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 650 m'dir.



Şekil 4.13:Gidiş güzergahında 3 Numaralı Merkez Ortaokulu Durağı

Şekil 4. 14'te gösterilen 6 Numaralı Allı Cami Durağının 200 m öncesinde ve 250 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 400 m'dir.



Şekil 4.14:Gidiş güzergahında 6 Numaralı Allı Camii Durağı

Şekil 4.15'te gösterilen 7 Numaralı Sulu Köprü Durağının 100 m öcesi ve 20 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 350 m'dir



Şekil 4.15:Gidiş güzergahında 7 Numaralı Sulu Köprü Durağı

Şekil 4.16'da gösterilen 9 Numaralı Hürriyet Ortaokulu Durağının 250 m öcesi ve 150 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 270 m'dir.



Şekil 4.16:Gidiş güzergahında 9 Numaralı Hürriyet Ortaokulu Durağı

Şekil 4.17’de gösterilen 11 Numaralı Delikliçınar Durağının 120 m öcesinde sinyalize kavşak bulunmamaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 270 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir ve özel araç trafiğine kapalıdır.



Şekil 4.17:Gidiş güzergahında 11 Numaralı Delikliçınar Durağı

Şekil 4.18’de gösterilen 13 Numaralı Merkez Bankası Durağının öncesinde ve sonrasında sinyalize kavşak bulunmamaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 270 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir ve özel araç trafiğine kapalıdır.



Şekil 4.18:Gidiş güzergahında 13 Numaralı Merkez Bankası Durağı

Şekil 4.19’de gösterilen 16 Numaralı Valilik Durağının 350 m öcesinde ve 110 m sonrasında sinyalizasyon kavşakı bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 400 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir.



Şekil 4.19:Gidiş güzergahında 16 Numaralı Valilik Durağı

Şekil 4.20’de gösterilen 17 Numaralı Halley İş Merkezi Durağının 240 m öcesinde ve 110 m sonrasında sinyalizasyon kavşakı bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 350 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir.



Şekil 4.20:Gidiş güzergahında 17 Numaralı Halley İş Merkezi Durağı

Şekil 4.21’de gösterilen 943 Numaralı Balık Hali Durağının 240 m öcesinde ve 40 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 350 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir.



Şekil 4.21:Gidiş güzergahında 943 Numaralı Balık Hali Durağı

Şekil 4.22’de gösterilen 26 Numaralı Kaleiçi Çarşısı Durağının 180 m öcesinde ve 120 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 220 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir.



Şekil 4.22:Gidiş güzergahında 26 Numaralı Kaleiçi Çarşısı Durağı

Şekil 4.23’de gösterilen 1626 Numaralı Bayramyeri 367 Sokak Girişi Durağının 100 m öcesinde ve 100 m sonrasında sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 220 m’dir. Durağın bulunduğu konum şehir merkezidir.



Şekil 4.23:Gidiş güzergahında 1626 Numaralı Bayramyeri 367 Sokak Girişi Durağı

Şekil 4.24’de gösterilen 35 Numaralı Devlet Hastanesi Poliklinikleri Durağının 300 m öcesinde sinyalize kavşak bulunmaktadır. Bir önceki durakla arasındaki mesafe 400 m’dir. Durağın bulunduğu konum hastane bölgesidir.



Şekil 4.24:Gidiş güzergahında 35 Numaralı Devlet Hastanesi Poliklinikleri Durağı

Çalışmada analizler için zirve saatler adına sabah zirve saat periyodu olarak 07:00–09:00, akşam zirve saat periyodu olarak 16:00-18:00 saat aralıkları seçilmiştir. Zirve saat dışı için zirve saat dışı – 1 periyodu olarak 09:00-11:00, zirve saat dışı – 2 periyodu olarak 14:00-16:00 saat aralıkları seçilmiştir. Seçilen seferlerin belirlenen periyotlara göre sınıflandırılmış halleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4. 2:Belirlenen Aralıklara Denk Gelen Sefer Saatleri

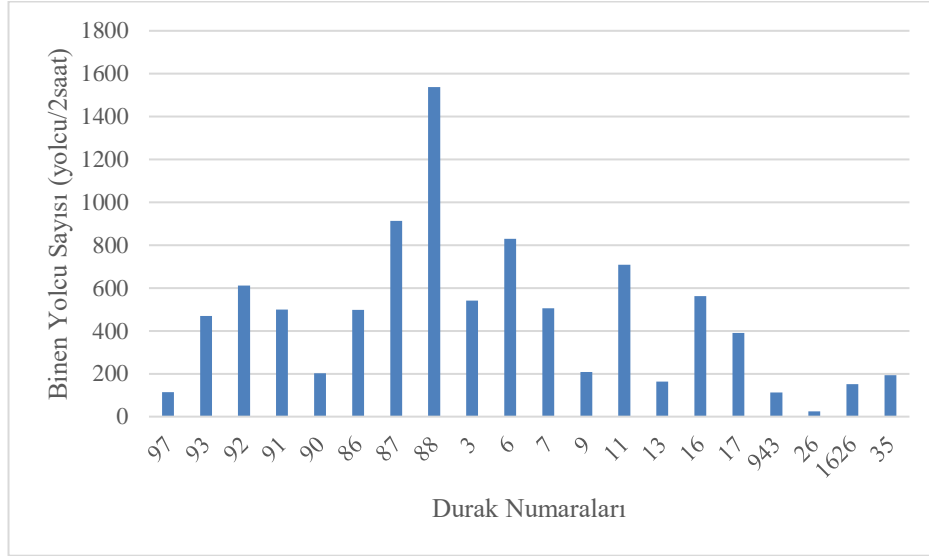
	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat-1	Zirve Dışı Saat-2
SEFER SAATLERİ	07:10	16:20	09:15	14:05
	07:30	16:45	09:40	14:40
	07:45	17:10	10:05	15:05
	08:00	17:35	10:30	15:30
	08:25	18:00	10:55	15:55
	08:50			

Seçilen duraklara belirlenen periyotlarda binen yolcu sayıları elektronik kart verileri yardımıyla elde edilmiş ve Tablo 4.3’de verilmiştir.

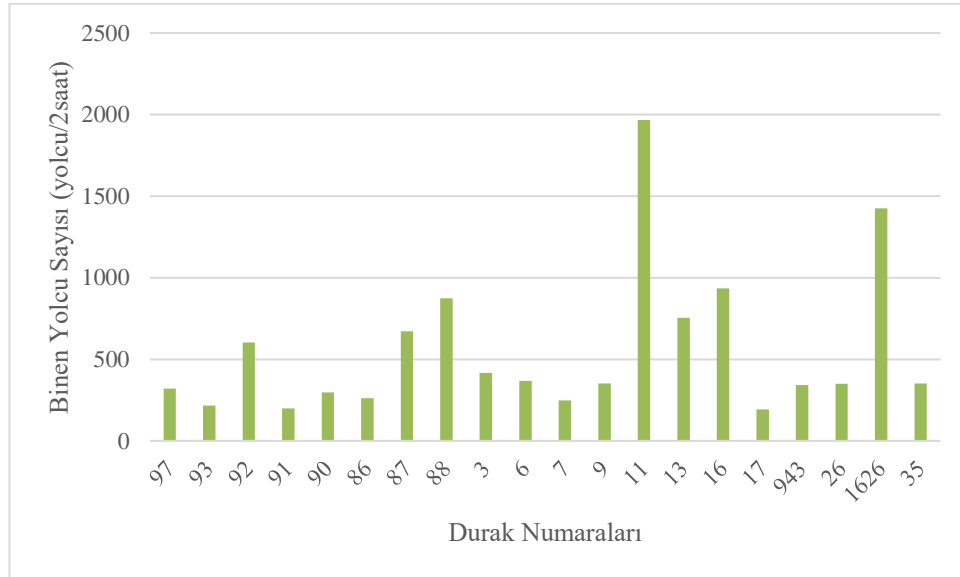
Tablo 4.3:Periyotlara Göre Duraklarda Binen Yolcu Sayıları (Yolcu/2 Saat)

Durak No	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat-1	Zirve Dışı Saat-2
97	115	321	105	254
93	469	217	334	230
92	611	603	797	704
91	500	198	379	268
90	203	297	294	337
86	498	261	495	415
87	914	671	847	631
88	1537	874	1468	1149
3	542	417	554	345
6	829	367	701	525
7	506	248	388	302
9	209	351	150	304
11	708	1966	960	1531
13	164	755	267	598
16	562	935	826	800
17	391	193	113	151
943	113	343	231	216
26	25	350	194	361
1626	151	1425	815	1399
35	193	351	433	472

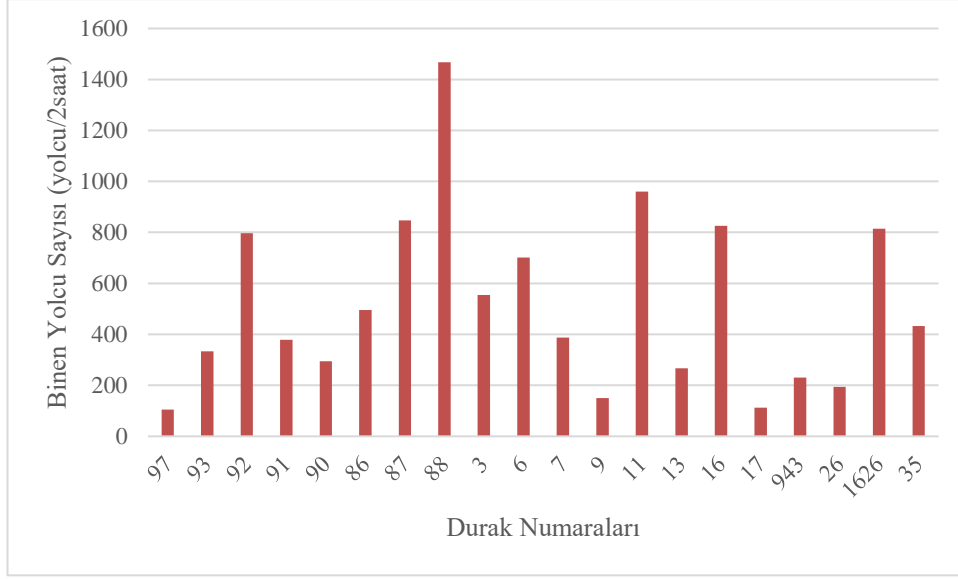
Şekil 4.25 - 4.28’de belirlenen periyotlara göre duraklarda binen yolcu sayılarının grafikleri verilmiştir.



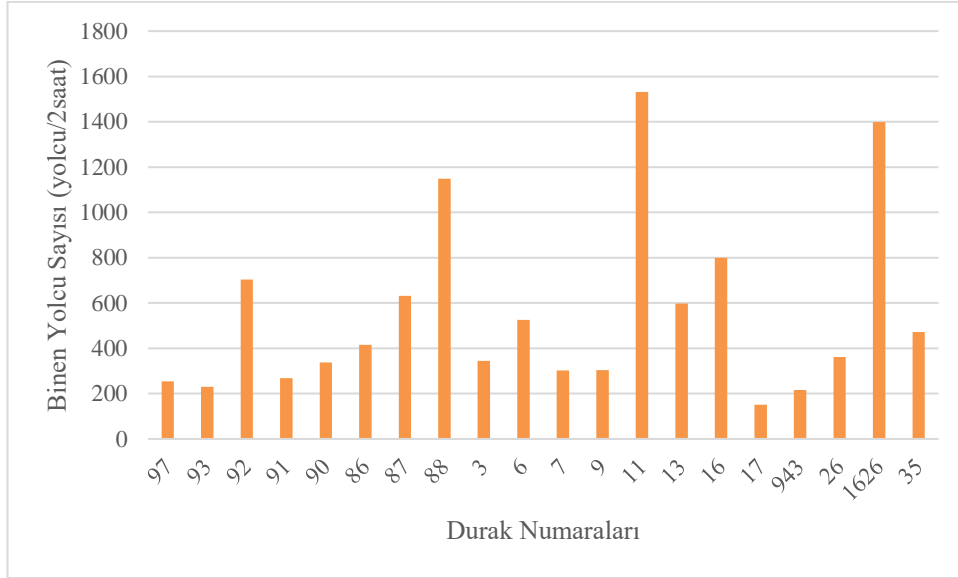
Şekil 4.25: Sabah Zirve Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları



Şekil 4.26: Akşam Zirve Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları



Şekil 4.27:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları



Şekil 4.28:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Duraklarda Binen Yolcu Sayıları

Tablo 4.3, Şekil 4.25 - 4.28' de de görüldüğü gibi yolcu talebi zirve saat ya da zirve saat dışına göre belirli bir değişiklik göstermemektedir.

4.1.3 Duraklara Giriş Saatleri ve Seyahat Süreleri

Çalışma kapsamında seçilen her durak için 01.07.2020-30.08.2020 tarihleri arasındaki duraklara giriş-çıkış saati, durakta bekleme ve duraktan binen yolcu sayısı verileri Denizli Ulaşım A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Hafta sonları, resmî tatiller ve eksik verilerin bulunduğu günler çıkarılarak duraklara giriş saatleri düzenlenmiştir. Örnek olarak akşam zirve saat periyodundan 18:00 seferinin duraklara giriş saatleri Tablo 4.4 - 4.7' de verilmiştir. Her bir satır analiz için seçilen günleri, sütunlar ise durakları temsil etmektedir. Tablo 4.4 - 4.7 verilerin Temmuz ayı ilk 10 durak, Temmuz ayı ikinci 10 durak, Ağustos ayı ilk 10 durak ve Ağustos ayı ikinci 10 durak olarak ayrılmış halidir.

Tablo 4.4 - 4.7'deki veriler başlangıç durağından belirlenen durağa girene kadar geçen süreler saniyeye çevrilerek Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da verilmiştir.

Belirlenen periyotlara göre ayrılan kalan 20 sefer için aynı adımlar uygulanmış ve veriler aynı formatta elde edilmiştir.

Tablo 4.4 - 4.7'de görüldüğü gibi aynı güzergah üzerinde aynı sefer saatlerinde hareket eden 320 Numaralı otobüs belirlenen duraklara her gün aynı saatte giriş yapamamıştır.

Tablo 4.4: Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (İlk 10 Durak)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI										
	1044	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
1.07.2020	18:00:00	18:03:30	18:06:17	18:07:01	18:08:11	18:09:53	18:11:01	18:11:37	18:12:31	18:17:20	18:20:35
2.07.2020	18:00:00	18:01:44	18:04:06	18:04:42	18:06:03	18:07:37	18:08:41	18:09:39	18:10:34	18:12:38	18:13:55
3.07.2020	18:00:00	18:01:23	18:03:09	18:03:53	18:06:13	18:07:45	18:08:51	18:09:39	18:10:35	18:12:43	18:14:05
6.07.2020	18:00:00	18:01:24	18:04:09	18:04:45	18:06:09	18:07:39	18:08:25	18:09:19	18:10:23	18:12:45	18:14:05
7.07.2020	18:00:00	18:00:56	18:03:16	18:04:06	18:06:12	18:07:40	18:08:10	18:09:06	18:10:08	18:12:56	18:13:59
8.07.2020	18:00:00	18:01:33	18:04:12	18:04:56	18:06:22	18:07:42	18:08:51	18:09:31	18:10:33	18:12:43	18:14:15
13.07.2020	18:00:00	18:01:37	18:03:16	18:03:59	18:05:14	18:07:44	18:08:44	18:09:06	18:10:31	18:13:04	18:14:21
14.07.2020	18:00:00	18:01:27	18:03:23	18:04:07	18:05:26	18:07:52	18:09:03	18:09:53	18:10:45	18:12:56	18:14:25
16.07.2020	18:00:00	18:01:20	18:03:27	18:03:55	18:05:16	18:07:50	18:08:39	18:09:15	18:10:18	18:12:57	18:14:09
17.07.2020	18:00:00	18:00:33	18:03:28	18:04:07	18:05:19	18:05:55	18:06:49	18:07:49	18:08:43	18:10:45	18:12:03
20.07.2020	18:00:00	18:01:26	18:04:16	18:04:59	18:06:17	18:07:49	18:08:35	18:09:19	18:10:30	18:12:44	18:14:10
21.07.2020	18:00:00	18:01:29	18:03:32	18:04:13	18:05:34	18:06:07	18:07:00	18:08:02	18:09:16	18:10:51	18:12:16
22.07.2020	18:00:00	18:04:11	18:05:52	18:06:38	18:08:51	18:10:28	18:11:21	18:12:21	18:13:13	18:15:46	18:17:00
23.07.2020	18:00:00	18:02:08	18:04:40	18:05:20	18:06:40	18:08:18	18:09:02	18:09:38	18:10:40	18:13:12	18:14:26
24.07.2020	18:00:00	18:02:00	18:04:47	18:05:21	18:06:34	18:08:04	18:09:11	18:10:05	18:11:06	18:13:22	18:14:42
27.07.2020	18:00:00	18:03:04	18:04:50	18:05:12	18:06:53	18:08:12	18:09:40	18:10:36	18:11:37	18:13:30	18:16:48
29.07.2020	18:00:00	18:07:26	18:09:28	18:10:27	18:11:55	18:13:14	18:14:32	18:15:30	18:16:24	18:20:38	18:23:43
30.07.2020	18:00:00	18:01:41	18:03:58	18:04:20	18:05:51	18:06:25	18:07:41	18:08:35	18:09:41	18:11:24	18:12:36

Tablo 4.5: Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (Son 10 Durak)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI									
	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
1.07.2020	18:21:45	18:22:45	18:24:47	18:26:31	18:27:57	18:29:47	18:32:36	18:33:49	18:35:28	18:38:34
2.07.2020	18:16:39	18:18:15	18:19:54	18:21:17	18:22:56	18:25:54	18:28:12	18:30:09	18:31:01	18:33:30
3.07.2020	18:14:57	18:15:41	18:17:57	18:19:25	18:20:40	18:22:09	18:25:41	18:27:59	18:29:26	18:31:40
6.07.2020	18:14:53	18:15:51	18:17:40	18:19:01	18:20:17	18:22:02	18:25:21	18:27:33	18:28:59	18:31:47
7.07.2020	18:15:12	18:16:02	18:18:01	18:19:30	18:20:38	18:22:12	18:24:52	18:26:04	18:27:00	18:29:25
8.07.2020	18:14:59	18:16:00	18:17:49	18:19:35	18:20:38	18:22:03	18:24:56	18:26:14	18:27:58	18:30:33
13.07.2020	18:16:59	18:17:46	18:20:20	18:22:08	18:23:22	18:26:00	18:27:18	18:29:40	18:31:26	18:33:00
14.07.2020	18:15:09	18:15:46	18:18:10	18:19:38	18:20:57	18:22:27	18:26:59	18:29:22	18:30:19	18:32:52
16.07.2020	18:14:53	18:15:53	18:20:42	18:22:26	18:23:37	18:26:09	18:29:41	18:30:35	18:31:56	18:34:06
17.07.2020	18:12:57	18:13:42	18:15:44	18:17:24	18:18:43	18:22:03	18:24:53	18:26:11	18:27:22	18:30:05
20.07.2020	18:16:55	18:17:49	18:20:19	18:21:54	18:23:04	18:24:21	18:26:59	18:29:34	18:31:06	18:32:58
21.07.2020	18:14:54	18:15:58	18:18:30	18:19:54	18:21:12	18:22:32	18:24:12	18:25:56	18:27:44	18:30:19
22.07.2020	18:17:46	18:18:44	18:20:49	18:22:40	18:24:09	18:26:32	18:29:35	18:31:05	18:32:10	18:34:24
23.07.2020	18:15:25	18:16:23	18:18:00	18:19:24	18:20:54	18:22:45	18:26:16	18:29:45	18:30:56	18:33:15
24.07.2020	18:15:34	18:16:48	18:18:25	18:20:10	18:22:06	18:24:27	18:28:01	18:29:07	18:30:27	18:32:15
27.07.2020	18:18:08	18:19:04	18:23:04	18:24:52	18:26:30	18:28:42	18:31:14	18:33:44	18:35:58	18:37:37
29.07.2020	18:24:45	18:25:34	18:26:19	18:28:00	18:30:02	18:32:52	18:41:31	18:44:05	18:45:27	18:47:28
30.07.2020	18:15:15	18:16:09	18:18:23	18:19:46	18:21:11	18:22:53	18:24:59	18:26:40	18:28:15	18:30:27

