**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANABİLİM DALI**

# ARA TOPLU TAŞIMA ARACI OLARAK DOLMUŞUN SEYAHAT SÜRESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ: ORTAHİSAR (TRABZON) ÖRNEĞİ

**DOKTORA TEZİ**

**Beytullah SULAK**

**MART 2024**
**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANABİLİM DALI**

# ARA TOPLU TAŞIMA ARACI OLARAK DOLMUŞUN SEYAHAT SÜRESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ: ORTAHİSAR (TRABZON) ÖRNEĞİ

**Beytullah SULAK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**
**"DOKTOR (ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA)"**
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :15 / 02 / 2024**
**Tezin Savunma Tarihi : 29 / 03 / 2024**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ersin TÜRK**

**Trabzon 2024**

# ÖNSÖZ

"Ara Toplu Taşıma Aracı Olarak Dolmuşun Seyahat Süresinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini: Ortahisar (Trabzon) Örneği" isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı Doktora Programı'nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ersin TÜRK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Dr. Cenap SANCAR'a ve Sayın Doç. Dr. Çağlar KOŞUN'a, eğitim öğretim hayatımda katkısı olan tüm hocalarıma, bölüm başkanım Prof. Dr. Dilek BEYAZLI'ya, hiçbir yardımdan kaçınmayan Arş. Gör. Mihriban ÖZTÜRK SAKA'ya teşekkür ederim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Değerli destekleriyle saha çalışmalarımı kolaylaştıran öğrencilerim Mehmet Yasin KOÇ'a, Merve ALTINTAŞ'a, Esra GÜNAYDIN'a, Furkan HALEP'e, Yaren BAŞÇİL'e, İpek ERTEMOĞLU'na, Bedir GÜLER'e, Kübra TOSUN'a, Merve ÖZTÜRK'e, Beyza BİRİNCİ'ye, Şeyma Yaren AYTEKİN'e, Selma ŞANLI'ya, Murat ALTUNALAN'a, Nadir AKSU'ya, Timur SÜMER'e ve Alpay ŞENSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararımda arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem Emine SULAK ve rahmetli babam Mehmet SULAK'a, kardeşlerime teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Beytullah SULAK

Trabzon 2024

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum "Ara Toplu Taşıma Aracı Olarak Dolmuşun Seyahat süresinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini: Ortahisar (Trabzon) Örneği" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ersin TÜRK'ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29/03/2024

Beytullah SULAK

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖNSÖZ ..... III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ ..... IV
İÇİNDEKİLER ..... V
ÖZET ..... VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... X
TABLOLAR DİZİNİ ..... XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... XV
1. GENEL BİLGİLER ..... 1
1.1. Giriş ..... 1
1.1.1. Çalışmanın Amacı ..... 3
1.1.2. Çalışmanın Kapsamı, Kurgusu ve Yöntemi ..... 6
1.1.3. Çalışmanın Mesleki Disipline ve Bilim Alanına Katkısı ..... 9
1.2. Ulaşım ..... 11
1.2.1. Toplu Taşıma ..... 13
1.2.1.1. Toplu Taşımanın Tarihsel Süreç İçerisindeki Gelişimi ..... 13
1.2.1.2. Kentsel Toplu Taşıma ..... 16
1.2.1.3. Kentsel Toplu Taşımanın Sınıflandırılması ..... 18
1.2.1.4. Kentsel Toplu Taşımanın Önemi ..... 20
1.2.2. Ara Toplu Taşıma ..... 22
1.2.2.1. Ara Toplu Taşımanın Kentsel Ulaşımdaki Yeri ..... 31
1.2.2.2. Ara Toplu Taşımanın Avantajları ve Problemleri ..... 32
1.2.2.3. Ara Toplu Taşımanın Sınıflandırılması ..... 33
1.2.2.4. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Türkiye Genelindeki Özellikleri ve Uygulamaları ..... 37
1.2.2.5. Ara Toplu Taşımada Dolmuş ve Tanımı ..... 41
1.2.2.6. Ara Toplu Taşımada Dolmuşun Tarihçesi ..... 44
1.2.2.7. Dolmuş Sisteminin Sınıflandırılması ..... 57
1.2.2.8. Dolmuş Sisteminde Yasal Çerçeve ..... 58
1.2.3. Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılmış Çalışmalar ..... 60
1.2.3.1. Ara Toplu Taşıma (Paratransit) ile İlgili Yapılan Çalışmalar ..... 61
1.2.3.2. Talep Odaklı Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar ..... 64