Tablo 4.6:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (İlk 10 Durak)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI										
	1044	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
4.08.2020	18:00:00	18:01:29	18:04:02	18:04:25	18:06:02	18:06:33	18:07:23	18:08:30	18:09:41	18:13:38	18:15:02
5.08.2020	18:00:00	18:01:18	18:03:41	18:04:26	18:05:51	18:06:17	18:07:06	18:08:04	18:08:55	18:13:18	18:16:47
6.08.2020	18:00:00	18:01:56	18:03:26	18:03:48	18:05:01	18:06:17	18:07:32	18:08:30	18:09:39	18:11:38	18:12:52
7.08.2020	18:00:00	18:01:26	18:03:44	18:04:28	18:06:04	18:06:38	18:07:38	18:08:20	18:09:56	18:13:42	18:14:56
10.08.2020	18:00:00	18:01:36	18:04:16	18:05:10	18:06:09	18:08:38	18:09:34	18:10:34	18:11:16	18:13:56	18:15:13
11.08.2020	18:00:00	18:01:14	18:02:46	18:03:32	18:04:48	18:06:32	18:07:31	18:08:56	18:10:02	18:13:46	18:15:04
12.08.2020	18:00:00	18:01:27	18:03:16	18:04:02	18:05:25	18:06:59	18:07:57	18:09:07	18:10:12	18:13:52	18:15:16
13.08.2020	18:00:00	18:02:02	18:04:18	18:05:02	18:06:18	18:08:46	18:10:30	18:11:39	18:12:52	18:16:18	18:17:26
17.08.2020	18:00:00	18:01:47	18:04:23	18:05:01	18:06:25	18:08:59	18:09:41	18:10:47	18:11:53	18:14:13	18:15:29
18.08.2020	18:00:00	18:01:51	18:03:17	18:03:57	18:05:07	18:06:26	18:06:54	18:07:32	18:08:26	18:11:34	18:12:42
19.08.2020	18:00:00	18:01:04	18:03:32	18:04:22	18:05:17	18:07:00	18:07:54	18:09:02	18:10:23	18:11:53	18:13:10
21.08.2020	18:00:00	18:01:11	18:03:27	18:03:53	18:05:21	18:06:47	18:07:57	18:09:09	18:10:17	18:14:07	18:15:29
24.08.2020	18:00:00	18:02:29	18:04:43	18:05:26	18:06:50	18:09:06	18:10:30	18:11:32	18:12:34	18:16:31	18:19:56
25.08.2020	18:00:00	18:01:21	18:02:38	18:03:08	18:05:18	18:06:48	18:07:07	18:08:09	18:09:05	18:11:57	18:13:07
26.08.2020	18:00:00	18:03:06	18:04:48	18:05:08	18:06:41	18:07:14	18:08:25	18:09:03	18:10:06	18:12:12	18:13:18
27.08.2020	18:00:00	18:03:01	18:04:47	18:05:30	18:06:48	18:07:18	18:08:19	18:08:55	18:09:55	18:12:10	18:13:20

Tablo 4.7:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinin Gidiş Yönünde Duraklara Giriş Saatleri (Son 10 Durak)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI									
	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
4.08.2020	18:17:43	18:18:38	18:21:12	18:22:58	18:24:17	18:26:52	18:30:00	18:32:05	18:33:36	18:35:52
5.08.2020	18:17:45	18:18:39	18:22:08	18:23:32	18:25:27	18:26:38	18:31:26	18:33:53	18:35:18	18:37:14
6.08.2020	18:15:32	18:16:22	18:17:18	18:18:56	18:20:08	18:21:42	18:24:31	18:27:13	18:28:57	18:30:47
7.08.2020	18:17:48	18:18:42	18:19:34	18:21:40	18:22:57	18:24:20	18:26:52	18:28:01	18:29:14	18:31:50
10.08.2020	18:16:09	18:17:12	18:19:06	18:20:50	18:22:02	18:25:22	18:28:05	18:30:31	18:32:20	18:34:41
11.08.2020	18:16:14	18:17:02	18:18:21	18:20:10	18:21:48	18:23:33	18:25:26	18:27:02	18:28:04	18:29:50
12.08.2020	18:18:17	18:19:22	18:21:23	18:23:15	18:24:41	18:27:07	18:28:40	18:31:14	18:32:48	18:34:48
13.08.2020	18:20:22	18:21:36	18:23:40	18:25:18	18:26:58	18:29:19	18:32:38	18:35:03	18:36:42	18:38:48
17.08.2020	18:18:01	18:18:37	18:21:34	18:23:30	18:24:39	18:27:23	18:29:51	18:31:33	18:33:05	18:36:09
18.08.2020	18:13:51	18:14:43	18:16:38	18:18:36	18:20:16	18:22:03	18:24:25	18:25:47	18:27:14	18:29:53
19.08.2020	18:16:12	18:17:02	18:19:15	18:21:07	18:22:24	18:25:23	18:28:11	18:29:58	18:31:31	18:33:15
21.08.2020	18:16:26	18:17:25	18:19:15	18:20:45	18:22:19	18:25:31	18:28:19	18:29:47	18:31:31	18:34:15
24.08.2020	18:21:09	18:21:55	18:24:02	18:25:31	18:27:01	18:29:31	18:32:11	18:33:53	18:34:50	18:37:15
25.08.2020	18:15:58	18:16:38	18:19:22	18:20:57	18:23:09	18:25:31	18:29:10	18:31:15	18:33:11	18:35:41
26.08.2020	18:14:22	18:15:12	18:16:59	18:18:48	18:20:44	18:23:49	18:25:22	18:27:32	18:29:02	18:31:35
27.08.2020	18:14:11	18:14:59	18:17:24	18:18:53	18:20:01	18:21:48	18:24:22	18:26:26	18:27:38	18:29:30

Tablo 4.8: Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklara Girişler Arası Geçen Seyahat Süreleri (sn)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI																			
	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
1.07.2020	210	377	421	491	593	661	697	751	1040	1235	1305	1365	1487	1591	1677	1787	1956	2029	2128	2314
2.07.2020	104	246	282	363	457	521	579	634	758	835	999	1095	1194	1277	1376	1554	1692	1809	1861	2010
3.07.2020	83	189	233	373	465	531	579	635	763	845	897	941	1077	1165	1240	1329	1541	1679	1766	1900
6.07.2020	84	249	285	369	459	505	559	623	765	845	893	951	1060	1141	1217	1322	1521	1653	1739	1907
7.07.2020	56	196	246	372	460	490	546	608	776	839	912	962	1081	1170	1238	1332	1492	1564	1620	1765
8.07.2020	93	252	296	382	462	531	571	633	763	855	899	960	1069	1175	1238	1323	1496	1574	1678	1833
13.07.2020	97	196	239	314	464	524	546	631	784	861	1019	1066	1220	1328	1402	1560	1638	1780	1886	1980
14.07.2020	87	203	247	326	472	543	593	645	776	865	909	946	1090	1178	1257	1347	1619	1762	1819	1972
16.07.2020	80	207	235	316	470	519	555	618	777	849	893	953	1242	1346	1417	1569	1781	1835	1916	2046
17.07.2020	33	208	247	319	355	409	469	523	645	723	777	822	944	1044	1123	1323	1493	1571	1642	1805
20.07.2020	86	256	299	377	469	515	559	630	764	850	1015	1069	1219	1314	1384	1461	1619	1774	1866	1978
21.07.2020	89	212	253	334	367	420	482	556	651	736	894	958	1110	1194	1272	1352	1452	1556	1664	1819
22.07.2020	251	352	398	531	628	681	741	793	946	1020	1066	1124	1249	1360	1449	1592	1775	1865	1930	2064
23.07.2020	128	280	320	400	498	542	578	640	792	866	925	983	1080	1164	1254	1365	1576	1785	1856	1995
24.07.2020	120	287	321	394	484	551	605	666	802	882	934	1008	1105	1210	1326	1467	1681	1747	1827	1935
27.07.2020	184	290	312	413	492	580	636	697	810	1008	1088	1144	1384	1492	1590	1722	1874	2024	2158	2257
29.07.2020	446	568	627	715	794	872	930	984	1238	1423	1485	1534	1579	1680	1802	1972	2491	2645	2727	2848
30.07.2020	101	238	260	351	385	461	515	581	684	756	915	969	1103	1186	1271	1373	1499	1600	1695	1827

Tablo 4.9:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklara Girişler Arası Geçen Seyahat Süreleri (sn)

18:00 SEFERİ	DURAK NUMARALARI																			
	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
4.08.2020	89	242	265	362	393	443	510	581	818	902	1063	1118	1272	1378	1457	1612	1800	1925	2016	2152
5.08.2020	78	221	266	351	377	426	484	535	798	1007	1065	1119	1328	1412	1527	1598	1886	2033	2118	2234
6.08.2020	116	206	228	301	377	452	510	579	698	772	932	982	1038	1136	1208	1302	1471	1633	1737	1847
7.08.2020	86	224	268	364	398	458	500	596	822	896	1068	1122	1174	1300	1377	1460	1612	1681	1754	1910
10.08.2020	96	256	310	369	518	574	634	676	836	913	969	1032	1146	1250	1322	1522	1685	1831	1940	2081
11.08.2020	74	166	212	288	392	451	536	602	826	904	974	1022	1101	1210	1308	1413	1526	1622	1684	1790
12.08.2020	87	196	242	325	419	477	547	612	832	916	1097	1162	1283	1395	1481	1627	1720	1874	1968	2088
13.08.2020	122	258	302	378	526	630	699	772	978	1046	1222	1296	1420	1518	1618	1759	1958	2103	2202	2328
17.08.2020	107	263	301	385	539	581	647	713	853	929	1081	1117	1294	1410	1479	1643	1791	1893	1985	2169
18.08.2020	111	197	237	307	386	414	452	506	694	762	831	883	998	1116	1216	1323	1465	1547	1634	1793
19.08.2020	64	212	262	317	420	474	542	623	713	790	972	1022	1155	1267	1344	1523	1691	1798	1891	1995
21.08.2020	71	207	233	321	407	477	549	617	847	929	986	1045	1155	1245	1339	1531	1699	1787	1891	2055
24.08.2020	149	283	326	410	546	630	692	754	991	1196	1269	1315	1442	1531	1621	1771	1931	2033	2090	2235
25.08.2020	81	158	188	318	408	427	489	545	717	787	958	998	1162	1257	1389	1531	1750	1875	1991	2141
26.08.2020	186	288	308	401	434	505	543	606	732	798	862	912	1019	1128	1244	1429	1522	1652	1742	1895
27.08.2020	181	287	330	408	438	499	535	595	730	800	851	899	1044	1133	1201	1308	1462	1586	1658	1770

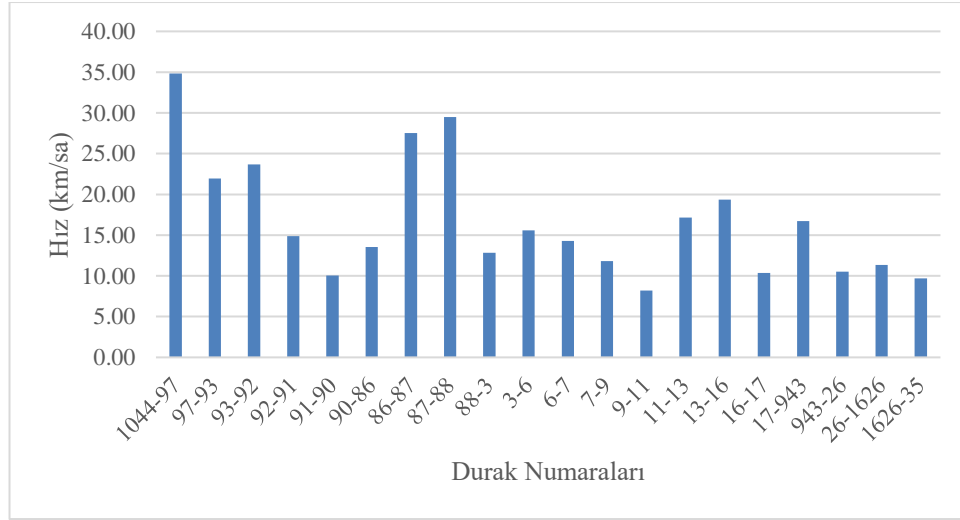
Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da seyahat süresi olarak düzenlenen verilerde görüldüğü gibi aynı güzergah üzerinde aynı sefer saatlerinde hareket eden 320 Numaralı otobüsün başlangıç durağından belirlenen duraklara giriş yapılan saate kadar geçen seyahat süreleri farklılık göstermektedir.

Denizli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım A.Ş. otobüs işletmeciliğinde her durağa giriş saati için ayrı bir sabit zaman çizelgesi bulunmamaktadır. Sadece kalkış durağı için sabit bir zaman çizelgesi planlanmıştır. Bu tez çalışmasında durak bazlı sabit zaman çizelgesi bulunmadığından duraklara girişte en sık tekrarlanan saatler sabit olarak kabul edilmiştir. Sabit kabul edilen seyahat sürelerinden faydalanılarak her bir sefer için 320 Numaralı otobüsün duraklar arası hızları hesaplanmıştır. Sabah zirve saat periyodu, akşam zirve saat periyodu, zirve dışı saat-1 periyodu ve zirve dışı saat-2 periyodu aralığında bulunan seferlerin duraklar arası hızlarının ortalaması alınmıştır. Hesaplanan duraklar arası hız değerleri Tablo 4.10’da verilmiştir.

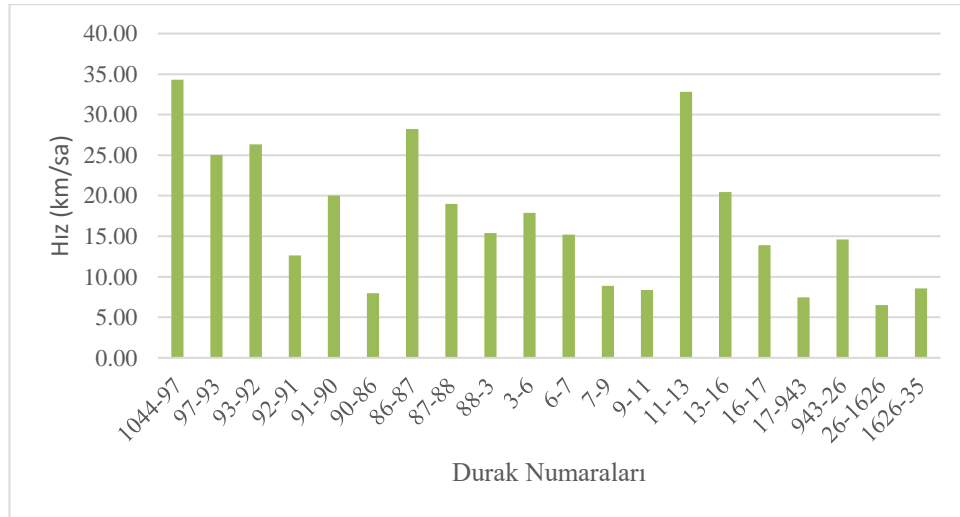
Tablo 4. 10:Periyotlara Göre Duraklar Arası Hızlar (km/s)

DURAK NO	DURAKLAR ARASI HIZLAR (km/s)			
	SABAH ZİRVE SAAT	AKŞAM ZİRVE SAAT	ZİRVE DIŞI SAAT-1	ZİRVE DIŞI SAAT-2
1044-97	34.84	39.04	34.47	34.32
97-93	21.94	22.22	22.34	25.05
93-92	23.68	17.11	22.84	26.32
92-91	14.88	16.67	17.36	12.63
91-90	10.04	11.41	11.52	20.00
90-86	13.54	12.17	19.55	7.99
86-87	27.54	35.22	27.65	28.22
87-88	29.49	21.24	20.22	19.00
88-3	12.82	13.39	17.75	15.42
3-6	15.57	15.03	9.28	17.87
6-7	14.29	15.63	15.75	15.22
7-9	11.83	10.85	18.84	8.88
9-11	8.21	11.10	15.99	8.35
11-13	17.14	14.57	20.51	32.79
13-16	19.37	11.23	16.98	20.45
16-17	10.36	10.59	9.39	13.91
17-943	16.71	14.55	8.79	7.46
943-26	10.51	14.35	13.29	14.62
26-1626	11.34	7.49	4.07	6.49
1626-35	9.69	10.17	11.88	8.55

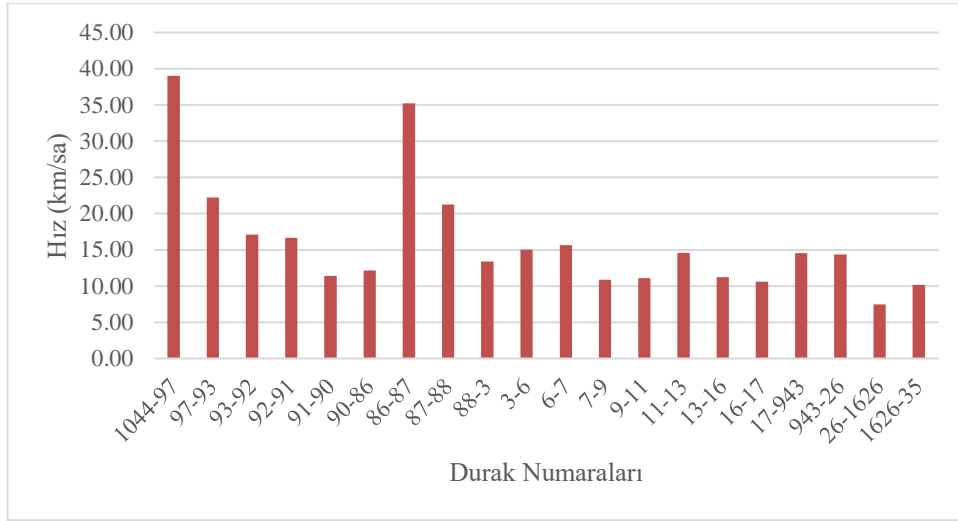
Şekil 4.29 - 4.32’de belirlenen periyotlara göre duraklar arası hız grafikleri verilmiştir.



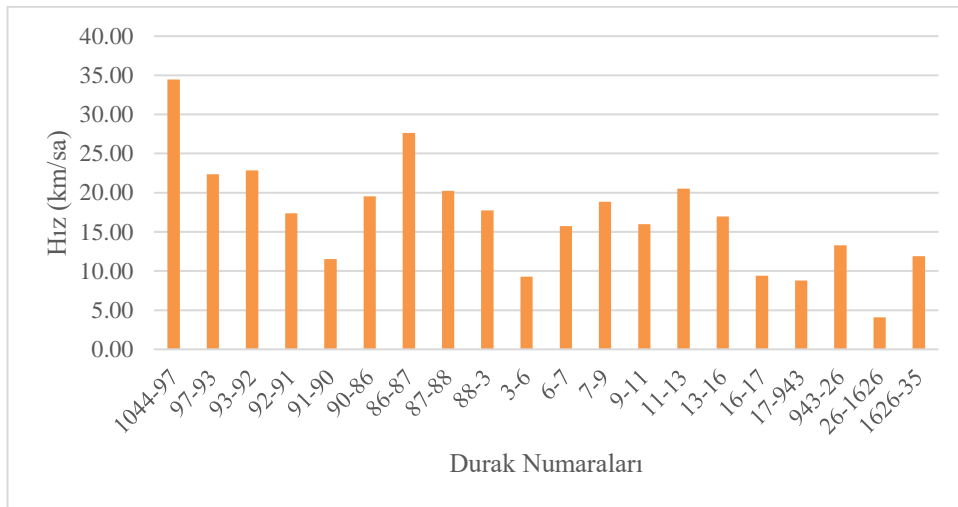
Şekil 4.29: Sabah Zirve Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)



Şekil 4.30: Akşam Zirve Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)



Şekil 4.31:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)



Şekil 4.32:Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Duraklar Arası Hızlar (km/s)

Tablo 4.10 - 4.32’de de görüldüğü gibi duraklar arasında kavşak bulunup bulunmadığında ve trafik koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin aralarında bir sinyalizasyon kavşak bulunan 91 ve 90 numaralı duraklar arasında hızların ortalaması 13,24 km/s iken, aralarında kavşak bulunmayan 86 ve 87 numaralı duraklar arasında ortalama hız 29,66 km/s’e kadar çıktığı gözlemlenmiştir.