1.2.3.3. Esnek Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar ..... 66
1.2.3.4. Gayri Resmi Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar ..... 67
1.3. Yapay Sinir Ağları ..... 68
1.3.1. Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi ..... 69
1.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ..... 71
1.3.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması ..... 75
1.3.2.2. Tiplerine Göre YSA'lar ..... 75
1.3.2.3. Öğrenme Yöntemine Göre YSA'lar ..... 78
1.3.2.4. Katman Sayılarına göre YSA'lar ..... 80
1.3.2.5. Yapılarına Göre YSA'lar ..... 83
1.3.2.6. Kullanım Amaçlarına göre YSA'lar ..... 83
1.3.2.7. YSA Performans Ölçüleri ..... 85
1.3.3. Yapay Sinir Ağları ve Ulaşım ..... 86
1.3.3.1. Yapay Sinir Ağları ve Toplu Ulaşım ..... 87
1.3.3.2. Yapay Sinir Ağları ve Otobüs Seyahat Süresi Tahmini ..... 90
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR ..... 97
2.1. Çalışmanın Yöntemi ..... 97
2.2. Çalışma Alanı ..... 98
2.3. Ortahisar Kentindeki Dolmuş Seyrinin İrdelenmesi ..... 102
2.3.1. Ortahisar Kentindeki Mevcut Dolmuş Sisteminin İrdelenmesi ..... 106
2.4. Çalışmada Seçilen Dolmuş Duraklarının Belirlenmesi ..... 114
2.5. Seyahat Süresi Tahmininde Kullanılacak Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi ..... 116
2.5.1. Seyahat Süresi Tahmininde Kullanılacak Girdilerin Açıklanması ..... 117
2.6. Alan Çalışması ..... 133
3. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 135
3.1. Temel İstatistiki Değerlendirme ..... 135
3.2. Seyahat Süresi Tahmin Analizi ..... 137
3.2.1. Seyahat Süresi Tahmin Analizinde Kurulan YSA Mimarisinin Yapısı ..... 138
3.2.2. Birinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar ..... 143
3.2.3. İkinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçları ..... 147
3.2.4. Üçüncü Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar ..... 153
3.2.5. Dördüncü Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar ..... 158
3.2.6. Beşinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar ..... 165
3.2.7. YSA ve Regresyon Karşılaştırılması ..... 172

4. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 179
5. KAYNAKLAR ..... 186
6. EKLER ..... 215
ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

# ÖZET

ARA TOPLU TAŞIMA ARACI OLARAK DOLMUŞUN SEYAHAT SÜRESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ: ORTAHİSAR (TRABZON) ÖRNEĞİ

Beytullah SULAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ersin TÜRK
2024, 214 Sayfa, 46 Sayfa Ek

Çalışmanın amacı; kentsel toplu taşımada önemli bir rolü olan, toplam yolculuğun önemli bir bölümünü taşıyan, karmaşık, düzensiz, anlaşılması zor bir yapıya sahip dolmuşun seyahat süresini, arazi kullanım kararları da dikkate alınarak, yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin etmektir. Karmaşık bir yapıda olan dolmuş sistemlerinin seyahat süresinin tahmininde girdiler arası işlevsel ilişkileri ortaya koyması bakımdan yapay sinir ağları kullanılmasına karar verilmiştir.

Dolmuş duraklarının işletme düzeni, kalkış sıklığı, izledikleri güzergâhlar da dikkate alınarak kentin doğu, batı ve güney yönüne ilerleyen üç farklı dolmuş durağı örnek olarak seçilmiştir. Çalışmada dolmuşun seyahat süresi tahmin etmek için yapay sinir ağları modellerinde farklı sayıda girdi değişkenleri denenmiş, arazi kullanım ile ilgili girdilerin yalın halde kullanılması yâda diğer girdiler ile birlikte kullanılması durumunda tahmin modelinin başarısı irdelenmiştir. Arazi kullanım ile ilgili girdilerin yalın halde kullanılması durumunda başarılı bir tahmin sonucu gerçekleşmese de arazi kullanım ile birlikte "Tıkanıklık" ve "Ortalama hız " girdi değişkenleri kullanıldığında model en iyi tahminini gerçekleştirmiştir.

**Anahtar Kelimeler**: Ara Toplu Taşıma, Dolmuş, Yapay Sinir Ağları, Arazi Kullanımı, Ortahisar/Trabzon

PhD. Thesis

**SUMMARY**

# ESTIMATION OF TRAVEL TIME OF DOLMUS AS A PARATRANSIT VEHICLE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS: THE CASE OF ORTAHISAR (TRABZON)

Beytullah SULAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Urban And Regional Planning Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Ersin TÜRK
2024, 214 Pages, 46 Appendix

The aim of the study is to estimate the travel time of the dolmuş, which has an important role in public transport, has a complex, irregular and difficult to understand structure, by taking into account land use decisions, using artificial neural networks method. It was decided to use artificial neural networks to identify the functional relationships between inputs in the travel time estimation of dolmuş systems, which have a complex structure.

Three different dolmuş stops on the east, west and south directions of the city were selected as a sample, taking into account the operating order, trip frequency and the routes. In the study, different numbers of input variables were tested in artificial neural network models to estimate the travel time. The success of the estimation model was analysed when the inputs related to land use were used alone or in combination with other inputs. Although the estimation was not successful when the inputs related to land use were used alone, the model performed the best estimation when the input variables "congestion" and "average speed" were used together with land use.

**Key Words**: Paratransit System, Dolmuş, Artificial Neural Networks, Land Use, Ortahisar/Trabzon

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1. Toplu taşımanın destekleyicisi ve tamamlayıcısı olarak ara toplu taşımanın işlevsel şeması ..... 2
Şekil 2. Tez çalışma süreci ve işlem adımları ..... 6
Şekil 3. Kentsel ulaşım sistemlerinde hiyerarşi ve ara toplu taşımanın yeri. ..... 12
Şekil 4. Toplu taşıma sisteminda kullanılan araçların evrimi ..... 15
Şekil 5. Ulaşım sistemlerinde kullanılan birim enerji ile yatırım ve işletme maliyetleri ..... 21
Şekil 6. Toplu taşımda talebe duyarlılık ..... 26
Şekil 7. Ara toplu taşımanın diğer ulaştırma modları arasındaki yeri. ..... 31
Şekil 8. Ülkemizde ara toplu taşımada kullanılmakta olan araçlar ..... 39
Şekil 9. Ülkemizdeki ilk taksi dolmuş örnekleri ..... 46
Şekil 10. Dolmuş ve minibüs hatlarının geçirdiği evreler. ..... 49
Şekil 11. Kent nüfusu ve biçimine göre dolmuş hatlarının gelişimi ..... 55
Şekil 12. Biyolojik sinir hücresinin yapısı ..... 71
Şekil 13. Sinir sisteminin diyagram gösterimi ..... 72
Şekil 14. Yapay sinir hücresinin yapısı ..... 72
Şekil 15. Yapay sinir ağının yapısı ..... 74
Şekil 20. Biyolojik sinir hücresinin temel elemanlarının yapay sinir hücresindeki karşılığı ..... 74
Şekil 17. YSA'nın sınıflandırılması ..... 75
Şekil 18. Tek katmanlı ve çok katmanlı YSA ..... 80
Şekil 19. Çok katmanlı YSA'larda çalışma adımları ..... 82
Şekil 20. Hopfield ve Kohonen ağ yapısı ..... 83
Şekil 21. Kullanım amaçlarına göre YSA'lar ..... 84
Şekil 22. Çalışma alanının ülke geneline göre coğrafi konumu ..... 99
Şekil 23. Ortahisar kent merkezindeki otobüs hatlarının güzergâhları ..... 99
Şekil 24. Ortahisar kentindeki taksi durakları ..... 102
Şekil 25. Ortahisar kentinde taksi dolmuşların ilk güzergahları ..... 103
Şekil 26. Kent merkezi ve civarında otobüs, dolmuş ve minibüslerin kalkış yaptıkları noktalar ..... 106
Şekil 27. Meydan köprü altı bölgesi dolmuş durakları ..... 108
Şekil 28. Çalışma alanındaki tüm dolmuşların izledikleri güzergahlar ..... 109

Şekil 29. Dolmuş duraklarında bulunan görevli ..... 110
Şekil 30. Ortahisar kentindeki otobüs ve dolmuş güzergahlarının çakışıklık haritası ..... 115
Şekil 31. Hatlara göre 1 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar ..... 119
Şekil 32. Hatlara göre 2 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar ..... 120
Şekil 33. Hatlara göre 3 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar ..... 122
Şekil 34. 1 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı ..... 130
Şekil 35. 2 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı ..... 131
Şekil 36. 3 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı ..... 132
Şekil 37. GPS tabanlı Speedometer programı çıktı örneklerinden ..... 134
Şekil 38. Duraklara göre seyahat süresinin histogram grafiği ..... 136
Şekil 39. İleri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bir ağın yapısı ..... 139
Şekil 40. Aktivasyon fonksiyonu grafiği ..... 142
Şekil 41. Matlab programında kurulan birinci modellere ilişkin YSA mimarileri ..... 143
Şekil 42. Birinci YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği ..... 144
Şekil 43. Birinci YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği ..... 145
Şekil 44. Birinci modellere göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi ..... 148
Şekil 45. Matlab programında kurulan ikinci modellere ilişkin YSA mimarisi ..... 149
Şekil 46. İkinci YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği ..... 150
Şekil 47. İkinci YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği ..... 151
Şekil 48. İkinci YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi ..... 154
Şekil 49. Matlab programında kurulan üçüncü modellere ilişkin YSA mimarisi ..... 155
Şekil 50. Üçüncü YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği ..... 155
Şekil 51. Üçüncü YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği ..... 157
Şekil 52. Üçüncü YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi ..... 159
Şekil 53. Matlab programında kurulan dördüncü modellerin YSA mimarileri ..... 160
Şekil 54. Dördüncü YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği ..... 161
Şekil 55. Dördüncü modellerin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği ..... 162

Şekil 56. Dördüncü YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi ..... 164
Şekil 57. Matlab programında kurulan beşinci modellerin YSA mimarileri ..... 169
Şekil 58. Beşinci YSA modellerinin eğitim sonrası hata- performans grafiği ..... 169
Şekil 59. Beşinci modellerin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin saçılma diyagramı ..... 171
Şekil 60. Beşinci YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi ..... 173
Şekil 61. Çoklu regresyon modellerine göre gerçekleşen ve tahmin edilen değerlerin grafiksel gösterimi ..... 177
Şekil 62. Gerçekleşen değerlerin YSA ve çoklu regresyonun tahmin ettiği değerlere göre grafiksel karşılaştırılması ..... 178

## TABLOLAR DİZİNİ

**Sayfa No**


Tablo 1. Çalışmanın kapsamına göre araştırma başlıkları ve araştırma soruları ..... 7