4.1.4 Duraklara Giriş Yapılması Gereken Saatten Sapmalar

Daha önce yapılan çalışmalarda güvenilirlik hesaplamak amacıyla genellikle belirli bir rotadaki seyahat süresi değişikliğinin dağılımları incelenmiştir. Fakat bu çalışmada baz alınacak veriler seyahat süresi değişikliği verileri değil, duraklarda bulunulması gereken saatlerden erken gelinen ya da geç kalınan süreler olarak belirlenmiştir. Bu erken gelinen ya da geç kalan süreler belirlenen her bir durağa gelişte en çok tekrar eden varış saatinden diğer varış saatlerinin çıkarılmasıyla hesaplanır. Temmuz ve Ağustos verileri tek bir sütunda toplanıp tek veri seti gibi varsayılmıştır. Örneğin 320 Numaralı otobüs 01.07.2020 tarihinde 18:00 seferinde 97 numaralı Atatürk E. M. L. durağına kalkıştan 210 saniye, 03.07.2020 tarihinde ise 83 saniye sonra giriş yapmıştır. Veri setimizin 18:00 seferinde başlangıç durağından çıkıp Atatürk E. M. L. durağına varışında en sık tekrar eden varış süresinin 87 saniye olduğu gözlemlenmiştir. Böylece 01.07.2020 tarihinde 97 numaralı durağa 123 saniye geç, 03.07.2020 tarihinde ise 4 saniye erken giriş yapıldığı hesaplanır. Hesaplanan erken gelinen ve geç kalınan süreleri Tablo 4.10 ve 4.11’ de verilmiştir. Bu tablolarda her bir satır analiz için seçilen günleri, sütunlar ise durakları temsil etmektedir. Siyah renkli olan değerler geç kalınan süreleri, kırmızı renkli olan değerler ise erken gelinen süreleri temsil etmektedir. Bu çalışma kapsamında belirlenen erken gelinen ve geç kalınan süre verileri sabah zirve saat periyodu, akşam zirve saat periyodu, zirve dışı saat - 1 periyodu ve zirve dışı saat – 2 periyodu olmak üzere 4 bölüme ayrılmış ve analizler bu 4 bölüm için gerçekleştirilmiştir. Seçilen bir durak için sabah zirve saat periyodunun dağılımı belirlenecekse sabah zirve saat olarak kabul edilen saat aralıklarında gerçekleşen seferlerin değerleri tek bir sütuna yazılarak analiz yapılmıştır. Her bir sefer için hesaplanan geç kalınan ya da erken gelinen süre değerleri, gerçekleştirilen o seferin karakteristik özelliklerinden etkilendiği için kendi içlerinde en çok tekrar eden seyahat süresi değeri üzerinden hesaplanmıştır. Bu şekilde rafine edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de de görüldüğü gibi seyahat başlangıcında geç kalınan veya erken gelinen süreler daha azken ilk duraktan uzaklaştıkça bu değerler artış göstermiştir. Aralarında kavşak bulunan ve bulunmayan, yolcu talebi farklı olan durakların geç kalınan ve erken gelinen sürelerinde de farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.11: Temmuz Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklardaki Geç Kalınan ve Erken Geline Süreler (sn)

18:00 SEFERİ	DURAKLARA GEÇ KALINAN VE ERKEN GELİNE SÜRELER (sn)																			
	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
1.07.2020	123	181	188	122	216	130	118	128	277	390	412	343	332	381	439	464	337	4	237	319
2.07.2020	17	50	49	6	80	10	0	11	5	10	106	73	39	67	138	231	73	224	30	15
3.07.2020	4	7	0	4	88	0	0	12	0	0	4	81	78	45	2	6	78	354	125	95
6.07.2020	3	53	52	0	82	26	20	0	2	0	0	71	95	69	21	1	98	380	152	88
7.07.2020	31	0	13	3	83	41	33	15	13	6	19	60	74	40	0	9	127	469	271	230
8.07.2020	6	56	63	13	85	0	8	10	0	10	6	62	86	35	0	0	123	459	213	162
13.07.2020	10	0	6	55	87	7	33	8	21	16	126	44	65	118	164	237	19	253	5	15
14.07.2020	0	7	14	43	95	12	14	22	13	20	16	76	65	32	19	24	0	271	72	23
16.07.2020	7	11	2	53	93	12	24	5	14	4	0	69	87	136	179	246	162	198	25	51
17.07.2020	54	12	14	50	22	122	110	100	118	122	116	200	211	166	115	0	126	462	249	190
20.07.2020	1	60	66	8	92	16	20	7	1	5	122	47	64	104	146	138	0	259	25	17
21.07.2020	2	16	20	35	10	111	97	67	112	109	1	64	45	16	34	29	167	477	227	176
22.07.2020	164	156	165	162	251	150	162	170	183	175	173	102	94	150	211	269	156	168	39	69
23.07.2020	41	84	87	31	121	11	1	17	29	21	32	39	75	46	16	42	43	248	35	0
24.07.2020	33	91	88	25	107	20	26	43	39	37	41	14	50	0	88	144	62	286	64	60
27.07.2020	97	94	79	44	115	49	57	74	47	163	195	122	229	282	352	399	255	9	267	262
29.07.2020	359	372	394	346	417	341	351	361	475	578	592	512	424	470	564	649	872	612	836	853
30.07.2020	14	42	27	18	8	70	64	42	79	89	22	53	52	24	33	50	120	433	196	168

Tablo 4.12:Ağustos Ayı İçin 18:00 Seferinde Gidiş Yönünde Duraklardaki Geç Kalınan ve Erken Gelinen Süreler (sn)

18:00 SEFERİ	DURAKLARA GEÇ KALINAN VE ERKEN GELİLEN SÜRELERİ (sn)																			
	97	93	92	91	90	86	87	88	3	6	7	9	11	13	16	17	943	26	1626	35
	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş	Giriş
4.08.2020	2	46	32	7	16	88	69	42	55	57	170	96	117	168	219	289	181	108	125	157
5.08.2020	9	25	33	18	0	105	95	88	35	162	172	97	173	202	289	275	267	0	227	239
6.08.2020	29	10	5	68	0	79	69	44	65	73	39	40	117	74	30	21	148	400	154	148
7.08.2020	1	28	35	5	21	73	79	27	59	51	175	100	19	90	139	137	7	352	137	85
10.08.2020	9	60	77	0	141	43	55	53	73	68	76	10	9	40	84	199	66	202	49	86
11.08.2020	13	30	21	81	15	80	43	21	63	59	81	0	54	0	70	90	93	411	207	205
12.08.2020	0	0	9	44	42	54	32	11	69	71	204	140	128	185	243	304	101	159	77	93
13.08.2020	35	62	69	9	149	99	120	149	215	201	329	274	265	308	380	436	339	70	311	333
17.08.2020	20	67	68	16	162	50	68	90	90	84	188	95	139	200	241	320	172	140	94	174
18.08.2020	24	1	4	62	9	117	127	117	69	83	62	139	157	94	22	0	154	486	257	202
19.08.2020	23	16	29	52	43	57	37	0	50	55	79	0	0	57	106	200	72	235	0	0
21.08.2020	16	11	0	48	30	54	30	6	84	84	93	23	0	35	101	208	80	246	0	60
24.08.2020	62	87	93	41	169	99	113	131	228	351	376	293	287	321	383	448	312	0	199	240
25.08.2020	6	38	45	51	31	104	90	78	46	58	65	24	7	47	151	208	131	158	100	146
26.08.2020	99	92	75	32	57	26	36	17	31	47	31	110	136	82	6	106	97	381	149	100
27.08.2020	94	91	97	39	61	32	44	28	33	45	42	123	111	77	37	15	157	447	233	225

4.2 Çalışmada Kullanılan İstatistik Program

Bu çalışmada elde edilen verilerin olasılık dağılımlarının belirlenebilmesi için EasyFit yazılımının deneme sürümü kullanılmıştır. EasyFit programı otomatik veya manuel olarak verilere dağılım uydurmada kullanılmaktadır. MathWave firmasının bir ürünüdür. 60'ın üzerinde kesikli ve sürekli dağılımı barındırır. Veriler girilip program çalıştırıldıktan sonra, program Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare testlerine göre en uygun dağılımı parametre değerleriyle birlikte kullanıcıya sunmaktadır. Dağılımları parametreleri, grafikleri ve denklemleriyle birlikte sunması açısından oldukça değerli bir istatistik programıdır.

4.3 Olasılık Dağılımları

Olasılık dağılımları, olasılık teorisinde ve matematiksel işlemlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Olasılık dağılımı, en genel anlamda rastgele bir olayın gerçekleşebilmesi için değerleri ve olasılıkları tanımlarken, olasılık teorisinde bir rastgele değişkenin herhangi bir değeri almasını ve değerlerin verilen düzeye ait olma olasılığını belirleyen fonksiyonu ifade etmektedir. Bir sürekli olasılık dağılımı ise değerleri sürekli olan bir açıklıkta tanımlar ve tek bir değer için olasılık sıfıra eşittir.

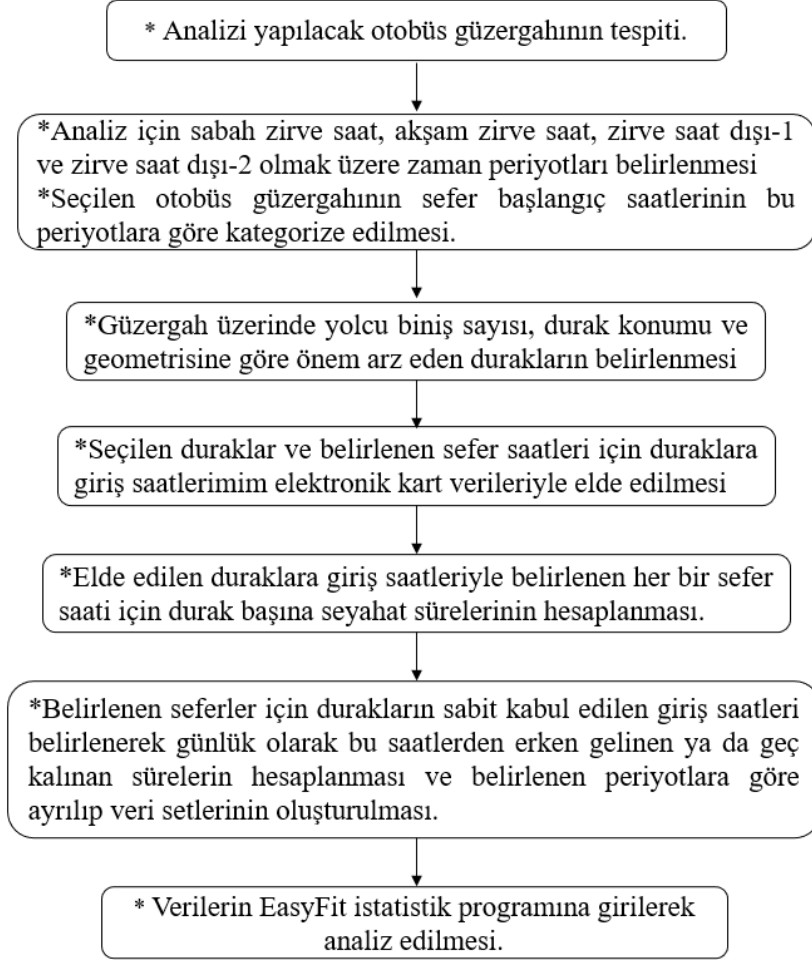
Olasılık fonksiyonu (OF) veya olasılık yoğunluk fonksiyonunun (OYF) bulunması, olasılık teorisi uygulama alanında yapılacak çalışmaların en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Bu anlamda, uygulamada kolaylık sağlanması açısından olasılık dağılımının yerine OYF daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Mert 2018).

Bir rastgele değişkenle ilgili belirli bir büyüklükte olayın gerçekte ortaya çıkma olasılığının belirlenmesinde, çeşitli olasılık dağılım modelleri kullanılmaktadır. Elimizde bulunan verilerle maksimum bilgiyi elde edebilmek ve popülasyonun özelliklerini en faydalı şekilde değerlendirebilmek için olasılık dağılımları kullanılabilir.

4.4 Durak Bazlı Seyahat Süresi Değişkenliği Dağılımı

Daha önce yapılan çalışmalarda amaç seyahat sürelerinin dağılımlarını inceleyerek değişkenliğin doğasını ve modelini tanımlamaktır. Yapılan çalışmalarda veri olarak çoğunlukla seyahatin başlangıcından sonuna kadar geçen sürelerin değişkenliği kullanılmış ve böylece seyahat süresi dağılımı başlangıç noktası ve varış noktası bazlı incelenmiştir. GPS ve elektronik kart sistemlerinin bulunmaması veya yetersiz olması sebebiyle otobüslerin durak bazlı güvenilir olup olmadığıyla pek ilgilenilmemiştir. Bu çalışmanın amacı çoğunlukla bir otobüs güzergahındaki durak bazlı güvenilirlikle ilgilenmektir. Her durağın kendi içinde güvenilirliğinin doğasını ve modelini tanımlamayı amaçlamıştır. Her bir durağın güvenilirliği günün belirli saatlerine göre (zirve saat veya zirve saat dışı) ya da yolcu talebine göre farklılık göstermektedir. Bunun en önemli sebebi, lastik tekerlekli kent içi toplu taşıma araçlarının kent içi araç trafiğiyle birlikte hareket etmesi, çevresel birçok olaydan kolayca etkilenmesi ve yolcu talebinin oldukça değişken bir parametre olmasıdır. Durakların her birinin konumu ve çoğunlukla geometrik yapısı farklı olduğundan tek bir güzergâh ve hat için tüm durakların güvenilirliklerinin aynı olması beklenemez. Bu çalışmada duraklara girişlerdeki geç kalınan ya da erken gelinen süreler belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak günün belirli periyotları için ayrı ayrı istatistiksel dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece her bir durağın günün belirli periyotlarında güvenilirliklerinin ne derece değişeceği gözlemlenebilecek, geç kalınan veya erken gelinen sürelerin olasılıkları kolayca hesaplanıp modellenebilecektir.

Şekil 4.33'de Tez çalışmasının da analiz yapılacak otobüsün seçimi, güzergah bilgisi ve veri düzenlemesi adımlarından bahsedilmiştir.



Şekil 4.33:Bu Tez Çalışmasının Yöntem Aşamaları

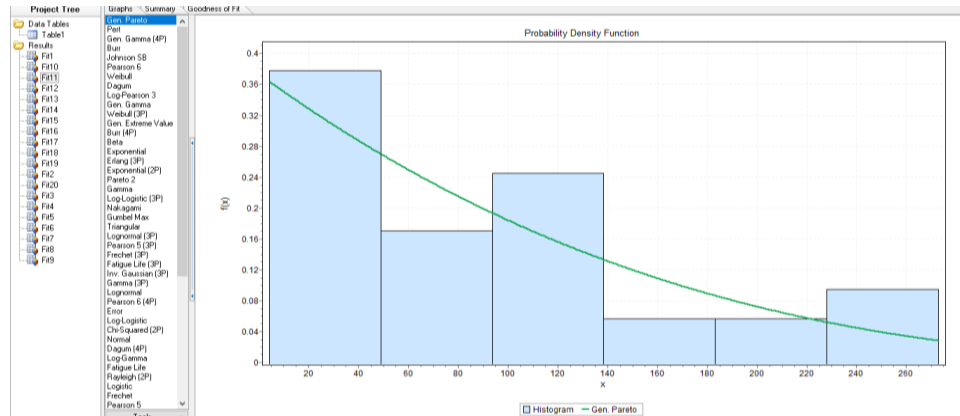
5. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu bölümde düzenlenen seyahat süresi verilerinin istatistiksel analizi ve bu analizin sonucunda elde edilen bulgulardan bahsedilmiştir.

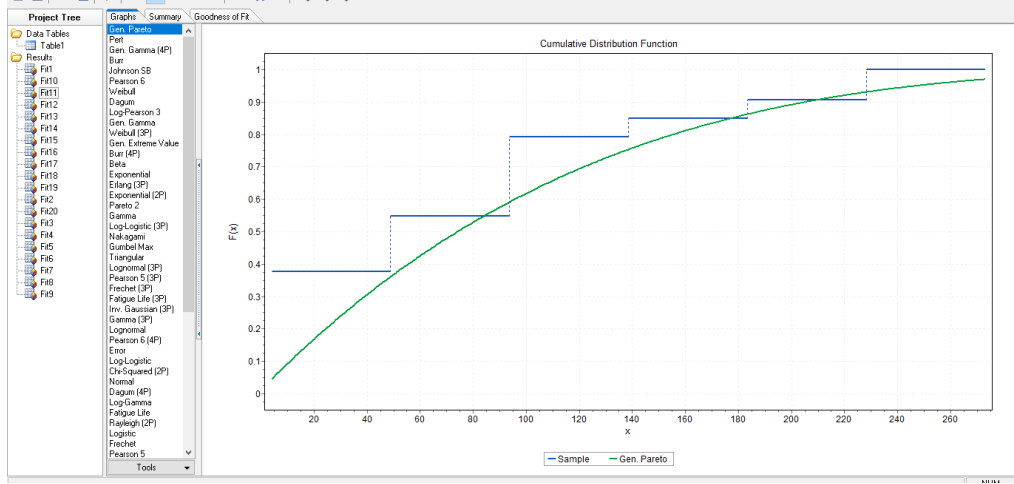
5.1 Veriler İçin İstatistiksel Analiz ve Dağılım Belirlenmesi

Duraklara geç kalınan ve erken geline süre verileri sabah zirve saat periyodu, akşam zirve saat periyodu, zirve dışı saat-1 periyodu ve zirve dışı saat-2 periyodu aralığında bulunan tüm sefer saatleri için hesaplanmıştır. Her periyodun geç kalınan ve erken geline süreler ayrılarak toplamda 8 adet veri seti elde edilmiştir. Bu veri setleri Sabah Zirve Saat Periyodunda Erken Geline Süreler, Sabah Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süreler, Akşam Zirve Saat Periyodunda Erken Geline Süreler, Akşam Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süreler, Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Erken Geline Süreler, Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Geç Kalınan Süreler, Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Erken Geline Süreler ve Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Geç Kalınan Süreler olarak adlandırılmıştır. Her bir durak belirlenen bu veri setleri dahilinde istatistiksel dağılımlar analiz edilmiştir.

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de 11 numaralı Delikliçınar durağının akşam zirve saat periyodunda erken geline süre verilerinin Olasılık Yoğunluk ve Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 5.1: 11 Numaralı Delikliçınar Durağının Akşam Zirve Saat Periyodundaki Erken Geline Süre Verilerinin OYF



Şekil 5.2: 11 Numaralı Delikliçınar Durağının Akşam Zirve Saat Periyodundaki Erken Geline Süre Verilerinin KYF

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (OYF), bir rastgele değişkenin x değerine eşit olma olasılığıdır.

$$f(x) = P(X = x)$$

Şeklinde ifade edilir. Sürekli dağılımlar için OYF, iki nokta arasındaki integral olarak ifade edilir:

$$\int_a^b f(x)dx = P(a \leq x \leq b)$$

Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu (KYF), bir rastgele değişkenin x 'e eşit veya x 'ten daha küçük bir değer alma olasılığıdır.

$$F(X) = P(X \leq x)$$

Şeklinde ifade edilir. Sürekli dağılımlar için KYF şu şekilde ifade edilir:

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(t)dt$$

Şekil 5.1 ve 5.2'de görüldüğü gibi analiz sonucunda bu durağın akşam zirve saati erken gelinen süre verileri için dağılımının Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı olduğu belirlenmiştir. Program bu analizi gerçekleştirirken verilerin belirlenen dağılıma

uygunluğunu test etmek amacıyla eldeki verilerle bir takım uyum iyiliği testleri gerçekleştirmiştir. Bu program kapsamında gerçekleştirilen uyum iyiliği testleri Kolmogorov - Smirnov, Anderson – Darling ve Ki – Kare testleridir.

5.1.1 Verilerin Değişkenlik Ölçüleri

Ortalamalar bir veri setinin gözlem değerlerini tek bir değere indirgeyerek, veri setini tek bir değer olarak temsil etmesi amacıyla hesaplanmaktadır. Ortalamalar bir veri setini özetlemede çok önemli ölçüler olmasına rağmen, veri setindeki verilerin ne derece dağıldığıyla ilgili bilgi sahibi olunmadığı takdirde, sadece ortalama ile veri seti hakkında yeterli seviyede bilgi sahibi olunduğu söylenemez.

Ortalama değerinin yanı sıra birimlerin ne derece dağıldığını bilmek sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için oldukça önemlidir. Dolayısıyla bir veri setini özetlemek için ortalama değerleri tek başına yeterli bir ölçü olmadığından değerlendirme için değişkenlik ölçülerinin bilinmesi gerekmektedir.