Tablo 2. Ulaşımın amaç ve hedefleri ..... 11

Tablo 3. Kentsel toplu taşım türleri, kullanılan araçlar ve kapasiteleri ..... 17

Tablo 4. Kentsel toplu taşıma türlerinin güzergâh ve teknolojik özelliklerine göre sınıflandırılması ..... 19

Tablo 5. Talebe duyarlı ulaşımın genel o özellikleri ..... 27

Tablo 6. Gayri resmi olarak çalışan ara toplu taşıma araçları ve hizmetlerin sınıfları ..... 29

Tablo 7. Resmi ve gayri resmi ara toplu taşımanın karşılaştırılması ..... 30

Tablo 8. Gayri resmi ara toplu taşımanın sınıflandırılması ..... 30

Tablo 9. Gelişmekte olan ülkelerde çeşitli ara toplu taşıma servislerinin adları ..... 34

Tablo 10. Ara toplu taşıma türlerinin genel özellikleri ..... 36

Tablo 11. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki ara toplu taşıma sistemlerinin genel özellikleri ve karşılaştırılması ..... 38

Tablo 12. Ülkemizdeki ara toplu taşıma uygulamalarının genel özellikleri ..... 43

Tablo 13. İstanbul ve Ankara'da yolcu sayısı oranlarının toplu taşıma türlerine göre dağılımı ..... 54

Tablo 14. Ülkemizdeki kanun, yönetmelik ve mevzuatlarda ara toplu taşımada kullanılan araç türleri ve ilgili kararları ..... 59

Tablo 15. Yapay sinir ağlarının özet tarihçesi ..... 70

Tablo 16. YSA'nın öğrenme yöntemine göre sınıflandırılması ..... 79

Tablo 17. YSA performans ölçüleri ..... 85

Tablo 18. YSA'nın kullanım alanlarına göre ulaşım araştırma konularının karşılaştırılması ..... 87

Tablo 19. Toplu taşıma problemlerinde YSA modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar ve amaçları ..... 89

Tablo 20. Otobüs sehayat süresi tahmininde YSA modellerinde kullanılan girdiler ..... 95

Tablo 21. Minibüs hatlarına ilişkin araştırma soruları ..... 101

Tablo 22. Trabzon kent merkezinde hizmet vermiş ..... 103

Tablo 23. Ortahisar kentinde hizmet veren güncel dolmuş hatları ve araç sayıları ..... 104

Tablo 24. Kent merkezi ve civarında dolmuş hatlarının kalkış yaptıkları ana durak bölgeleri ..... 107

Tablo 25. Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası verilerine göre dolmuşların günlük taşıdıkları ortalama yolcu sayısı ..... 113
Tablo 26. Dolmuşun seyahat süresinin tahmininde kullanılacak girdiler ve bu girdileri otobüs seyahat süreside kullanmış çalışmalar ..... 116
Tablo 27. 1 nolu durağın dolmuşlarının güzergâhlarına göre tanımlanan hatları ..... 118
Tablo 28. 2 nolu durağın dolmuşlarının güzergahlarına göre tanımlanan hatları ..... 119
Tablo 29. 3 nolu durağın dolmuşlarının güzergahlarına göre tanımlanan hatları ..... 121
Tablo 30. Haftanın günleri ve sınıflandırılması ..... 121
Tablo 31. Yolculuğun yapıldığı saat ve sınıflaması ..... 124
Tablo 32. Dolmuş duraklarına göre yapılan ölçümler ..... 134
Tablo 33. Duraklara göre seyahat süresine ilişkin istatistiki değerler ..... 135
Tablo 34. Tahmin modelde kullanılan girdiler ..... 142
Tablo 35. Birinci tahmin modelinde kullanılan girdiler ..... 143
Tablo 36. Birinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans çıktıları ..... 146
Tablo 37. İkinci tahmin modellerinde kullanılan girdiler ..... 149
Tablo 38. İkinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans çıktıları ..... 152
Tablo 39. Üçüncü tahmin modelinde kullanılan girdiler ..... 153
Tablo 40. Üçüncü YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri ..... 158
Tablo 41. Dördüncü tahmin modelinde kullanılan girdiler ..... 160
Tablo 42. Dördüncü YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri ..... 163
Tablo 43. Arazi kullanım girdi değişkenleri ile denenen girdi değişkenlere göre hata ölçüleri ..... 166
Tablo 44. Arazi kullanım girdi değişkenleri ve “G12” girdi değişkeni ile birlikte denenen ikinci girdi değişkenlere göre hata ölçüleri ..... 167
Tablo 45. Beşinci tahmin modelinde kullanılan girdiler ..... 168
Tablo 46. Beşinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri ..... 172
Tablo 47. Çoklu regresyon modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri ..... 175

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

YSA : Yapay Sinir Ağları

GPS : Küresel konumlama sistemi

AVL : Otomatik araç lokasyonu

APC : Otomatik yolcu sayacı

AFC : Otomatik ücret toplama

Yy. : Yüzyıl

$R^2$ : Bağımsız ki-kare test istatistiği

# 1. GENEL BİLGİLER

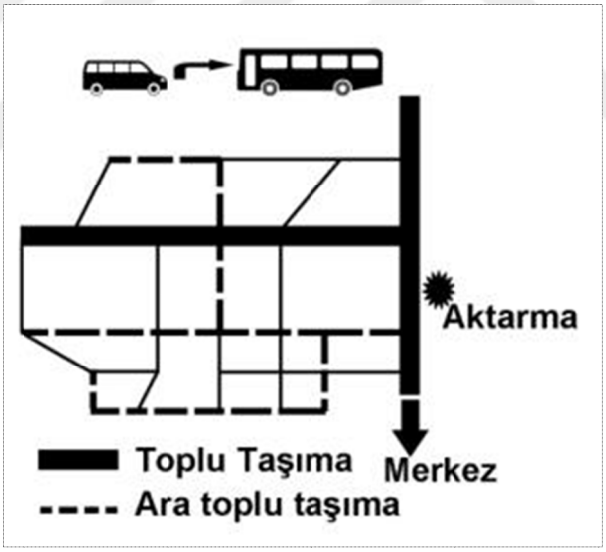
## 1.1. Giriş

Kentler sürekli büyüyen ve gelişen yaşam alanlarıdır. İnsanlar, kentlerde ihtiyaç duydukları iş, eğitim, sağlık, kültür ve eğlence gibi birçok gereksinimlere erişmede ulaşım araçlarına ihtiyaç duymaktadır. Kentlerin sürekli büyümesi kentsel işlev alanları arasındaki mesafeleri artırmaktadır. Artan mesafeyle birlikte yolculuk talepleri de aynı doğrultuda artmaktadır. Kentsel alanlarda seyahatler, genelde özel ya da toplu taşıma araçları ile gerçekleşmektedir. Günümüzde özel araç sahipliliği her geçen gün sürekli artsa da, bu durum, kentsel ulaşımda, bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. Oysaki özel ulaşıma kıyasla enerji, kirlilik ve maliyet gibi durumlarda önemli avantajlar sağlayan toplu taşıma daha sürdürebilir çözümler sunmaktadır. Ayrıca toplumsal eşitlilik gereği her kesimin ihtiyaç duyduğu kentsel hareketliliğin sağlanmasında, şehrin yaşam kalitesinin ve yaşanabilirliğinin artmasında toplu taşımanın önemi büyüktür. Yapılan birçok araştırmada, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere, dünyanın pek çok şehrinde güvenli, ekonomik, konforlu ve çevreye en az zararlı, sürdürülebilir ulaşımın; toplu taşıma olduğu vurgulanmaktadır (İles, 2005). Kentlerin nüfus büyüklüğü, ülkesel ve küresel ölçekteki konumu, coğrafi yapısı ve doğal özellikleri ile metropoliten olma durumuna bağlı olarak sunulan toplu taşım türleri de değişkenlik göstermektedir. Otobüs, hızlı otobüs (metrobüs gibi) hafif raylı ve metro gibi sistemler kentlerde yaygın olarak kullanılan başlıca toplu taşıma türleridir. Ancak gelişmekte olan birçok ülkede toplu taşıma hizmetleri yeteri düzeyde sağlanamadığı gibi bu sistemlerin çoğundan da yoksun kaldığı bilinmektedir (Wilkie, 2010). Ortaya çıkan bu hizmet boşluğu ara toplu taşıma olarak tanımlanan sistemler tarafından karşılanmaya çalışılmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için, özel ulaşım ile toplu taşıma arasındaki her türlü ulaşımı temsil eden ara toplu taşımaya vurgu yapılmaktadır (Vuchic, 2007).

Ara toplu taşıma, geleneksel toplu taşıma ile özel taşıma arasında, toplu taşımayı destekleyici, tamamlayıcı bir yapıya sahiptir. Esnek ve talebe duyarlı yapısıyla toplu taşımanın en önemli tamamlayıcı unsurlarındandır. Gelişmekte olan ülkelerin birçok şehrinde toplam toplu taşıma talebinin yarısından fazlası ara toplu taşıma tarafından karşılanmaktadır (Shimazaki ve Rahman, 1996).

Ara toplu taşımanın sadece toplu taşıma hizmetlerinin yeteri düzeyde sağlanamadığı koşullarda ortaya çıktığını söylemek her zaman için geçerli bir durum değildir. Gelişmiş pek çok dünya ülkelerinde de ara toplu taşımanın farklı türlerini görmek mümkündür. Gelişmişlik düzeyine göre ara toplu taşıma uygulamalarında belirgin farklılıklar vardır. Gelişmiş ülkelerde ara toplu taşıma genelde, toplu taşıma sisteminin bir tamamlayıcısı konumunda iken gelişmekte olan ülkelerde ise daha çok toplu taşımanın ana omurgasını oluşturmaktadır (Black, 1995; Babalık Sutcliffe, 2012). Ara toplu taşıma sistemlerinin aslında, toplu taşımayı desteklemesi ve doğru yerlerde kullanılması beklenmektedir (Elker, 2002) (Şekil 1). Bu kapsamda ara toplu taşımanın tamamlayıcı olarak aşağıdaki özellikleri sergilemesi beklenmektedir (Şekil 1):