Değişim ölçüleri, bir veri setindeki verilerin birbirlerinden ve ortalamadan ne kadar uzaklaştığını gösteren bir ölçü grubudur. Dağılım ortalaması o dağılım hakkında bilgi veren önemli bir ölçü olmasının yanında verilerin ne derecede yayıldığını gözlemlemekte oldukça önemlidir. Çünkü, ortalaması aynı olan iki veri setinde verilerin dağılımı birbirinden farklı olabilmektedir. Bir veri setinin değişkenlik ölçüsü, o veri setinin homojen olup olmadığının belirlenmesinde önemli bir araçtır. Değişkenliğin az olması verilerin birbirine ya da ortalamaya daha yakın dağıldığını gösterirken, değişkenliğin fazla olması verilerin birbirine ya da ortalamaya daha uzak dağıldığını gösterir. Değişkenliği daha az olan veri seti daha homojen olarak kabul edilir. Bu tez çalışmasında değişkenlik ölçülerinden standart sapma, varyans ve varyasyon katsayısının üzerinde durulmuştur.

Standart Sapma: Standart Sapma, bir veri setinin değişkenlik ya da dağılım derecesini gösteren önemli parametrelerden biridir. Standart sapma, verilerin aritmetik ortalamadan sapmalarının karelerinin ortalamasıdır. Kareli ortalama olarakta bilinmektedir. Uygulamada oldukça yaygın bir şekilde kullanılan standart

sapma, veri setinde bulunan tüm verilerin değerlerini hesaba katan analitik ve duyarlı bir değişim ölçüsüdür.

Varyans: Bir veri setindeki verilerin ortalamadan sapmasını gösteren ölçü birimidir. Standart sapmanın karesi şeklinde hesaplanmaktadır. Tek bir veri setinin varyansını yorumlamak ortada herhangi bir kıyaslama olmadığından oldukça zordur. Bu nedenle yorumlama için en az 2 veri seti gerekmektedir.

Varyasyon Katsayısı: Varyasyon katsayısı, bir veri setinin dağılma derecesini diğer bir deyişle veri setinin homojen olup olmadığını incelemek adına geliştirilmiş bir değişkenlik parametresidir. Standart sapma ölçü birimi veya rakamsal büyüklükleri farklı olan veri setlerinin değişim derecelerini kıyaslamada uygun bir ölçü değildir. Standart sapmanın zayıf yönlerini ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir. Standart sapmanın ortalamasına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Verilerin standart sapmasının verilerin ortalamasına bölünmesiyle her iki parametrede aynı aynı birimle ifade edildiğinden birimden bağımsız bir katsayı elde edilmiş olmaktadır. Varyasyon katsayısı daha küçük olan veriler diğerlerine göre daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.1 - 5.8' de belirlenen periyotlar için erken geline ve geç kalman sürelerin değişim ölçüleri verilmiştir.

Tablo 5.1:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürerler Değişkenlik Ölçüleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRERLERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	25.91	425.8	20.64	0.79629
93	35.15	1009.7	31.78	0.90402
92	24.82	404.7	20.12	0.81065
91	34.61	580.2	24.09	0.69593
90	57.25	1475.9	38.42	0.67111
86	66.19	1610.1	40.13	0.60624
87	57.74	1797.4	42.40	0.73423
88	56.65	1445.7	38.02	0.67120
3	121.42	6612.8	81.32	0.66974
6	63.44	1648.7	40.60	0.64001
7	93.17	5929.7	77.01	0.82650
9	122.50	6438.2	80.24	0.65501
11	138.84	10322.0	101.65	0.73209
13	139.52	10864.0	104.23	0.74704
16	79.41	5267.6	72.58	0.91402
17	94.81	6721.9	81.99	0.86478
943	133.25	9544.4	97.70	0.73317
26	199.49	19624.0	140.09	0.70222
1626	191.20	18355.0	135.48	0.70860
35	155.00	12635.0	112.40	0.72518

Tablo 5.1'deki Sabah zirve saat periyodu için erken gelinen sürerlerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 16 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 86 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 16 numaralı durağın erken gelinen sürerler daha çok, 86 numaralı durağın erken gelinen sürerler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.2:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	62.57	15172.0	123.18	1.96850
93	72.98	9932.1	99.66	1.36570
92	73.11	8562.7	92.54	1.26580
91	72.97	12668.0	112.55	1.54240
90	93.80	8661.6	93.07	0.99215
86	81.83	13839.0	117.64	1.43760
87	97.65	10275.0	101.36	1.03800
88	91.66	11857.0	108.89	1.18800
3	119.61	11831.0	108.77	0.90938
6	127.68	14982.0	122.40	0.95870
7	145.92	14849.0	121.86	0.83507
9	143.82	17573.0	132.56	0.92169
11	145.58	15394.0	124.07	0.85227
13	152.61	16340.0	127.83	0.83761
16	178.22	18829.0	137.22	0.76994
17	200.43	20712.0	143.92	0.71804
943	196.94	25033.0	158.22	0.80338
26	217.55	25952.0	161.10	0.74051
1626	189.36	25415.0	159.42	0.84190
35	203.38	29617.0	172.10	0.84618

Tablo 5.2'deki Sabah zirve saat periyodu için geç kalınan sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 97 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 17 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 97 numaralı durağa geç kalınan süreler daha çok, 17 numaralı durağa geç kalınan süreler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.3:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	29.67	402.3	20.06	0.67539
93	43.68	635.9	25.22	0.57733
92	40.63	1271.3	35.66	0.87763
91	46.04	1108.9	33.30	0.72325
90	69.61	1872.2	43.27	0.62161
86	78.67	1928.5	43.92	0.55824
87	72.38	2026.5	45.02	0.62197
88	64.72	1966.1	44.34	0.68515
3	90.11	5008.6	70.77	0.78542
6	89.83	3846.1	62.02	0.69036
7	90.65	5351.5	73.15	0.80702
9	98.95	5429.0	73.68	0.74462
11	107.36	5976.2	77.31	0.72009
13	121.88	6579.1	81.11	0.66549
16	97.25	4494.8	67.04	0.64937
17	124.13	7912.3	88.95	0.71662
943	120.84	7223.5	84.99	0.70336
26	144.74	12600.0	112.25	0.77555
1626	113.69	8206.3	90.59	0.79682
35	173.92	16312.0	127.72	0.73435

Tablo 5.3'deki Akşam zirve saat periyodu için erken gelinen sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 92 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 86 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 92 numaralı durağa erken gelinen süreler daha çok, 86 numaralı durağa erken gelinen süreler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.4: Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	40.83	1685.2	41.05	1.00540
93	51.02	2245.2	47.38	0.92869
92	62.28	2029.3	45.05	0.72333
91	54.55	3059.3	55.31	1.01400
90	60.10	3038.7	55.12	0.91718
86	49.46	2471.9	49.72	1.00530
87	93.21	4504.5	67.12	0.72003
88	51.82	2128.0	46.13	0.89022
3	73.88	4885.7	69.90	0.94606
6	72.07	2499.7	49.99	0.69371
7	87.20	3860.2	62.13	0.71251
9	74.33	3270.0	57.18	0.76397
11	75.88	3338.0	57.77	0.76141
13	89.67	3795.2	61.61	0.68701
16	105.80	5794.0	76.12	0.71944
17	158.04	16409.0	128.10	0.81054
943	109.93	8158.3	90.32	0.82163
26	111.38	6527.8	80.79	0.72540
1626	120.07	8359.1	91.43	0.76143
35	86.07	6838.9	82.69	0.96077

Tablo 5.4'teki Akşam zirve saat periyodu için geç kalınan sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 91 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 13 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 91 numaralı durağa geç kalınan sürelerin daha çok, 13 numaralı durağa geç kalınan sürelerin daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.5:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

ZİRVE DIŞI SAAT-1 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	23.06	298.5	17.28	0.74938
93	32.64	457.8	21.39	0.65547
92	40.66	839.6	28.98	0.71260
91	45.06	1057.6	32.52	0.72166
90	51.84	1448.5	38.06	0.73421
86	61.27	1771.2	42.09	0.68691
87	48.69	1270.5	35.64	0.73211
88	52.01	1444.7	38.01	0.73075
3	66.96	3117.0	55.83	0.83374
6	86.25	3479.5	58.97	0.68393
7	91.47	4680.8	68.42	0.74796
9	92.55	4877.5	69.84	0.75463
11	76.26	4431.6	66.57	0.87300
13	91.89	6538.8	80.86	0.88000
16	127.23	7093.3	84.22	0.66195
17	112.46	5857.3	76.53	0.68051
943	83.33	4078.8	63.87	0.76645
26	103.55	5635.1	75.07	0.72495
1626	136.24	13864.0	117.75	0.86423
35	134.35	10535.0	102.64	0.76397

Tablo 5.5'teki Zirve dışı saat-1 periyodu için erken gelinen sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 13 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 93 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 13 numaralı durağa erken gelinen süreler daha çok, 93 numaralı durağa erken gelinen süreler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.6:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

ZİRVE DIŞI SAAT-1 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	38.34	2338.5	48.36	1.26140
93	43.46	1877.4	43.33	0.99707
92	46.20	1923.8	43.86	0.94943
91	60.89	3083.5	55.53	0.91187
90	59.67	4367.6	66.09	1.10750
86	61.07	4689.3	68.48	1.12140
87	60.23	3541.1	59.51	0.98795
88	70.06	3943.3	62.80	0.89636
3	77.16	3517.7	59.31	0.76871
6	103.11	5451.9	73.84	0.71607
7	124.97	8112.5	90.07	0.72072
9	96.72	4354.9	65.99	0.68226
11	114.16	6960.0	83.43	0.73077
13	108.90	5293.5	72.76	0.66811
16	100.87	5849.2	76.48	0.75822
17	119.44	7709.4	87.80	0.73513
943	160.14	12407.0	111.39	0.69554
26	153.67	14850.0	121.86	0.79297
1626	153.31	9614.0	98.05	0.63956
35	150.79	10372.0	101.84	0.67542

Tablo 5.6'daki Zirve dışı saat-1 periyodu için geç kalınan sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 97 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 1626 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 97 numaralı durağa geç kalınan süreler daha çok, 1626 numaralı durağa geç kalınan süreler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.7:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

ZİRVE DIŞI SAAT-2 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	30.27	341.8	18.49	0.61082
93	37.36	604.4	24.58	0.65805
92	47.65	985.5	31.39	0.65879
91	35.47	755.5	27.49	0.77499
90	61.28	1632.2	40.40	0.65926
86	63.39	1466.2	38.29	0.60401
87	53.91	1579.0	39.74	0.73711
88	60.62	1737.0	41.68	0.68754
3	114.69	6512.1	80.70	0.70363
6	72.52	2150.2	46.37	0.63944
7	129.21	11413.0	106.83	0.82679
9	97.83	4414.8	66.44	0.67917
11	99.90	7271.4	85.27	0.85360
13	92.18	5807.7	76.21	0.82676
16	80.96	4710.4	68.63	0.84775
17	146.94	11624.0	107.82	0.73374
943	113.00	6700.7	81.86	0.72441
26	100.94	5403.2	73.51	0.72824
1626	191.41	18938.0	137.62	0.71896
35	149.18	9561.5	97.78	0.65549

Tablo 5.7'deki Zirve dışı saat-2 periyodu için erken gelinen sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 11 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 86 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 11 numaralı durağa erken gelinen süreler daha çok, 86 numaralı durağa erken gelinen süreler daha az değişkenlik göstermektedir.

Tablo 5.8:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Değişkenlik Ölçüleri

ZİRVE DIŞI SAAT-2 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DEĞİŞKENLİK ÖLÇÜLERİ				
Durak No	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
97	47.41	2752.1	52.46	1.10660
93	57.79	2762.3	52.56	0.90946
92	60.71	2537.4	50.37	0.82966
91	66.69	3222.4	56.77	0.85119
90	61.40	3393.1	58.25	0.94870
86	90.19	5470.8	73.97	0.82007
87	71.98	3162.5	56.24	0.78129
88	70.10	3854.8	62.09	0.88572
3	107.08	7315.4	85.53	0.79877
6	81.96	6489.8	80.56	0.98298
7	112.92	9041.2	95.09	0.84208
9	100.34	7384.2	85.93	0.85642
11	131.44	11771.0	108.49	0.82542
13	156.56	16448.0	128.25	0.81916
16	153.09	13313.0	115.38	0.75369
17	154.35	17719.0	133.11	0.86243
943	181.65	18842.0	137.26	0.75564
26	199.97	22764.0	150.88	0.75448
1626	150.33	15349.0	123.89	0.82410
35	157.65	18476.0	135.93	0.86219

Tablo 5.8'deki Zirve dışı saat-2 periyodu için geç kalınan sürelerin karşılaştırma açısından varyasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın 97 numaralı durak, en düşük varyasyon katsayısına sahip durağın ise 16 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Yani sabah zirve saati periyodunda 97 numaralı durağa geç kalınan süreler daha çok, 16 numaralı durağa erken geç kalınan süreler az değişkenlik göstermektedir.

5.1.2 Uyum İyiliği Testleri

Bu tez çalışmasında kullanılan istatistik programına veriler girilip program çalıştırıldıktan sonra, program Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare uyum iyiliği testlerine göre en uygun dağılımı parametre değerleriyle birlikte kullanıcıya sunmaktadır.

Uyum iyiliği testleri istatistiksel dağılımların, gözlem setine ne kadar iyi uduğunu gösteren testlerdir. Uyum iyiliği testlerinin ölçütleri genel olarak gözlemlenen değer ile söz konusu dağılımda hesaplanan değerler arasındaki tutarsızlığı özetlemektedir.

Bir örnek verisinin hangi dağılıma uygun olup olmadığını bilmek önemlidir. Herhangi bir örnek verisinin bir dağılıma uygun olup olmadığını uyum iyiliği testleri ile sınanır. Bu alanda uyum iyiliği testleri elde edilen verilerin hangi istatistiksel dağılıma uyum sağladığını sınamada kullanılır (Köle ve Gökınar, 2012).

Uyum iyiliği testi; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ bağımsız örnekleminin belli bir F dağılımından gözlemler olup olmadığını araştırmak için kullanılan bir istatistiksel hipotez testidir. Uyum iyiliği testi aşağıdaki gibi bir hipotez altında kullanılır.

$H_0: X_i$ ' ler F teorik dağılımına ait birbirinden bağımsız rastgele değişkenlerdir (Yılmaz, 2011)

Uyum iyiliğinin test edilmesi için bir dizi belirgin yöntem mevcuttur., Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri pratikte en yaygın olarak kullanılanlardır. Mevcut diğer testler daha az iyi belgelenmiştir ve eksiksiz bir istatistiksel teoriden yoksundur. Bunlardan biri de Anderson-Darling testidir. Kullandığımız istatistik programı birçok uyum iyiliği testlerinin arasından bu üç testi kullanmaktadır.

Ki-Kare Testi:

Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare uyum iyiliği testlerinden istatistikle ilgili neredeyse tüm çalışmaların girişinde oldukça ayrıntılı şekilde bahsedilmiştir. Ki-Kare testi en eski ve en sık kullanılan uyum iyiliği testidir. Bu test genellikle iki veya daha çok grup arasında fark olup olmadığını test ederken, gruplar arasındaki homojenliği test ederken ve popülasyondan elde edilen verilerin istenen bir teorik

dağılıma uygunluğunu test ederken kullanılır. Histogram veya doğru grafiğinin teorik dağılım ile kıyaslanması üzerine kurulu olan χ^2 testinin kullanımı oldukça yaygındır.

Veri analizinde geniş bir kullanım alanına sahip olan Ki-Kare testi, uygulanması kolay olduğundan ve hem sürekli hem de kesikli durumların ikisi için de kullanılabilir olduğundan en çok tercih edilen uyum iyiliği testlerindedir.

Ki-Kare test istatistiğinin hesaplanabilmesi için veriler “k” gruba bölünür. Ki-Kare test istatistiği şu denkleme göre hesaplanabilir.:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$

Burada;

O_i : Gözlenen Değer

E_i : Beklenen Değer'dir

Hesaplanan Ki-Kare test istatistik değeri kritik değerden büyükse hipotez reddedilir.

Anderson-Darling Testi:

Anderson-Darling testi K-S testinin aksine test edilen dağılımın kritik değerini kullanır. Her bir dağılım için ayrı ayrı kritik değer hesaplanması gerekmektedir. Bu test gerçek gözlemleri gruplandırmada kullanılır.

Anderson-Darling (A-D) uyum iyiliği testi Cramer-Von-Mises test istatistiğinden türetilmiştir. W^2 'nin ampirik dağılımı ile spesifik dağılımı arasındaki farkın sıfıra yaklaştığı $x \rightarrow -\infty$ ve $x \rightarrow +\infty$ durumlarında belirsizlikleri gidermek amacıyla Anderson-Darling yeni bir istatistik geliştirmiştir. Hesaplama formülü olarak:

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (2j - 1) \left[\log(F(x_j)) + \log(F(X_{(n+1-j)})) \right]$$

kullanılır. Burada logaritmalar doğal tabanlıdır. F: Belirtilen dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu, Y_i : Sıralanmış verileri, A: Anderson-Darling test istatistiğidir.

A-D testi tek yönlü bir test olup, test istatistiği kritik değerlerden büyükse sıfır hipotezi reddedilir.

Kolmogorov-Smirnov Testi:

Deneyisel dağılım fonksiyonuna dayalı olan uyum iyiliği testleri arasından en çok kullanılan yöntemlerden birisi Kolmogorov-Smirnov test istatistiğidir. Ki-Kare uygunluk testlerine bir alternatif olarak gösterilen bu test, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiştir. Kolmogorov, tek örnek için uyum iyiliği testini önermiştir. Bir Rus matematikçi olan Smirnov, 1939 yılında iki bağımsız örnek için uyum iyiliği testi geliştirilmiştir. Kolmogorov ve Smirnov testleri gösterdikleri benzerlikler sebebiyle, uygulamada tek bir isimle Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testleri olarak bilinir.

Kolmogorov-Smirnov tarafından geliştirilen K-S testi, gözlenmiş eklenik olasılık dağılım fonksiyonu ile varsayılan teorik olasılık dağılım fonksiyonu arasındaki karşılaştırmaya dayanır. K-S testinin en önemli özelliği, test edilen dağılımın eklenik fonksiyonuna bağlı olmamasıdır. K-S testinde gözlem eklenik olasılık yoğunluk fonksiyonu, $P(x)$, ile kabul edileceği varsayılan dağılımın eklenik olasılık fonksiyonu, $P_0(x)$, arasındaki maksimum fark, teorik model ile gözlenen veriler arasındaki ölçülmüş farktır (D_n). Bu fark aşağıdaki denklemdeki gibi gösterilebilir;

$$D_n = \max |P(x) - P_0(x)|$$

Eğer D_n değeri kritik değerden küçükse varsayılan dağılım kabul edilir; aksi takdirde belirtilen anlamlılık düzeyinde reddedilir (Karahana 2013).

EasyFit programıyla gerçekleştirilen analizlerde her bir durağın analiz edilip dağılımının belirlenmesinde bu üç uyum iyiliği için belirli değerler elde edilmiştir. EasyFit programı için bu test, bir örneğin varsayımsal bir sürekli dağılımdan gelip gelmediğine karar vermek için kullanılmaktadır. Ampirik kümülatif dağılım fonksiyonuna (AKDF) dayanmaktadır. Kümülatif dağılım fonksiyonu $F(x)$ ile bir dağılımdan rastgele bir X_1, X_2, \dots, X_n örneğimiz olduğunu varsayılır.

Ampirik kümülatif yoğunluk fonksiyonu şu şekilde gösterilir:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} [gözlem sayısı \leq x]$$

EasyFit programı için Kolmogorov-Smirnov istatistiği (D), teorik ve ampirik kümülatif dağılım fonksiyonu arasındaki en büyük dikey farka dayanmaktadır.

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} \left(F(x_i) - \frac{i-1}{n}, \frac{i}{n} - F(x_i) \right)$$

Hipotez Testi:

Sıfır hipotezi ve karşıt hipotez;

- H_0 : Veriler belirtilen dağılıma uyar,
- H_A : Veriler belirtilen dağılıma uymaz.

Test istatistiği D bir tablodan elde edilen kritik değerden büyükse, dağılım formuna ilişkin hipotez seçilen anlamlılık düzeyinde (α) reddedilir. α (0,01 – 0,05 gibi)'nin sabit değerleri genellikle çeşitli anlamlılık düzeylerinde sıfır hipotezi (H_0) değerlendirmek için kullanılır. Çoğu uygulama için tipik olarak 0,05 değeri kullanılır, ancak bazı kritik endüstrilerde daha düşük bir α değeri uygulanabilir. Bu test için kullanılan standart kritik değerler tabloları, yalnızca bir veri kümesinin tamamen belirlenmiş bir dağılımdan olup olmadığını test ederken geçerlidir. Bir veya daha fazla dağılım parametresi tahmin edilirse, sonuçlar tutucu olacaktır.: gerçek anlamlılık düzeyi standart tablolarda verilenlerden daha küçük olacaktır ve uyumun hatalı olarak reddedilme olasılığı daha düşük olacaktır.

p-değeri:

p değeri, sabit α değerinin aksine, test istatistiğine dayalı olarak hesaplanır ve p değerinden küçük tüm α değerleri için sıfır hipotezinin (H_0) kabul edileceği anlamında anlamlı seviyenin eşik değerini belirtir. Örneğin, $p = 0,025$ ise, sıfır hipotezi p'den küçük tüm anlamlılık seviyelerinde (yani 0,01 ve 0,02) kabul edilecek ve 0,05 ve 0,1 dahil olmak üzere daha yüksek seviyelerde reddedilecektir.

p değeri, özellikle, sıfır hipotezi önceden tanımlanmış tüm anlamlılık seviyelerinde reddedildiğinde ve hangi seviyede kabul edileceğini bilmeniz gerektiğinde faydalı olabilir.

EasyFit, uydurulan her dağılım için hesaplanan Kolmogorov-Smirnov test istatistiklerine (D) dayalı p değerlerini görüntüler.

Program kullanılarak her bir zaman aralığı için durak bazlı dağılımlar ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda bazı sapma verilerinin dağılım analizi yapılırken Ki-Kare ve Anderson-Darling uyum iyiliği testleri kullanıldığında anlamlı sonuçlar göstermediği görülmüştür. Bu sebeple analiz esnasında uyum iyiliği testi olarak Kolmogorov- Smirnov testi kullanılmıştır. Bu testin parametreleri her bir zaman aralığı için ayrı ayrı Tablo 5.9 - 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.9:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken gelinen sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİLEN SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0574	0.9327	0.1469
93	Gen. Pareto	0.0770	0.5485	0.1338
92	Gen. Pareto	0.0645	0.9535	0.1737
91	Gen. Pareto	0.0588	0.8749	0.1368
90	Gen. Pareto	0.0586	0.7742	0.1229
86	Gen. Pareto	0.0579	0.7339	0.1169
87	Gen. Pareto	0.0513	0.9468	0.1354
88	Gen. Pareto	0.0439	0.9673	0.1239
3	Gen. Pareto	0.0666	0.6676	0.1272
6	Gen. Pareto	0.0681	0.5996	0.1229
7	Gen. Pareto	0.0818	0.5911	0.1452
9	Gen. Pareto	0.0605	0.8188	0.1332
11	Gen. Pareto	0.0490	0.9263	0.1250
13	Gen. Pareto	0.0581	0.7939	0.1245
16	Gen. Pareto	0.0802	0.6302	0.1469
17	Gen. Pareto	0.0666	0.8109	0.1436
943	Gen. Pareto	0.0742	0.7890	0.1565
26	Gen. Pareto	0.0501	0.9233	0.1272
1626	Gen. Pareto	0.0540	0.9282	0.1368
35	Gen. Pareto	0.0389	0.9801	0.1156

Tablo 5.10:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0879	0.4056	0.1347
93	Gen. Pareto	0.0676	0.7851	0.1419
92	Gen. Pareto	0.0861	0.3089	0.1229
91	Gen. Pareto	0.0743	0.6429	0.1375
90	Gen. Pareto	0.1099	0.3492	0.1609
86	Gen. Pareto	0.1084	0.4817	0.1767
87	Gen. Pareto	0.0472	0.9787	0.1382
88	Gen. Pareto	0.0849	0.6452	0.1576
3	Gen. Pareto	0.1048	0.3424	0.1524
6	Gen. Pareto	0.0498	0.9923	0.1609
7	Gen. Pareto	0.0538	0.9049	0.1325
9	Gen. Pareto	0.0880	0.4909	0.1444
11	Gen. Pareto	0.0630	0.9086	0.1544
13	Gen. Pareto	0.0648	0.8999	0.1565
16	Gen. Pareto	0.0501	0.9409	0.1319
17	Gen. Pareto	0.0643	0.7529	0.1325
943	Gen. Pareto	0.0466	0.9493	0.125
26	Gen. Pareto	0.0491	0.9862	0.1505
1626	Gen. Pareto	0.0701	0.7122	0.1375
35	Gen. Pareto	0.1218	0.3710	0.1814

Tablo 5.11:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerın Uyum İyiliği
Test Değerleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0547	0.9775	0.1598
93	Gen. Pareto	0.0879	0.8904	0.2101
92	Gen. Pareto	0.1068	0.7393	0.2154
91	Gen. Pareto	0.0680	0.9307	0.1737
90	Gen. Pareto	0.0850	0.8076	0.1831
86	Gen. Pareto	0.0375	0.9986	0.1368
87	Gen. Pareto	0.0659	0.9183	0.1644
88	Gen. Pareto	0.0660	0.8685	0.1524
3	Gen. Pareto	0.0515	0.9879	0.1598
6	Gen. Pareto	0.0660	0.8241	0.1444
7	Gen. Pareto	0.0692	0.9461	0.1831
9	Gen. Pareto	0.0664	0.8493	0.1496
11	Gen. Pareto	0.0472	0.9765	0.1368
13	Gen. Pareto	0.0473	0.9839	0.1427
16	Gen. Pareto	0.0785	0.9632	0.2183
17	Gen. Pareto	0.0666	0.9636	0.1848
943	Gen. Pareto	0.0843	0.7551	0.1723
26	Gen. Pareto	0.0735	0.8489	0.1657
1626	Gen. Pareto	0.0562	0.9591	0.1534
35	Gen. Pareto	0.0647	0.8319	0.1427

Tablo 5. 12:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0599	0.8872	0.1420
93	Gen. Pareto	0.0498	0.9169	0.1250
92	Gen. Pareto	0.0727	0.5152	0.1229
91	Gen. Pareto	0.0455	0.9799	0.1340
90	Gen. Pareto	0.0863	0.3812	0.1313
86	Gen. Pareto	0.0597	0.9639	0.1657
87	Gen. Pareto	0.0627	0.8265	0.1375
88	Gen. Pareto	0.0432	0.9964	0.1478
3	Gen. Pareto	0.0516	0.9603	0.1411
6	Gen. Pareto	0.0633	0.9099	0.1554
7	Gen. Pareto	0.0501	0.9426	0.1325
9	Gen. Pareto	0.0546	0.9636	0.1496
11	Gen. Pareto	0.0789	0.7909	0.1669
13	Gen. Pareto	0.0513	0.9864	0.1576
16	Gen. Pareto	0.0608	0.7308	0.1225
17	Gen. Pareto	0.0791	0.4903	0.1313
943	Gen. Pareto	0.0543	0.9169	0.1347
26	Gen. Pareto	0.0366	0.9991	0.1375
1626	Gen. Pareto	0.0733	0.7292	0.1461
35	Gen. Pareto	0.0721	0.8278	0.1586

Tablo 5. 13:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Uyum İyiliği
Test Değerleri

ZİRVE DIŞI SAAT-1 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0537	0.9769	0.1565
93	Gen. Pareto	0.0425	0.9993	0.1632
92	Gen. Pareto	0.0572	0.9340	0.1469
91	Gen. Pareto	0.0515	0.9779	0.1505
90	Gen. Pareto	0.0601	0.8733	0.1397
86	Gen. Pareto	0.0504	0.9247	0.1283
87	Gen. Pareto	0.0979	0.4833	0.1598
88	Gen. Pareto	0.0840	0.6753	0.1598
3	Gen. Pareto	0.0607	0.8285	0.1351
6	Gen. Pareto	0.0592	0.9856	0.1814
7	Gen. Pareto	0.0660	0.9686	0.1866
9	Gen. Pareto	0.1256	0.1832	0.1565
11	Gen. Pareto	0.1121	0.4611	0.1798
13	Gen. Pareto	0.0592	0.8889	0.1404
16	Gen. Pareto	0.0414	0.9894	0.1313
17	Gen. Pareto	0.0766	0.7704	0.1586
943	Gen. Pareto	0.0603	0.9895	0.1903
26	Gen. Pareto	0.0912	0.6479	0.1696
1626	Gen. Pareto	0.0637	0.9215	0.1598
35	Gen. Pareto	0.0571	0.9295	0.1452

Tablo 5.14:Zirve Dışı Saat-1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri

ZİRVE DIŞI SAAT-1 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0801	0.6110	0.1444
93	Gen. Pareto	0.0720	0.6989	0.1397
92	Gen. Pareto	0.0952	0.4676	0.1534
91	Gen. Pareto	0.0533	0.9726	0.1524
90	Gen. Pareto	0.0568	0.9738	0.1632
86	Gen. Pareto	0.0646	0.9857	0.1984
87	Gen. Pareto	0.0406	0.9971	0.1412
88	Gen. Pareto	0.0511	0.9652	0.1419
3	Gen. Pareto	0.0573	0.9855	0.1752
6	Gen. Pareto	0.0853	0.4068	0.1325
7	Gen. Pareto	0.0639	0.7403	0.1300
9	Gen. Pareto	0.0676	0.7966	0.1436
11	Gen. Pareto	0.0918	0.3194	0.1325
13	Gen. Pareto	0.0654	0.9109	0.1609
16	Gen. Pareto	0.0655	0.9659	0.1831
17	Gen. Pareto	0.0544	0.9422	0.1419
943	Gen. Pareto	0.0493	0.9379	0.1289
26	Gen. Pareto	0.0691	0.7107	0.1354
1626	Gen. Pareto	0.0532	0.9493	0.1412
35	Gen. Pareto	0.0799	0.6937	0.1544

Tablo 5.15:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Uyum İyiliği
Test Değerleri

ZİRVE DIŞI SAAT-2 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p-değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.0561	0.0943	0.1469
93	Gen. Pareto	0.0441	0.9965	0.1515
92	Gen. Pareto	0.0639	0.9123	0.1576
91	Gen. Pareto	0.0721	0.8915	0.1723
90	Gen. Pareto	0.0679	0.8035	0.1452
86	Gen. Pareto	0.0627	0.9266	0.1586
87	Gen. Pareto	0.0889	0.6415	0.1644
88	Gen. Pareto	0.0760	0.7439	0.1534
3	Gen. Pareto	0.0802	0.8363	0.1782
6	Gen. Pareto	0.0617	0.8486	0.1389
7	Gen. Pareto	0.0776	0.7206	0.1534
9	Gen. Pareto	0.0605	0.9035	0.1469
11	Gen. Pareto	0.0829	0.7064	0.1620
13	Gen. Pareto	0.0567	0.9935	0.1866
16	Gen. Pareto	0.0701	0.9593	0.1922
17	Gen. Pareto	0.0477	0.9853	0.1452
943	Gen. Pareto	0.0887	0.7175	0.1752
26	Gen. Pareto	0.0688	0.9654	0.1922
1626	Gen. Pareto	0.0399	0.9949	0.1345
35	Gen. Pareto	0.0645	0.9890	0.1452

Tablo 5.16:Zirve Dışı Saat-2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Uyum İyiliği Test Değerleri

ZİRVE DIŞI SAAT-2 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN UYUM İYİLİĞİ TEST DEĞERLERİ				
Durak No	Dağılım	K-S İstatistiği	p- değeri	$\alpha=0.05$ İçin Kabul Edilen Kritik Değerler
97	Gen. Pareto	0.1029	0.3710	0.1534
93	Gen. Pareto	0.0558	0.9504	0.1487
92	Gen. Pareto	0.0545	0.9526	0.1461
91	Gen. Pareto	0.0527	0.9372	0.1361
90	Gen. Pareto	0.0646	0.8927	0.1544
86	Gen. Pareto	0.0533	0.9527	0.1427
87	Gen. Pareto	0.0825	0.5244	0.1389
88	Gen. Pareto	0.0610	0.9018	0.1478
3	Gen. Pareto	0.0625	0.7924	0.1338
6	Gen. Pareto	0.0573	0.9735	0.1644
7	Gen. Pareto	0.0493	0.9806	0.1461
9	Gen. Pareto	0.0683	0.8406	0.1524
11	Gen. Pareto	0.0592	0.8887	0.1404
13	Gen. Pareto	0.0535	0.8975	0.1301
16	Gen. Pareto	0.0769	0.5034	0.1289
17	Gen. Pareto	0.0750	0.7642	0.1544
943	Gen. Pareto	0.0828	0.4677	0.1351
26	Gen. Pareto	0.0913	0.2899	0.1283
1626	Gen. Pareto	0.0735	0.8958	0.1767
35	Gen. Pareto	0.0702	0.8287	0.1544

Sabah zirve saat periyodu, Akşam zirve saat periyodu, Zirve dışı saat-1 ve Zirve dışı saat-2 periyotları için ayrı ayrı Erken geline ve geç kalınan sürelerin analizleri sonucunda Tablo 5.9 - 5.16'da verilen Kolmogorov-Smirnov İyiliği Testi parametreleri elde edilmiştir. Analizde anlamlılık düzeyi genellikle kabul edilen 0.05 değeri olarak seçilmiştir. 0,05 anlamlılık düzeyi değeri ve veri setinin büyüklüğü ile Kolmogorov – Smirnov örneklem testi tablosu yardımıyla her durak için ayrı ayrı kritik değerler hesaplanmıştır. Teorik ve ampirik kümülatif dağılım fonksiyonu arasındaki en büyük fark olarak hesaplanan K-S istatistik değeri ve kritik değer karşılaştırılarak istatistik değerinin kritik değerden küçük olduğu durumlarda uygun dağılımlar belirlenmiştir.

EasyFit programında yapılan istatistiksel analizler incelendiğinde durakların çoğunlukla Genelleştirilmiş Pareto Dağılımına uygun olduğu gözlemlenmiştir. En uygun dağılımları farklı belirlenen duraklarda ise Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı uygunluk sıralamasında üst sıralardadır. Her durak için farklı olasılık dağılımları belirlenmesi ve incelenmesi zor olacağı için tüm periyotlar ve duraklara uyum gösteren Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı Sabah Zirve Saat Periyodu, Akşam Zirve Saat Periyodu, Zirve Dışı Saat-1 Periyodu ve Zirve Dışı Saat-2 periyodundaki erken gelinen ve geç kalınan sürelerle en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

5.1.3 Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı

Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPD), bir eşğin üzerindeki aşımaları modellemek için Pickands (1975) tarafından tanıtılmıştır. O zamandan beri birçok yazar tarafından çeşitli alanlardaki verileri modellemek için kullanılmıştır. Güvenilirlik çalışmaları ve çevresel aşırı olayların analizi dahil olmak üzere birçok alanda uygulamaları vardır.

GEVD, veriler bir dizi maksimumdan oluştuğunda uygundur. Bununla birlikte, bu yaklaşıma yönelik bazı eleştiriler olmuştur, çünkü yalnızca maksimumları kullanmak, belirli bir dönemde diğer büyük örnek değerlerinde bulunan bilgilerin kaybolmasına neden olur. Bu sorun, yalnızca en büyüğü yerine en büyük olan tüm değerler dikkate alınır. Bu değerler ile belirli bir eşik arasındaki farklar, eşik üzerindeki aşımalar olarak adlandırılır. Bu aşımaların tipik olarak, kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanan genelleştirilmiş bir Pareto dağılımına sahip olduğu varsayılır.

GPD, Pareto dağılımının bir genellemesidir. Pareto Dağılımı, Arnold (1983) tarafından kapsamlı bir şekilde incelenmiştir ve Pareto Dağılımındaki tahmin problemi Arnold ve Press (1989) tarafından ele alınmıştır. Burada, bir eşğin üzerindeki aşımaları modellemek için Pickands (1975) tarafından tanıtılmıştır.

Kullandığımız programda nu dağılımın parametreleri;

k – sürekli şekil parametresi

σ – sürekli ölçek parametresi ($\sigma > 0$)

μ – sürekli konum parametresi olarak,

Tanım kümesi;

$$\mu \leq x < +\infty, \quad k \geq 0$$

$$\mu \leq x \leq \mu - \sigma/k, \quad k < 0 \text{ olarak,}$$

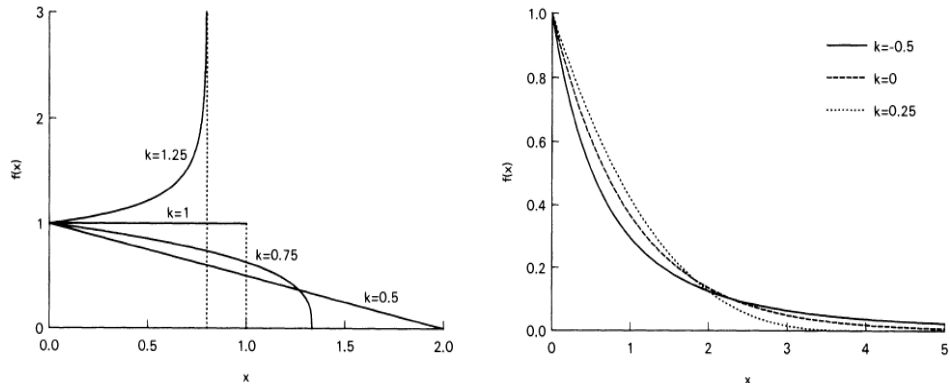
Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu;

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-1-1/k}, & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right), & k = 0 \end{cases}$$

Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu;

$$F(X) = \begin{cases} 1 - \left(1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-1/k}, & k \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right), & k = 0 \end{cases}$$

Olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.3:Şekil Parametresi k'nın Farklı Değerleri İçin Genelleştirilmiş Pareto Dağılımının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Hosking ve Wallis, 1987, s.340)

Şekil 5.3'te Genelleştirilmiş pareto dağılımının farklı k şekil parametresi değerleri için olasılık yoğunluk fonksiyonunun değişimi gösterilmiştir. Olasılık fonksiyonu $k > 0$ durumunda artan, $k = 0$ durumunda sabit ve $k < 0$ durumunda ise azalan fonksiyondur.

Tablo 5.17 - 5.23'te Sabah Zirve Saat, Akşam Zirve Saat, Zirve Dışı Saat-1 ve Zirve Dışı Saat-2 periyotları için erken gelinen ve geç kalınan süre verilerinin dağılım parametreleri verilmiştir.