- Toplu taşımanın tamamlayıcısı
- Talebe duyarlı sistemlerin kurulması
- İş-okul servislerini desteklemesi (Elker, 2002)




Şekil 1. Toplu taşımanın destekleyicisi ve tamamlayıcısı olarak ara toplu taşımanın işlevsel şeması (Elker, 2002)

Türkiye'deki pek çok şehirde ara toplu taşıma türleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu türlerden "dolmuş" toplu taşımada önemli roller üstlenen önemli bir ara toplu taşıma aracıdır. Dolmuş, çeşitli evrelerden geçmiş olsa da (Tekeli ve Okyay, 1981) bugün birçok kentte varlığını hâlâ sürdürmektedir. Gelişmekte olan diğer ülkelerde olduğu gibi toplu taşıma hizmetlerinin yeteri düzeyde sağlanamadığı koşullarda ortaya çıkan dolmuş, rantın ve yolculuk talebinin yüksek olduğu kent merkezlerindeki ana arterleri yoğun olarak

kullanmaktadır (Elker, 2002). Kayıt dışı ekonomik yapısı, düzensiz ve plansız hareket düzeni trafik yoğunluğuna olan etkileri, dolmuşun olumsuz yönlerini ifade etmektedir. Talebin düşük olduğu alanlara toplu taşıma hizmeti götürmesi, topoğrafik zorlukları bulunan yerleşim birimlerinde ve sıkışıklığın olduğu dar sokak aralarında kolay manevra kabiliyeti ise dolmuşun olumlu yönlerini ifade etmektedir (Tekeli ve Okyay, 1981). Ayrıca esnek ve talebe doğrudan cevap verebilen, kamusal hizmet kalitesinde servis sağlayan ve uygun ücret yapısı ile kentsel ulaşımın önemli bir bileşeni olarak da kabul edilmektedir.

### 1.1.1. Çalışmanın Amacı

Toplu taşıma sistemlerinin etkin ve verimli kullanılması sunulan hizmetin kalitesiyle yakından ilişkilidir. Bu aynı zamanda toplu taşımanın planlanmasında ve politikaların üretilmesinde karar vericiler için de hayati rol oynamaktadır (Guirao vd., 2016). Toplu taşımada hizmet kalitesi hız, servis sıklığı, güvenilirlik, konfor ve süre gibi parametrelere göre belirlenmektedir (Babalık Sutcliffe, 2012). Seyahat süresi, toplu taşıma sistemlerinde erişebilirliği ifade eden; hem hizmet kalitesini belirlemede hem de toplu taşıma sisteminin performansını değerlendirmede önemli bir parametredir (Krygsman vd., 2004; Yuan vd., 2020). Toplu taşımada seyahat süresinin bilinmesi hem kullanıcılara hem de sistemi yönetenlere faydalar sağlamaktadır. Bekleme sürelerinin azaltılması ve zaman kaygılarının hafifletilmesi kullanıcılar için fayda sağlarken (Jeong ve Rilett, 2004) sunulan hizmetin kalitesinin arttırılması ve rota planlaması yöneticiler için fayda sağlamaktadır (Zhang vd., 2022).

Seyahat süresi bilgileri hem kentsel toplu taşımada hem de lojistikte (mal taşımacılığında) performansın ölçülmesinde önemli bir etkendir. Lojistikte doğru tahmin ile sıkışık bölümlerden kaçınılarak nakliye maliyetleri azaltılır, böylece gerekli zaman aralığında mallar teslim edilerek hizmet kalitesini artırılır (Lin, vd., 2005). Benzer önemli faydalar toplu taşıma içinde geçerlidir. Toplu taşımada seyahat süresinin değeri, kentsel ulaşım planlaması sürecinde dikkate alınan önemli değişkenlerden biridir (Mahmudah vd., 2016). Aynı zamanda toplu taşıma sistemlerinin güvenilirliğini anlamaya, sistemi iyileştirmeye ve daha fazla toplu taşıma kullanıcısı çekmeye de yardımcı olur. Doğru ve güvenilir seyahat süresi tahmini yolculara da pek çok olumlu fayda sağlamaktadır. Kullanıcılarla birlikte yöneticilere karar vermede, politika üretmede, programlama ve rota seçimlerini optimize etmede de yardımcı olur (Kieu vd., 2012; De Aquino vd., 2019). Bu

kapsamda özellikle otobüsler için seyahat sürelerinin tahminine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Jeong ve Rilett, 2004; Wang vd., 2014; Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Yu vd., 2011; Chien vd., 2002; Gurmu ve Fan, 2014; Amita vd., 2015; Jiang, 2017; Shalaby ve Farhan, 2004; Mazloumi vd., 2010 ). Otobüsün seyahat süresi trafiğin durumu, hava koşulları, hız, duraklama sayısı ve yolcu potansiyeli gibi pek çok farklı faktörlerden etkilenmektedir (Jeong ve Rilett, 2005; Zaki vd., 2014; Fan ve Gurmu, 2015; Mazloumı vd., 2011; Kumar vd., 2017; Hua vd., 2018). Bu faktörler, farklı çalışmalarda değişkenlik göstermekte ve arttırılabilmektedir. Bu faktörlerin dışında tıkanıklığa ve gecikmeye yol açan arazi kullanım kararları ve gelişmeleri de seyahat süresinin güvenilirliğinde önemli bir etkiye sahiptir (Mane ve Pulugurtha, 2018).