Tablo 5.17:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Erken Gelinen Sürelerin Dağılım Parametreleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNERİN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	$\sigma (10^{-2})$	$\mu (10^{-2})$
97	Gen. Pareto	-0.3083	0.3336	0.0419
93	Gen. Pareto	-0.8516	0.7677	0.0221
92	Gen. Pareto	-0.2116	0.5154	-0.0191
91	Gen. Pareto	-0.5120	0.7163	-0.0133
90	Gen. Pareto	-0.6510	1.0839	0.0395
86	Gen. Pareto	-0.9310	1.4346	0.0437
87	Gen. Pareto	-0.8116	1.3209	-0.0035
88	Gen. Pareto	-0.4728	0.9109	0.0286
3	Gen. Pareto	-0.6126	1.4919	-0.0267
6	Gen. Pareto	-0.2379	1.0644	0.0412
7	Gen. Pareto	-0.3188	1.2347	-0.0296
9	Gen. Pareto	-0.3727	1.3363	0.0160
11	Gen. Pareto	-0.3166	1.3008	0.0855
13	Gen. Pareto	-0.4128	1.5484	0.1228
16	Gen. Pareto	-0.4918	1.4087	0.0282
17	Gen. Pareto	-0.3301	1.5246	0.0950
943	Gen. Pareto	-0.3144	1.4259	0.1236
26	Gen. Pareto	-0.2998	1.8455	0.0276
1626	Gen. Pareto	-0.2746	1.4372	0.0093
35	Gen. Pareto	-0.3588	2.2747	0.0652

Tablo 5.18:Sabah Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri

SABAH ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	0.0608	0.3616	0.0235
93	Gen. Pareto	-0.0791	0.5503	0.0002
92	Gen. Pareto	-0.1425	0.5834	0.1121
91	Gen. Pareto	0.0599	0.4878	0.0265
90	Gen. Pareto	0.0109	0.5392	0.0558
86	Gen. Pareto	0.0513	0.4468	0.0235
87	Gen. Pareto	-0.4554	1.3503	0.0043
88	Gen. Pareto	-0.0429	0.5014	0.0374
3	Gen. Pareto	-0.1218	0.8744	-0.0406
6	Gen. Pareto	-0.4304	0.9756	0.0386
7	Gen. Pareto	-0.4718	1.2749	0.0057
9	Gen. Pareto	-0.3727	1.0371	-0.0122
11	Gen. Pareto	-0.3997	1.0849	-0.0162
13	Gen. Pareto	-0.4899	1.2916	0.0298
16	Gen. Pareto	-0.5158	1.6446	0.0269
17	Gen. Pareto	-0.3206	2.1672	-0.0606
943	Gen. Pareto	-0.2239	1.3303	0.0124
26	Gen. Pareto	-0.4383	1.5920	0.0069
1626	Gen. Pareto	-0.3954	1.7073	-0.0228
35	Gen. Pareto	-0.1543	1.0920	-0.0853

Tablo 5.19:Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Erken Geline Sürelerinin Dağılım Parametreleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	-0.3524	0.3644	-0.0102
93	Gen. Pareto	-0.2326	0.4741	-0.0331
92	Gen. Pareto	-0.3998	0.3778	-0.0217
91	Gen. Pareto	-0.6674	0.6137	-0.0219
90	Gen. Pareto	-0.8860	1.2063	-0.0672
86	Gen. Pareto	-0.7633	1.1246	0.0241
87	Gen. Pareto	-0.4848	0.8835	-0.0760
88	Gen. Pareto	-0.3596	0.6778	0.0679
3	Gen. Pareto	-0.7347	1.1069	-0.0036
6	Gen. Pareto	-0.6189	1.9694	-0.0023
7	Gen. Pareto	-0.2561	1.1895	-0.0152
9	Gen. Pareto	-0.4124	1.5309	0.1411
11	Gen. Pareto	-0.3281	1.7374	0.0803
13	Gen. Pareto	-0.3351	1.7984	0.4820
16	Gen. Pareto	-0.0062	0.7248	0.0687
17	Gen. Pareto	-0.1292	1.0386	0.0283
943	Gen. Pareto	-0.4404	1.9298	-0.0073
26	Gen. Pareto	-0.4794	2.9006	0.0342
1626	Gen. Pareto	-0.3149	2.2744	0.1823
35	Gen. Pareto	-0.2970	1.8406	0.1309

Tablo 5.20: Akşam Zirve Saat Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri

AKŞAM ZİRVE SAAT PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	σ (10^{-2})	μ (10^{-2})
97	Gen. Pareto	0.3729	0.3896	0.0045
93	Gen. Pareto	0.2445	0.5383	0.0172
92	Gen. Pareto	0.2332	0.5182	0.0552
91	Gen. Pareto	0.2842	0.5292	-0.0097
90	Gen. Pareto	0.0812	0.7826	0.0863
86	Gen. Pareto	0.2755	0.5711	0.0300
87	Gen. Pareto	0.0896	0.8360	0.0582
88	Gen. Pareto	0.1602	0.7539	0.0189
3	Gen. Pareto	-0.1345	1.3902	-0.0292
6	Gen. Pareto	-0.0505	1.3494	-0.0076
7	Gen. Pareto	-0.1781	1.6719	0.0401
9	Gen. Pareto	0.0100	1.2991	0.1260
11	Gen. Pareto	-0.2088	1.7856	-0.0214
13	Gen. Pareto	-0.2149	1.8570	-0.0024
16	Gen. Pareto	-0.3002	2.2570	0.0463
17	Gen. Pareto	-0.2867	2.3227	0.1991
943	Gen. Pareto	-0.3264	2.9680	-0.0647
26	Gen. Pareto	-0.3731	2.9231	0.0467
1626	Gen. Pareto	-0.2393	2.4023	-0.0449
35	Gen. Pareto	-0.0880	2.0305	0.1675

Tablo 5.21:Zirve Dışı Saat - 1 Periyodu İçin Erken Gelenen Sürelerin Dağılım Parametreleri

ZİRVE DIŞI SAAT - 1 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNEREN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	K	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	-0.3559	0.3065	0.0045
93	Gen. Pareto	-0.7328	0.5821	-0.0095
92	Gen. Pareto	-0.5564	0.6555	-0.0145
91	Gen. Pareto	-0.5737	0.7499	-0.0259
90	Gen. Pareto	-0.4291	0.7414	-0.0004
86	Gen. Pareto	-0.4605	0.8519	0.0293
87	Gen. Pareto	-0.5412	0.7927	-0.0275
88	Gen. Pareto	-0.3962	0.7105	0.0112
3	Gen. Pareto	-0.6761	1.5164	-0.0422
6	Gen. Pareto	-0.1987	0.7912	0.0096
7	Gen. Pareto	-0.3640	1.2268	0.0153
9	Gen. Pareto	-0.4088	1.3265	-0.0161
11	Gen. Pareto	-0.2812	1.0661	-0.0696
13	Gen. Pareto	-0.6320	1.0833	-0.0124
16	Gen. Pareto	-0.5828	1.9618	0.0329
17	Gen. Pareto	-0.4520	1.5334	0.0685
943	Gen. Pareto	-0.3505	1.1249	0.0003
26	Gen. Pareto	-0.3476	1.3170	0.0581
1626	Gen. Pareto	-0.2307	1.7516	-0.0609
35	Gen. Pareto	-0.3045	1.6984	0.0416

Tablo 5.22:Zirve Dışı Saat - 1 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri

ZİRVE DIŞI SAAT - 1 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	K	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	0.2609	0.2472	0.0489
93	Gen. Pareto	0.0936	0.3541	0.0439
92	Gen. Pareto	0.1115	0.3435	0.0753
91	Gen. Pareto	-0.1014	0.6707	-0.0003
90	Gen. Pareto	0.1219	0.5047	0.0220
86	Gen. Pareto	0.0859	0.5697	-0.0125
87	Gen. Pareto	0.0079	0.5857	0.0196
88	Gen. Pareto	-0.0784	0.7284	0.0252
3	Gen. Pareto	-0.3218	1.0050	0.0112
6	Gen. Pareto	-0.3534	1.3055	0.0665
7	Gen. Pareto	-0.3344	1.5527	0.0862
9	Gen. Pareto	-0.5025	1.4039	0.0329
11	Gen. Pareto	-0.4054	1.5777	0.0189
13	Gen. Pareto	-0.5216	1.5825	0.0489
16	Gen. Pareto	-0.4012	1.4404	-0.0186
17	Gen. Pareto	-0.4037	1.6564	0.0139
943	Gen. Pareto	-0.4196	2.1443	0.0909
26	Gen. Pareto	-0.2703	1.9213	0.0242
1626	Gen. Pareto	-0.4249	1.9003	0.1995
35	Gen. Pareto	-0.4839	2.1200	0.0792

Tablo 5.23:Zirve Dışı Saat - 2 Periyodu İçin Erken Geline Sürelerin Dağılım Parametreleri

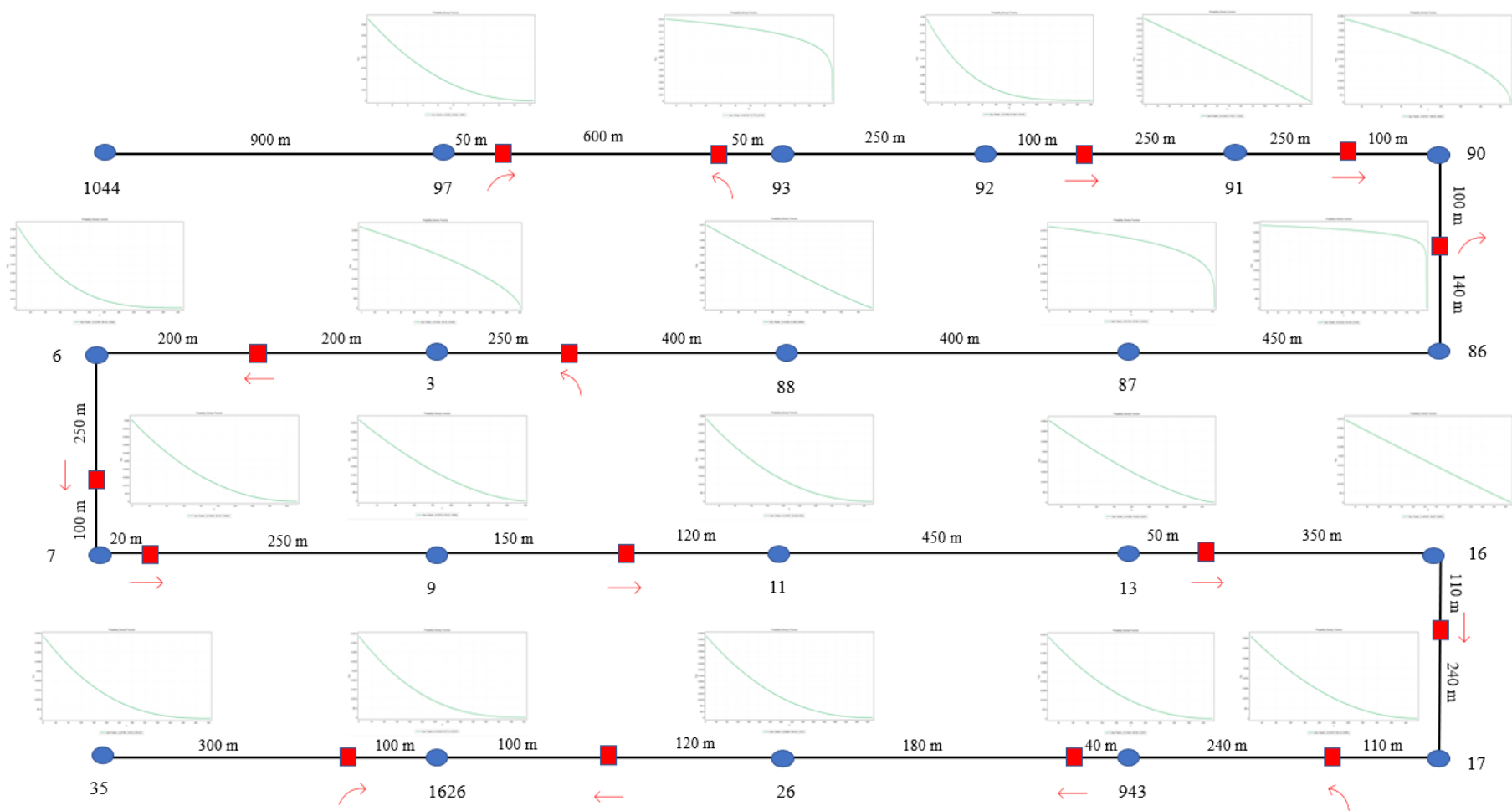
ZİRVE DIŞI SAAT - 2 PERİYODU İÇİN ERKEN GELİNE SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	-0.7679	0.5205	0.0083
93	Gen. Pareto	-0.4392	0.4849	0.0366
92	Gen. Pareto	-0.5257	0.6859	0.0269
91	Gen. Pareto	-0.3458	0.4811	-0.0028
90	Gen. Pareto	-0.7109	1.0757	-0.0159
86	Gen. Pareto	-0.7434	1.0527	0.0301
87	Gen. Pareto	-0.1359	0.5091	0.0909
88	Gen. Pareto	-0.5118	0.8963	0.0133
3	Gen. Pareto	-0.6916	1.2109	0.0093
6	Gen. Pareto	-0.5047	1.7212	0.0029
7	Gen. Pareto	-0.2798	1.7075	-0.0042
9	Gen. Pareto	-0.5591	1.5078	0.0113
11	Gen. Pareto	-0.3606	1.5221	-0.1197
13	Gen. Pareto	-0.3094	1.2695	-0.0478
16	Gen. Pareto	-0.2097	0.9892	-0.0081
17	Gen. Pareto	-0.4858	2.2492	-0.0444
943	Gen. Pareto	-0.3484	1.4379	0.0636
26	Gen. Pareto	-0.4337	1.4402	0.0049
1626	Gen. Pareto	-0.3987	2.5808	0.0691
35	Gen. Pareto	-0.5771	2.2633	0.0566

Tablo 5.24: Zirve Dışı Saat - 2 Periyodu İçin Geç Kalınan Sürelerin Dağılım Parametreleri

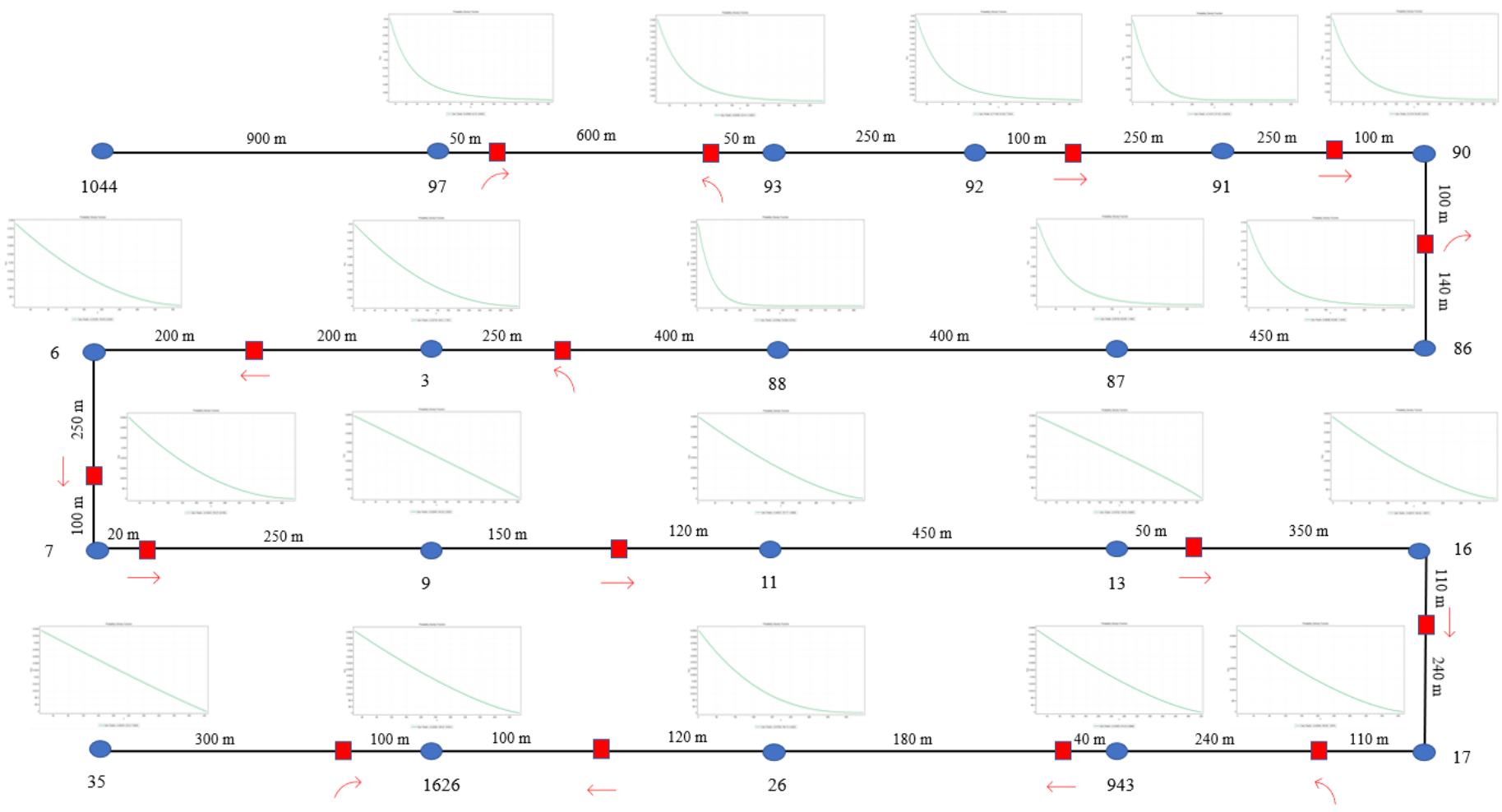
ZİRVE DIŞI SAAT - 2 PERİYODU İÇİN GEÇ KALINAN SÜRELERİN DAĞILIM PARAMETRELERİ				
DURAK NO	DAĞILIM	k	σ (10⁻²)	μ (10⁻²)
97	Gen. Pareto	0.0619	0.4607	-0.0170
93	Gen. Pareto	-0.1242	0.6602	-0.0093
92	Gen. Pareto	-0.1334	0.6106	0.0538
91	Gen. Pareto	-0.1950	0.7998	-0.0023
90	Gen. Pareto	-0.0784	0.6756	-0.0125
86	Gen. Pareto	-0.1699	1.0016	0.0458
87	Gen. Pareto	-0.2087	0.8092	0.0502
88	Gen. Pareto	-0.0741	0.7146	0.0356
3	Gen. Pareto	-0.3060	1.4183	-0.0152
6	Gen. Pareto	-0.0221	0.8413	-0.0036
7	Gen. Pareto	-0.1658	1.2792	0.0319
9	Gen. Pareto	-0.1512	1.1290	0.0226
11	Gen. Pareto	-0.1997	1.5398	0.0309
13	Gen. Pareto	-0.3258	2.1850	-0.0825
16	Gen. Pareto	-0.3664	2.0760	0.0118
17	Gen. Pareto	-0.1389	1.7138	0.0387
943	Gen. Pareto	-0.2662	2.1515	0.1174
26	Gen. Pareto	-0.2202	2.2095	0.0188
1626	Gen. Pareto	-0.1432	1.6063	0.0982
35	Gen. Pareto	-0.0202	1.4147	0.1899

Tablo 5.17 - 5.24'te Sabah Zirve Saat, Akşam Zirve Saat, Zirve Dışı Saat-1 ve Zirve Dışı Saat-2 periyotları için erken gelinen ve geç kalınan süre verilerinin dağılım parametreleri incelendiğinde k parametresinin tüm periyotlar için erken gelinen süre verilerinde duraklar arasındaki artış ve azalışı büyük benzerlik göstermektedir. Geç kalınan süre verileri de kendi aralarında değerlendirildiğinde de aynı durumun söz konusu olduğu görülmüştür.

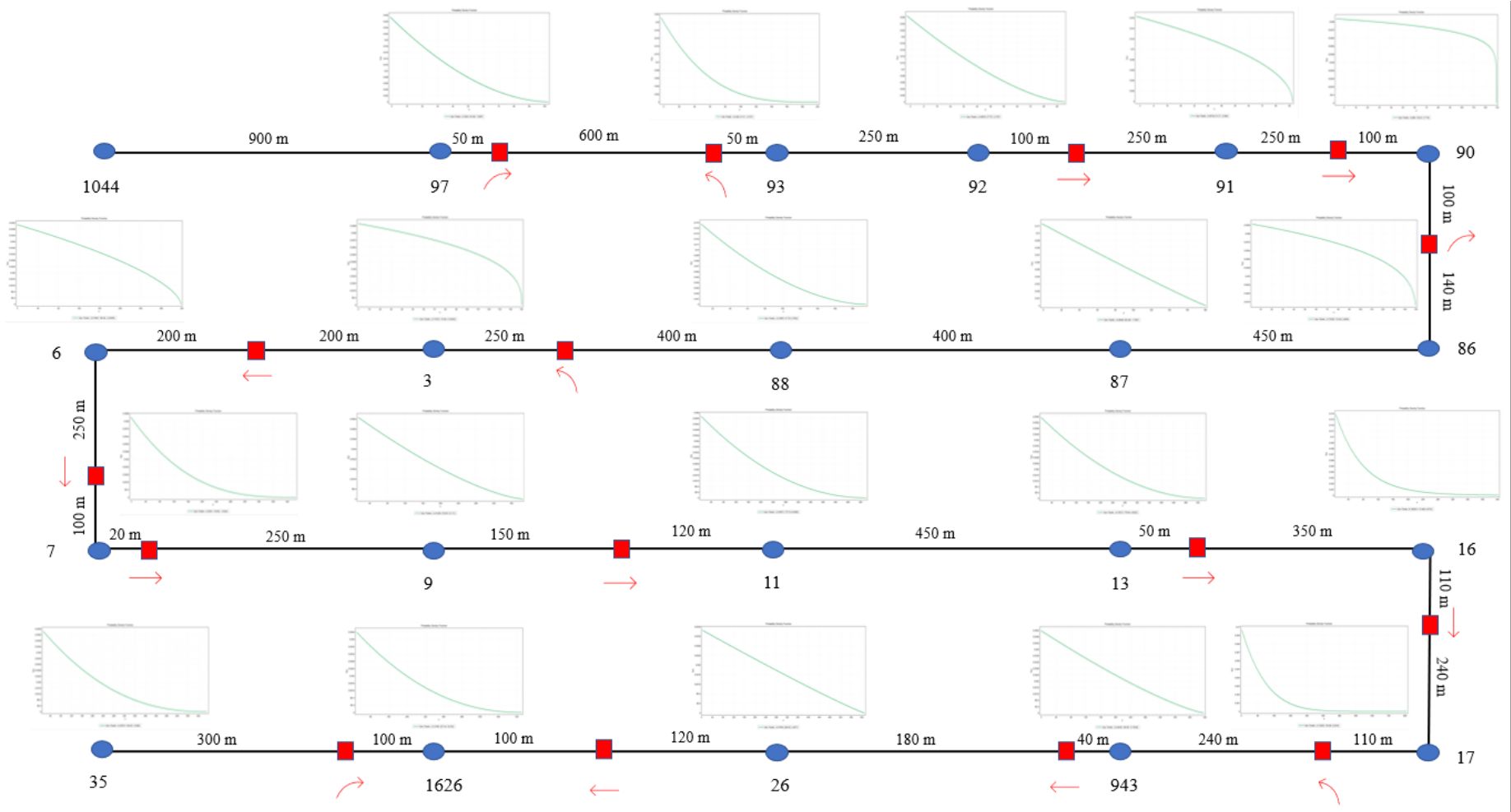
Şekil 5.4 - 5.11'de durakların zaman periyotlarına, erken gelinen ve geç kalınan sürelerle göre belirlenen olasılık yoğunluk fonksiyonu grafikleri güzergah üzerindeki kavşakların ve durakların konumlarıyla birlikte şema şeklinde gösterilmiştir.



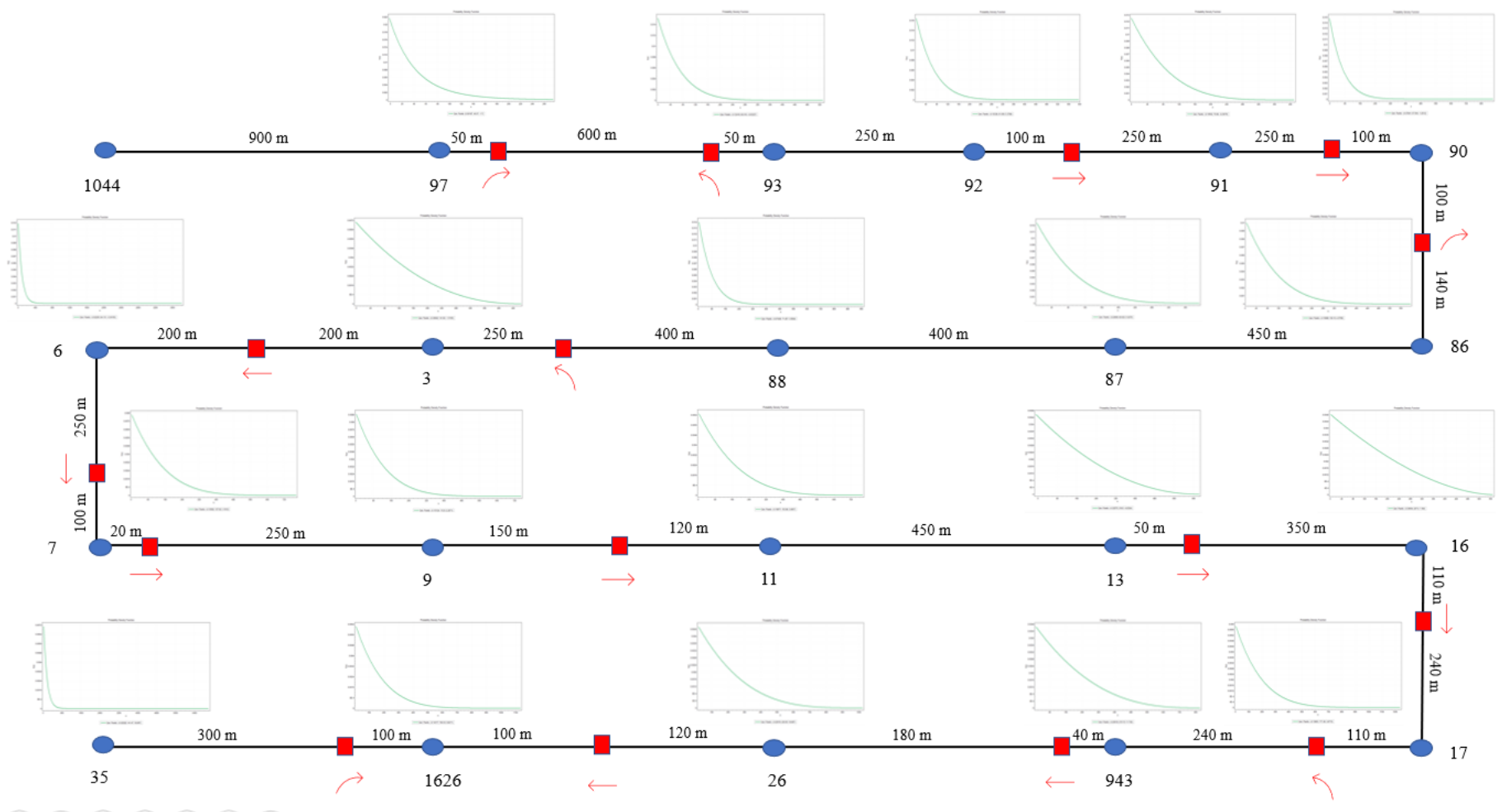
Şekil 5.4: Sabah Zirve Saat Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



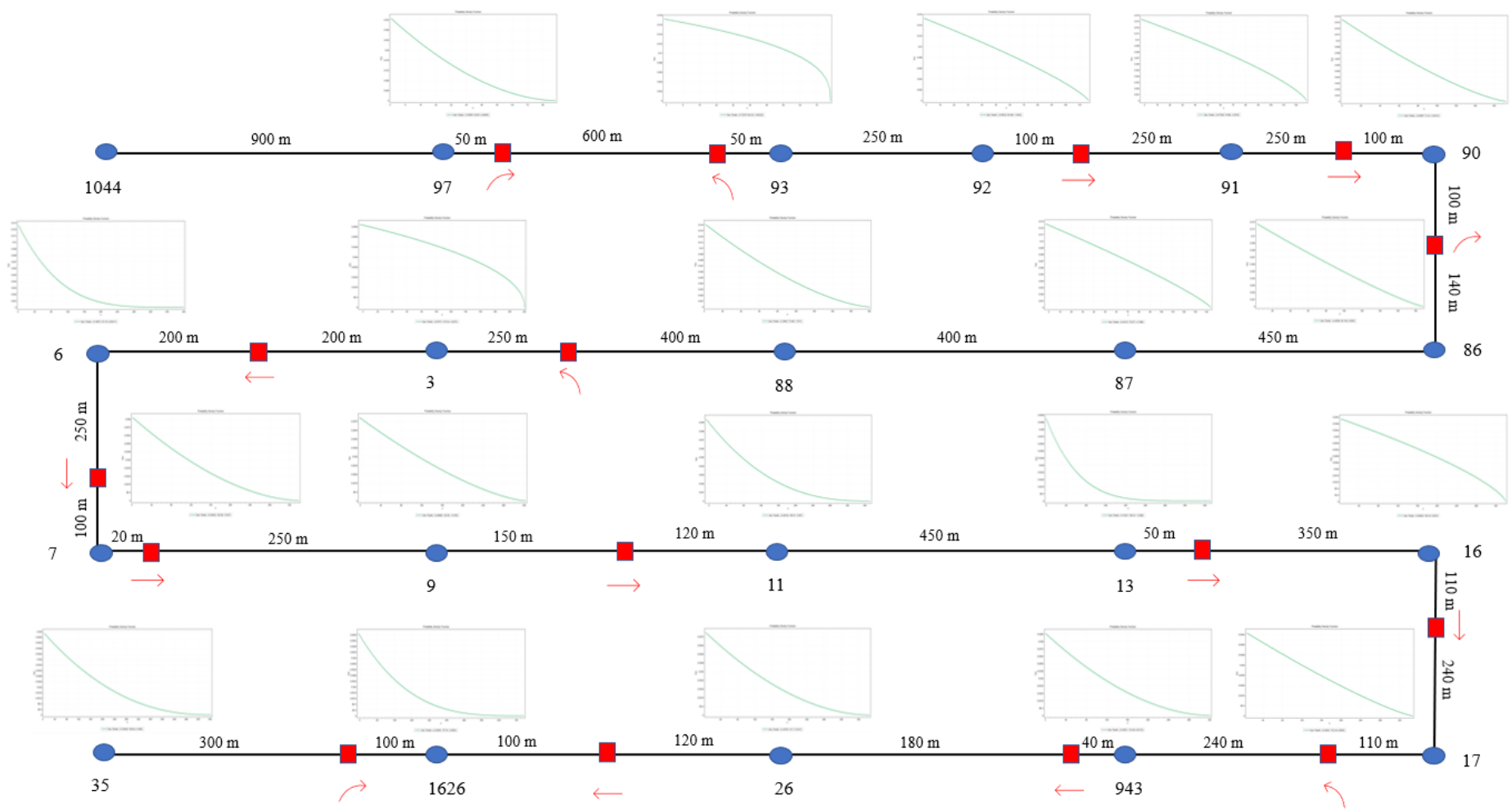
Şekil 5.5: Sabah Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



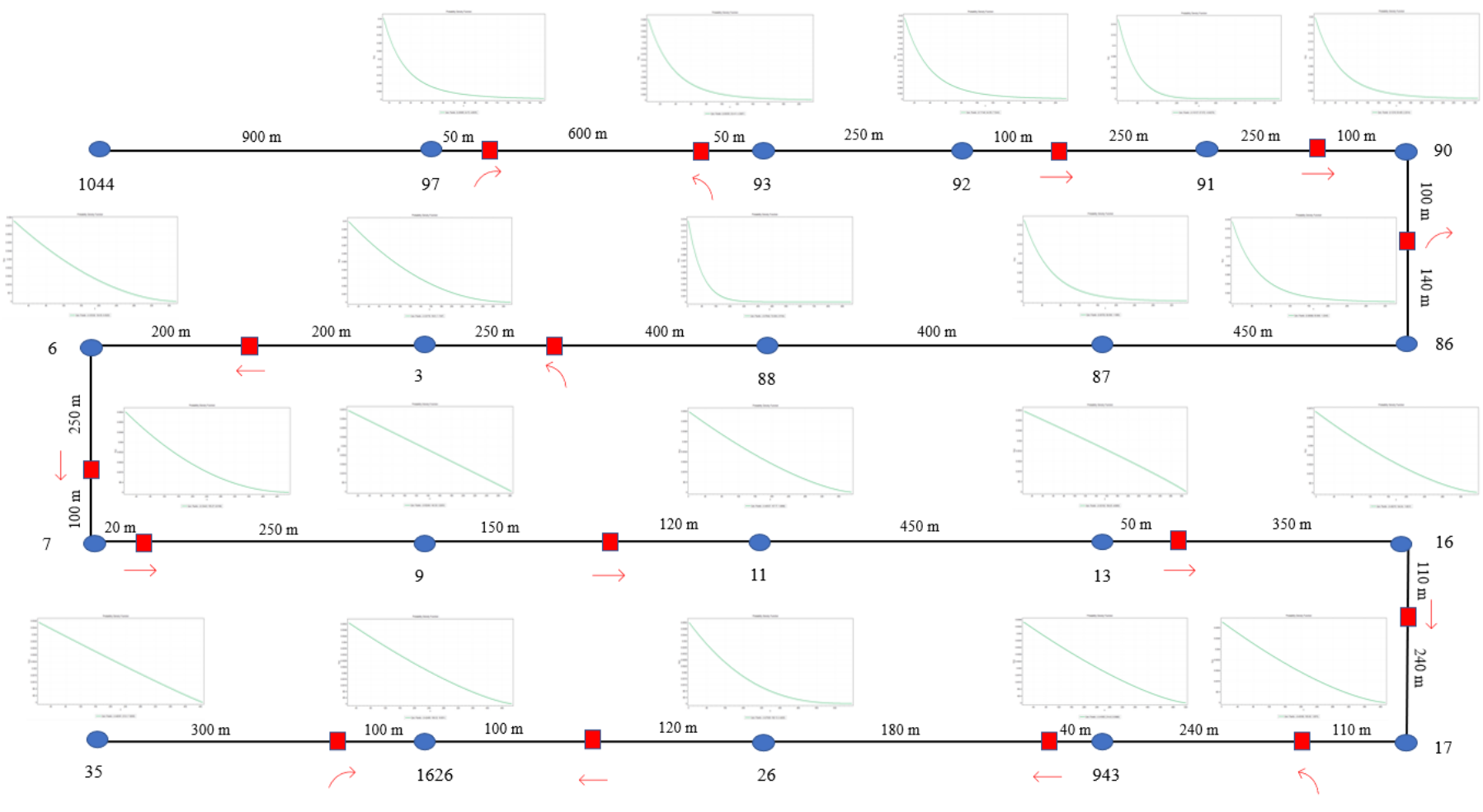
Şekil 5.6:Akşam Zirve Saat Periyodunda Erken Gelen Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



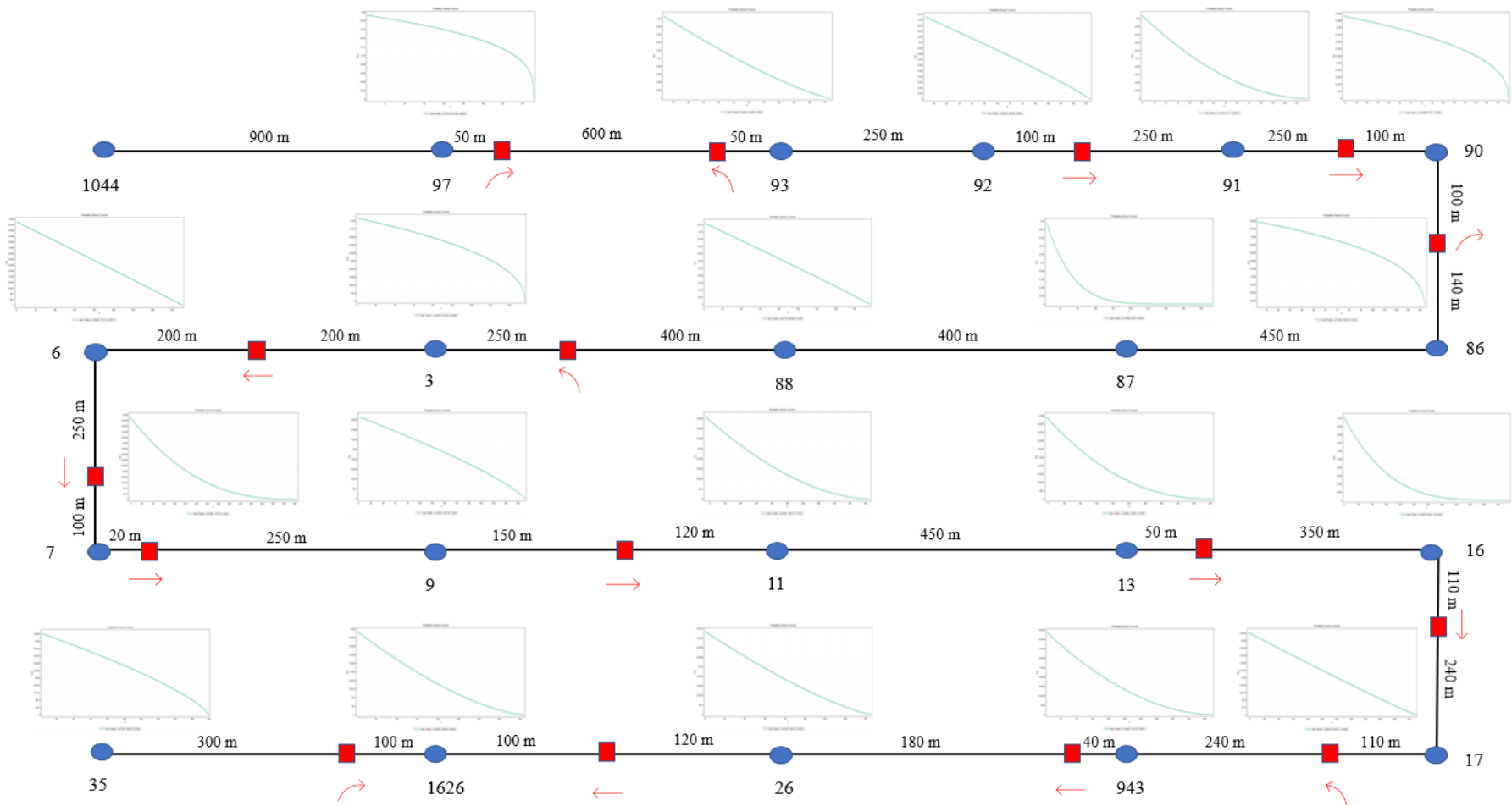
Şekil 5.7:Akşam Zirve Saat Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



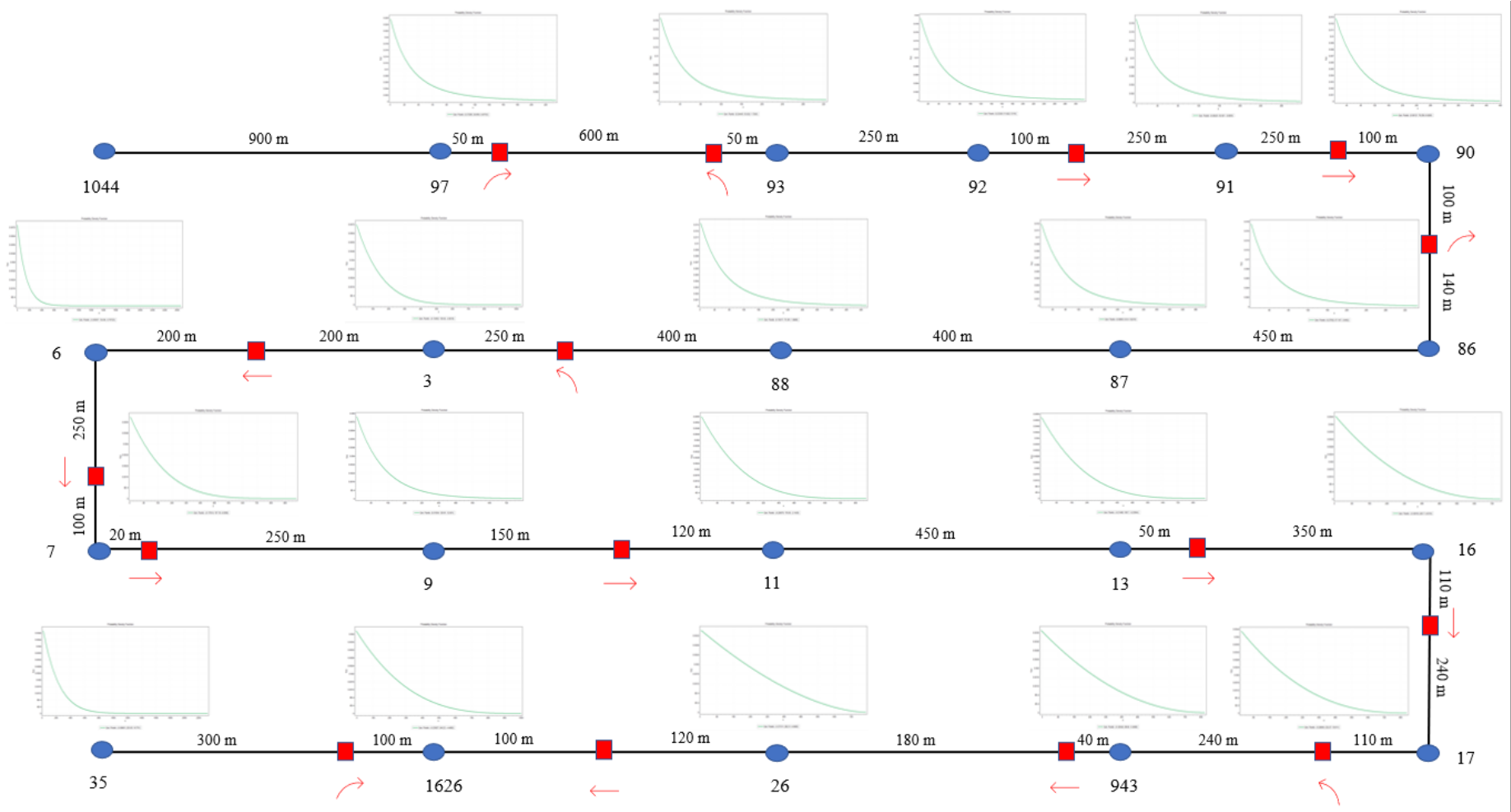
Şekil 5.8:Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Erken Geline Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



Şekil 5.9: Zirve Dışı Saat-1 Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



Şekil 5.10: Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Erken Gelinen Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri



Şekil 5.11: Zirve Dışı Saat-2 Periyodunda Geç Kalınan Süre Verileri İçin Durakların OFY Grafikleri

Şekil 5.4 - 5.11’de verilen durakların olasılık yoğunluk fonksiyon grafikleri şemasında güzergah üzerindeki duraklar mavi daire ile, kavşaklar ise kırmızı kareyle belirtilmiştir. Durakların birbirleri ve kavşaklarla aralarındaki mesafeler verilmiştir. Şemada kavşak işaretlerinin altında bulunan kırmızı oklar otobüsün o kavşaktan hani yöne döndüğünü göstermektedir.