Toplu taşımada otobüsün seyahat süresinin tahminine yönelik yapılan çalışmalar literatürde önemli yer tutmasına rağmen dolmuş gibi ara toplu taşıma araçları için benzer çalışmalar çok yaygın değildir (Fu ve Rilett, 2000). Oysaki ara toplu taşıma sistemlerinin planlanmasında, hizmet kalitesinin belirlenmesinde, güzergâh analizinde ve performans değerlendirmesinde seyahat süresinin etkisi oldukça önemlidir (Rodrigue vd., 2019).

Ara toplu taşıma, sabit rota ve tarifeleri olmayan, genellikle küçük ve orta boy araçlarla (otobüs, minibüs, panelvan, 2 ve 3 tekerli çekek araçları gibi ) hizmet veren, esnek bir toplu yolcu taşımacılığı modu olarak tanımlanmaktadır (Salazar, 2015). Gelişmekte olan bazı ülkelerde, özel sektörün sunduğu hizmet bakımından kalitesinin düşük olduğu ve kullanıcıların alınan hizmetlerden memnun olmadığı belirtilmektedir (Dzisi vd., 2021). Buna karşın, otobüslerde seyahat süresinin bilinmesiyle, kullanıcıların stres ve belirsizliklerinin azaldığı, memnuniyetlerinin ise arttığı gözlemlenmiştir (Harmony ve Gayah, 2017). Ukam vd., (2023a; 2023b) ara toplu taşımada da kullanıcılara sağlanan hizmetin iyileştirilmesi için seyahat süresinin modellenmesi ve seyahat sürelerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi gerektiğine vurgu yaparak ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörler üzerinde durmuştur. Faktörlerin belirlenmesi, ara toplu taşımada seyahat süresinin tahmini ve modellenmesine yönelik önemli kolaylıklar sağlayacaktır (Ukam vd., 2023a).

Dolmuş, ulaşım literatüründe ara ulaşım türü olarak kabul edilmektedir. Ancak ülkemizde ve pek çok gelişmekte olan ülkelerde mevcut işletme pratikleri göz önüne alındığında dolmuşun belirgin farklılıklar ortaya koyduğu görülmektedir. Bu farlılıklardan yola çıkarak dolmuşun ulaşım literatüründeki yerinin yeniden tartışılması, sabit rotaları ve programları olmayan, esnek bir toplu hizmeti veren (İlles, 2005; Salazar, 2015) ara toplu

taşıma araçlarının seyahat süresini etkileyen etkenlerin belirlenmesi ve seyahat süresinin tahminin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı; kentsel toplu taşımada önemli bir rolü olan, toplam yolculuğun önemli bir bölümünü taşıyan, karmaşık, düzensiz, anlaşılması zor bir yapıya sahipmiş gibi görünen ve bir ara toplu taşıma aracı olarak, dolmuşun seyahat süresini, arazi kullanım kararları da dikkate alınarak, yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin etmektir. Burada ifade edilen seyahat süresi; dolmuşun başlangıç noktasından başlayıp varış noktasına erişinceye kadar geçirdiği süredir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda ulaşılmak istenen hedefler aşağıda belirlenmiştir:

1) Dolmuşun toplu taşıma yazınındaki yerinin belirlenmesi,

2) Dolmuş seyahat süresini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi, modellenmesi ve örnek alan çalışmalarıyla test edilmesi,