Şekil 5.5 - 5.12 ve Tablo 5.17 - 5.24 incelendiğinde durakların dağılımlarının k şekil parametresinin tüm zaman periyotlarında Erken Gelen Süre Verileri için ortalama olarak – 0,5’ten küçük olduğu, Geç Kalınan Süre Verileri için ise özellikle 93, 92, 90, 86, 87, 3 ve 6 numaralı duraklarda k şekil parametresinin – 0,5’ten büyük olduğu gözlemlenmiştir.

5.1.4 Durakların Erken Gelen ve Geç Kalınan Sürelerin Olasılıkları

Duraklar için belirlenen Genelleştirilmiş Pareto Dağılımının kümülatif yoğunluk fonksiyonundan faydalanarak her bir zaman periyodu için duraklara 1 dakikadan fazla erken gelen sürelerin, 2 dakikadan fazla erken gelen sürelerin, 1 dakikadan geç kalınan sürelerin ve 2 dakikadan geç kalınan sürelerin olasılıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan olasılık değerleri Tablo 5.25 - 5.28’de verilmiştir.

Tablo 5.25:Duraklara 1 Dakikadan Fazla Erken Geline Süre Olasılığı

DURAKLARA 1 DAKİKADAN FAZLA ERKEN GELİNER SÜRE OLASILIĞI				
Durak No	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat 1	Zirve Dışı Saat 2
97	%8	%10	%3	%7
93	%20	%30	%13	%20
92	%7	%27	%27	%33
91	%18	%32	%31	%20
90	%47	%53	%38	%49
86	%52	%62	%45	%50
87	%42	%58	%36	%33
88	%40	%48	%37	%45
3	%50	%59	%60	%55
6	%70	%56	%45	%58
7	%60	%57	%59	%67
9	%75	%62	%60	%64
11	%72	%64	%50	%59
13	%73	%70	%52	%58
16	%48	%63	%73	%50
17	%53	%70	%69	%75
943	%71	%80	%75	%73
26	%81	%73	%63	%65
1626	%83	%64	%67	%80
35	%75	%76	%73	%78

Tablo 5.26:Duraklara 2 Dakikadan Fazla Erken Geline Süre Olasılığı

DURAKLARA 2 DAKİKADAN FAZLA ERKEN GELİNER SÜRE OLASILIğI				
Durak No	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat 1	Zirve Dışı Saat 2
97	%0	%0	%0	%0
93	%2	%0	%0	%0
92	%0	%4	%0	%1
91	%0	%2	%1	%1
90	%5	%16	%7	%10
86	%12	%22	%11	%10
87	%10	%20	%3	%8
88	%8	%15	%7	%11
3	%11	%31	%30	%19
6	%46	%29	%18	%42
7	%30	%30	%30	%44
9	%46	%35	%32	%35
11	%48	%38	%23	%35
13	%49	%44	%27	%30
16	%21	%35	%49	%25
17	%30	%43	%40	%52
943	%48	%51	%47	%60
26	%54	%50	%36	%36
1626	%62	%40	%47	%62
35	%52	%56	%49	%65

Tablo 5.27:Duraklara 1 Dakikadan Fazla Geç Kalınan Süre Olasılığı

DURAKLARA 1 DAKİKADAN FAZLA GEÇ KALINAN SÜRE OLASILIĞI				
Durak No	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat 1	Zirve Dışı Saat 2
97	%30	%20	%18	%28
93	%38	%28	%22	%38
92	%39	%38	%23	%40
91	%37	%32	%39	%45
90	%50	%36	%34	%40
86	%40	%29	%36	%56
87	%52	%61	%35	%48
88	%48	%27	%40	%40
3	%60	%43	%51	%63
6	%61	%52	%65	%50
7	%70	%59	%70	%61
9	%68	%51	%63	%57
11	%69	%52	%67	%68
13	%71	%60	%69	%73
16	%77	%66	%60	%75
17	%82	%71	%69	%77
943	%89	%80	%84	%87
26	%82	%65	%72	%82
1626	%76	%67	%80	%78
35	%60	%50	%77	%80

Tablo 5.28:Duraklara 2 Dakikadan Fazla Geç Kalınan Süre Olasılığı

DURAKLARA 2 DAKİKADAN FAZLA GEÇ KALINAN SÜRE OLASILIĞI				
Durak No	Sabah Zirve Saat	Akşam Zirve Saat	Zirve Dışı Saat 1	Zirve Dışı Saat 2
97	%13	%5	%5	%9
93	%18	%8	%6	%11
92	%17	%12	%7	%12
91	%18	%10	%13	%18
90	%26	%12	%12	%16
86	%19	%9	%13	%29
87	%27	%32	%12	%19
88	%25	%11	%18	%17
3	%39	%20	%22	%38
6	%40	%19	%35	%10
7	%47	%29	%43	%38
9	%43	%21	%34	%36
11	%42	%22	%41	%45
13	%50	%30	%40	%52
16	%57	%39	%36	%52
17	%60	%55	%42	%50
943	%70	%68	%56	%63
26	%%63	%40	%50	%61
1626	%57	%43	%55	%50
35	%53	%27	%55	%59

Tablo 5.25 - 5.28'de durakların 1 dakikadan fazla erken gelinen, 1 dakikadan fazla geç kalınan, 2 dakikadan fazla erken gelinen ve 1 dakikadan fazla geç kalınan sürelerin olasılıkları incelendiğinde tüm zaman periyotları için güzergahta ilerledikçe olasılığın arttığı gözlemlenmiştir. Zirve dışı saat periyotlarındaki geç kalınan ve erken gelinen süre olasılıkları zirve saat periyotlarından daha yüksektir.

Tüm zaman periyotları ve geç kalınan süreler için duraklar arası maksimum olasılık değişimi %5 civarındayken 3 numaralı durakla bir öncesindeki durak arasında ortalama %12, 943 numaralı bir öncesindeki durakla arasında ortalama %11 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfusun hızla artmasıyla birlikte ortaya çıkan özel araç sahipliğinin sebep olduğu sorunları ortadan kaldırabilmek için en etkili yöntemin insanları toplu taşımaya yönlendirmek olduğu gözlemlenmiştir. Bu yönlendirme için bireylerin toplu aşımaya kullanımına teşvik edilmesinde en önemli parametrelerden biri toplu taşımanın zamanlama açısından güvenilir olmasıdır. Bu çalışmada güvenilirliğin analiz edilebilmesi adına durak bazlı seyahat sürelerinin erken gelinen ve geç kalınan süre verileri düzenlenerek istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

- İstatistiksel analiz sonucunda Genelleştirilmiş Pareto Dağılımına uygun olduğu belirlenen erken gelinen ve geç kalınan süre verilerinin tüm zaman periyotları için değişim ölçüleri incelendiğinde; erken gelinen süre verilerinde yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın genel olarak 3 numaralı durak olduğu, geç kalınan süre verileri için en yüksek varyasyon katsayısına sahip durağın genel olarak 93 numaralı durak olduğu ve hem geç kalınan hem de erken gelinen süre verilerinde yine en yüksek varyasyon katsayısına sahip duraklardan birinin 97 numaralı durak olduğu gözlemlenmiştir. Bu üç durağın en önemli özelliği güzergâh üzerinde 320 numaralı otobüsün sola dönüş yaptığı 4 kavşaktan 3 ü olmalarıdır.
- Durakların tüm zaman periyotları için elde edilen Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu yardımıyla hesaplanan 1 dakikadan ve 2 dakikadan erken gelinen ve geç kalınan süre olasılıkları incelendiğinde duraklar arası değişimin genellikle %5'i geçmediği, fakat hem erken gelinen hem de geç kalınan süre verileri için 3 numaralı durakta bu değişimin ortalama olarak %12'yi, 943 numaralı durakta ise ortalama olarak %11'i geçtiği gözlemlenmiştir. Bu iki durağın en önemli özelliği güzergâh üzerinde şehir merkezinde (en yoğun araç trafiğinin bulunduğu bölgede) 320 numaralı otobüsün sadece bu duraklardan sola dönüş yapmasıdır. Bunun yanında 3 numaralı durağın bir öncesinde yer alan 88 numaralı durağın en çok yolcu binişi olan durak olmasına rağmen, 943 numaralı durağın bir öncesinde yer alan 17 numaralı durak en az yolcu binişi olan duraklardan biridir. Böylece bu çalışma kapsamında yolcu biniş sayısının etkisi pek gözlemlenememiştir.

- Durakların tüm zaman periyotları için elde edilen Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu yardımıyla hesaplanan 1 dakikadan ve 2 dakikadan erken gelinen ve geç kalınan süre olasılıkları incelendiğinde duraklar arası olasılık değişimlerinin güzergahta ilerledikçe genellikle artış gösterdiği halde 86, 87 ve 88 numaralı duraklar arasında %10'a varan bir azalma gözlemlenmiştir. Bu üç durağın güzergâh üzerindeki en önemli özelliklerinden biri aralarında kavşak bulunmamasıdır.
- Duraklar için belirlenen Genelleştirilmiş Pareto Dağılımının parametreleri incelendiğinde k şekil parametresinin tüm zaman periyotları için geç kalınan sürelerde erken gelinen sürelerle göre daha büyük olduğu gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasında 320 numaralı otobüs hattının güzergahında sola dönüş yapılan kavşaklardan sonraki durakların güvenilir olmadığı, aralarında hiç kavşak bulunmayan durakların ise kavşak bulunan duraklara göre daha güvenilir olduğu bulunmuştur. Otobüs güzergahı belirlenirken sola dönüşlerin mümkünse minimum tutulması ya da özellikle sola dönüşler için otobüs önceliklendirme sistemlerinin iyileştirilmesi önerilmektedir.

Daha önce yapılan güvenilirlik çalışmalarında çoğunlukla zirve saatler üzerinde durulmuş, zirve dışı saatlerle pek ilgilenilmiştir. Fakat bu çalışmada görüldüğü üzere zirve dışı saatlerin güvenilirliği zirve saatlere göre daha kötü durumdadır. Gelecek çalışmalarda bu durumun sebebi irdelenerek araştırılabilir.

Veri setine en uygun dağılım olarak belirlenen Genelleştirilmiş Pareto Dağılımının k şekil parametresi zaman periyotları ve duraklara göre değişiklik göstermiştir. Gelecekte bu parametrenin tahmini üzerine parametre tahmin yöntemleri kullanılarak bir çalışma yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

Abbasgil, E. "İstanbul'daki Toplu Taşımacılık KapsamındaRaylı Sistemlerin Değerlendirmesi (Esenler- Aksaray Hızlı Tramvay Örneği)", İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi ,İstanbul, 1994

Abkowitz, M., and Israel E. "Methods for maintaining transit service regularity." Transportation Research Record 961 (1984): 1-8.

Acıbadem Dergisi (erişim tarihi: 17.06.2021): <http://acibademdergisi.com>

Adamson, P. T. "Probability distributions of best fit to South African flood data." Water SA 5.2 (1979): 70-76.

Akyılmaz, Ö. "Kentsel Toplutaşım Politikasının Temel İlkeleri." Toplu Taşım Kongresi (1979): 301-309.

Amberg, Bastian, Boris Amberg, and Natalia Kliewer. "Robust efficiency in urban public transportation: Minimizing delay propagation in cost-efficient bus and driver schedules." Transportation Science 53.1 (2019): 89-112.

Arnold, Stevan J. "Morphology, performance and fitness." American Zoologist 23.2 (1983): 347-361

Bali, Turan G. "A generalized extreme value approach to financial risk measurement." Journal of Money, Credit and Banking 39.7 (2007): 1613-1649.

Bates, John, et al. "The valuation of reliability for personal travel." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 37.2-3 (2001): 191-229.

Bircan, Hüdaverdi, and Yalçın Karagöz. "Box-Jenkins modelleri ile aylık döviz kuru tahmini üzerine bir uygulama." Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 6 (2003): 49-62.

Bir Gün Haber (erişim: 17.06.2021): <https://www.birgun.net/>

Buongiorno, Joseph, et al. The global forest products model: structure, estimation, and applications. Elsevier, 2003

Ceder, Avishai. Public transit planning and operation: Modeling, practice and behavior. CRC press, 2016.

Comi, Antonio, et al. "Bus dispatching irregularity and travel time dispersion." 2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS). IEEE, 2017.

CIRIT, Faruk. "Sürdürülebilir Kentiçi Ulaşım Politikaları Ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması." (2016).

Csikos, Daniel, and Graham Currie. "Investigating consistency in transit passenger arrivals: insights from longitudinal automated fare collection data." Transportation research record 2042.1 (2008): 12-19.

Çalışkanelli, S. Pelin, And Mustafa Özuysal. "Kentiçi Otobüs Sisteminin Güvenilirliğini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi." Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi 21.61 (2019): 259-269.

Çelikhan, S. Yerleşme strüktürü, ulaşım politika ve planlaması. 3. Ulaştırma Kongresi Sempozyum Bildirileri Kitabı Ankara: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası (1995): 127-144.

Demirkollu, Muhammed. Hedef programlama yönetmi ile otobüs sefer sayılarının tespit edilmesi. MS thesis. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.

Denizli Ulaşım A.Ş. (erişim tarihi: 17.06.2021) : <http://www.denizliulasim.com.tr>

Dueker, Kenneth J., et al. "Determinants of bus dwell time." Journal of public transportation 7.1 (2004): 2.

Durán-Hormazábal, Elsa, and Alejandro Tirachini. "Estimation of travel time variability for cars, buses, metro and door-to-door public transport trips in Santiago, Chile." Research in Transportation Economics 59 (2016): 26-39.

Ergün, M., F. A. İyınam, and Ş. İyınam. "Daha Temiz Bir Çevre İçin Kent İçi Ulaşımın Planlanması, II." Ulaşım ve Trafik Kongresi Bildiriler Kitabı, yayın 242 (1999): 382-391.

Flynn, Michael R. "Fitting human exposure data with the Johnson SB distribution." *Journal of exposure science & environmental epidemiology* 16.1 (2006): 56-62.

Furth, Peter G., and Theo HJ Muller. "Service reliability and hidden waiting time: Insights from automatic vehicle location data." *Transportation Research Record* 1955.1 (2006): 79-87.

Hagler Bailly Services, Inc, and Morpace International. *Guidance for Communicating the Economic Impacts of Transportation Investments*. Vol. 436. Transportation Research Board, 1999.

Higatani, Akito, et al. "Empirical analysis of travel time reliability measures in Hanshin expressway network." *Journal of Intelligent Transportation Systems* 13.1 (2009): 28-38.

Jenkinson, Arthur F. "The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 81.348 (1955): 158-171.

Johnson, Norman L. "Bivariate distributions based on simple translation systems." *Biometrika* 36.3/4 (1949): 297-304.

Karahan, H, and Özkan E. "Ege bölgesi standart süreli yıllık maksimum yağışları için en uygun dağılımlar." *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 19.3 (2013): 152-157.

Karar Haber (erişim tarihi: 17.06.2021): <https://www.karar.com/>

Keskin, D. "Kent içi raylı sistemlerde elektromekanik sistemler yatırım maliyetleri." İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi (2013).

Kieu, Le-Minh, Ashish Bhaskar, and Edward Chung. "Public transport travel-time variability definitions and monitoring." *Journal of Transportation Engineering* 141.1 (2015): 04014068.

Kimpel, Thomas Jeffrey. *Time point-level analysis of transit service reliability and passenger demand*. Portland State University, 2001.

Kimpel, Thomas J., James G. Strathman, and Kenneth Dueker. "Time point-level analysis of passenger demand and transit service reliability." (2000).

Kittelsohn & Associates, Inc., Urbitran, Inc., LKC Consulting Services, Inc., MORPACE International, Inc., Queensland University of Technology, and Y. Nakanishi. *TCRP Report 88: A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System*. (2003).

Kottegoda, N. T. "Fitting Johnson SB curve by the method of maximum likelihood to annual maximum daily rainfalls." *Water Resources Research* 23.4 (1987): 728-732.

Köle, Can, And Fikri Gökpınar. "Comparison Of Type One Errors And Powers Of Some Goodness Of Fit Tests For Exponentiality." (2012).

Mage, David T. "SB için Açık Bir Çözüm, Dört Yüzdelik Nokta Kullanan Parametreler." *Teknometri* 22.2 (1980): 247-251.

Mazloumi, Ehsan, Graham Currie, and Geoffrey Rose. "Using GPS data to gain insight into public transport travel time variability." *Journal of Transportation Engineering* 136.7 (2010): 623-631.

Mert, İlker. "Hatay bölgesi rüzgar enerjisi potansiyelinin olasılık dağılımları ve yapay sinir ağları ile modellenmesi." (2018).

Murat, Sedat, and Levent Şahin. *Dünden bugüne İstanbul'da ulaşım*. İstanbul Ticaret Odası, 2010.

Newell, Gordon F. "Dispatching policies for a transportation route." *Transportation Science* 5.1 (1971): 91-105.

Noland, Robert B., and John W. Polak. "Travel time variability: a review of theoretical and empirical issues." *Transport reviews* 22.1 (2002): 39-54.

Öncü, E. "Az Gelişmiş ve Gelişmiş Ülkelerde Ara-Toplu Taşım. 2." Toplu Taşıma Kongresi, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü (1979): 663-691.

Özmen, Tamer. Bilinmeyen Ölçek Ve Konum Parametreleri İle Gama Dağılımı İçin Modifiye Anderson Darling Uygunluk İyiliği Testi . Hava Kuvvetleri Inst Of Tech Wright-Pattersonafb Oh, 1993.

Öztürk, Z., & Arlı, V. (2009). Demiryolu mühendisliği. İstanbul Ulaşım AŞ.

Pickands III, James. "Statistical inference using extreme order statistics." *Annals of statistics* 3.1 (1975): 119-131.

Pu, Wenjing. "Analytic relationships between travel time reliability measures." *Transportation Research Record* 2254.1 (2011): 122-130.

Ray Haber (erişim tarihi: 17.06.2021): <https://rayhaber.com/>

Ricard, Léa, et al. "Predicting the probability distribution of bus travel time to move towards reliable planning of public transport services." arXiv preprint arXiv:2102.02292 (2021).

Saatçioğlu, C., & Yaşarlar, Y. (2012). Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 3 (3), 117-144.

Sertok, S., Anbaroğlu, B., & Yeniay, Ö. (2020). Seyahat Süresi Değişkenliğinin Ve Güvenilirliğinin İstatistiksel Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 445-454.

Sistemleri, Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık. "İstanbul Örneği Doç. Dr. Cem Saatçioğlu9 Yaşar Yaşarlar Özet." *İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*: 117.

Strathman, James G., and Janet R. Hopper. "Empirical analysis of bus transit on-time performance." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 27.2 (1993): 93-100.

Taylor, M. A. P. "Travel time variability—the case of two public modes." *Transportation Science* 16.4 (1982): 507-521.

Taylor, Michael AP. "Modelling travel time reliability with the Burr distribution." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 54 (2012): 75-83.

Toplu Taşımam Faydası (erişim tarihi: 17.06.2021) : <https://www.kerimusta.com/tek-fotografla-toplu-tasimanin-faydasi/>

Turochy, Rod E., and Brian L. Smith. "Measuring variability in traffic conditions by using archived traffic data." *Transportation research record* 1804.1 (2002): 168-172.

Von Mises, Richard. "La distribution de la plus grande de n valeurs." *Rev. math. Union interbalcanique* 1 (1936): 141-160.

Weng, Jiancheng, et al. "Modeling mode choice behaviors for public transport commuters in Beijing." *Journal of Urban Planning and Development* 144.3 (2018): 05018013.

Yazici, M. Anil, Camille Kamga, and Kyriacos C. Mouskos. "Analysis of travel time reliability in New York city based on day-of-week and time-of-day periods." *Transportation research record* 2308.1 (2012): 83-95.

Yılmaz, H., (2011) Çarpık Dağılımlarda Parametre Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi FBE.

Zhou, Jiangping, et al. "Monitoring transit-served areas with smartcard data: A Brisbane case study." *Journal of Transport Geography* 76 (2019): 265-275.