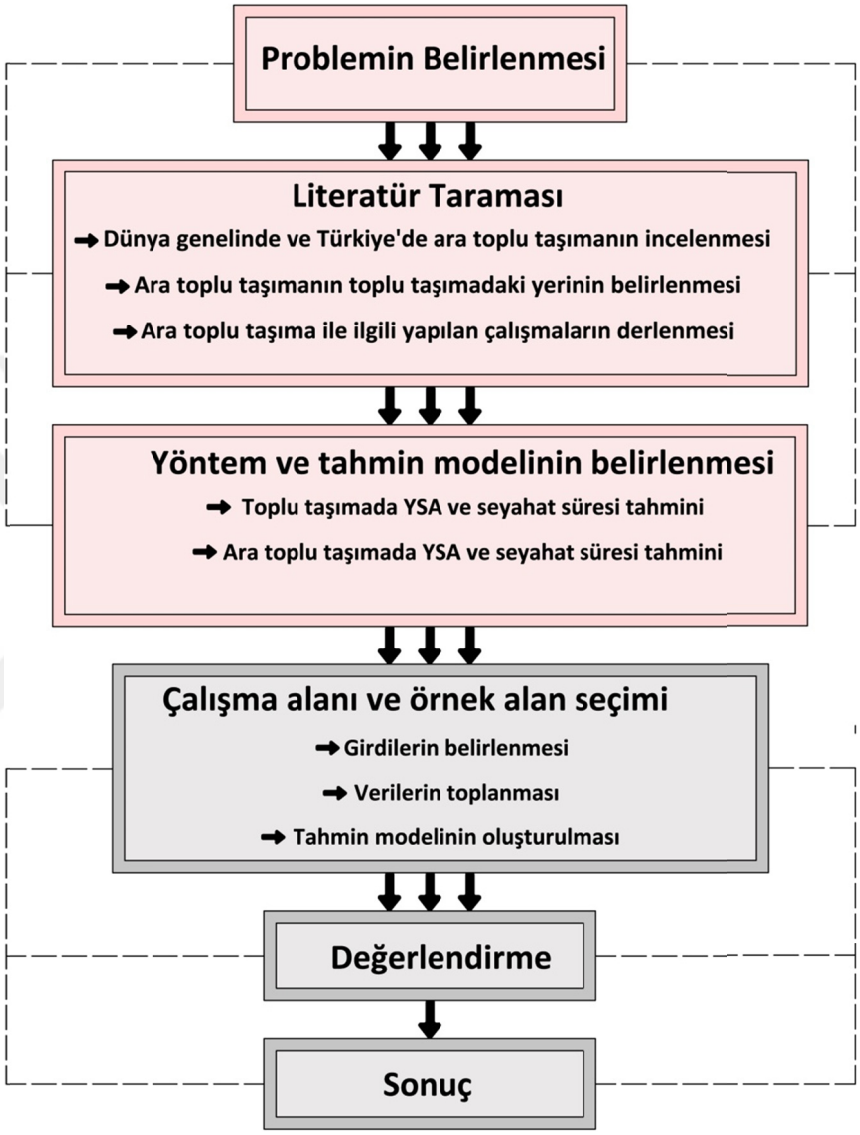
3) Arazi kullanım kararlarının seyahat süresi üzerindeki etkilerinin seçilen dolmuş güzergâhları üzerinden değerlendirilmesi ve sonuçlarının tartışılması

Amaç ve hedefler doğrultusunda çalışmanın hipotezi aşağıdaki gibidir::

Hipotez: Dolmuş sistemlerinin seyahat süresi toplu taşıma araçlarında olduğu gibi (otobüs vb.) tahmin edilebilir ve arazi kullanım kararları dolmuşun seyahat süresi üzerinde etkilidir.

Tez çalışması, belirlenen amaç, hedef ve hipotezler ile araştırma soruları doğrultusunda dört bölümden oluşmaktadır. Tez çalışmasının birinci bölümünde ara toplu taşımanın, ulaşım ve toplu ulaşım çerçevesinde tanımlanması ve özellikleri açıklanmıştır. Yazında ara toplu taşımanın ele alınış biçimi tartışılarak çalışmanın yazına katkısı irdelenmiştir. Ayrıca, tahminde kullanılan Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi içeriği, kapsamı, ulaşım ve toplu ulaşımdaki önemi ve çalışma alanlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. İkinci bölümde, çalışma alanı olarak Trabzon ili merkez ilçesi Ortahisar kent merkezindeki dolmuş sistemi ele alınmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak belirlenen ve seyahat süresini etkileyen girdi değişkenleri tespit edilerek arazi çalışmasının kurgusu belirlenmiştir. Arazi çalışmalarıyla elde edilen çalışma alanındaki toplu taşıma ve dolmuş sistemi özellikleriyle birlikte ele alınmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde YSA kullanılarak dolmuşun seyahat süresi tahmini belirlenen farklı model yapılarıyla gerçekleştirilmiştir. Arazi kullanım girdi değişkenleri de tahmin modellerinde sınanarak çalışmanın amacı doğrultusunda tahmin sonuçları yorumlanmıştır. Aynı zamanda çoklu regresyon yöntemi ile de tahmin yapılarak YSA ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son bölümü ise tahmin sonuçları ve hipotezler tartışılarak, çalışmanın özgünlüğü ve yazına katkısı değerlendirilerek sonuç ve öneriler geliştirilmiştir (Şekil 2).




Şekil 2. Tez çalışma süreci ve işlem adımları

### 1.1.2. Çalışmanın Kapsamı, Kurgusu ve Yöntemi

Çalışmanın kapsamını tarifeli ve nakit ücretle çalışan (bilet, e-bilet, kart sistemi dışında) taksi, minibüs veya bu ikisi arasında bir kapasiteye sahip araçlarla yapılan, özel kişiler tarafından işletilen, güzergâhı ve tarifesi yerel yönetimler tarafından belirlenen, bir

ara toplu ulaşım aracı olarak "dolmuş" lar oluşturmaktadır. Ara toplu taşıma olarak hizmet veren minibüs ve servis araçları çalışma kapsamında yer almamaktadır.

Kent içi toplu taşımada dolmuşun önemli bir mod olması, farklı güzergâhları izleyen dolmuş duraklarının bulunması ve güzergâhları boyunca dolmuşların çeşitli arazi kullanım türlerine hizmet veren bir yapıda olması nedeniyle Ortahisar (Trabzon) kent merkezi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Kent merkezinde 21 farklı dolmuş durağı bulunmaktadır. Dolmuş duraklarının işletme düzeni, kalkış sıklığı, izledikleri güzergâhlar da dikkate alınarak kentin doğu, batı ve güney yönüne ilerleyen üç farklı dolmuş durağı örnek olarak seçilmiştir. Bu durakların seçiminde dolmuş hattı güzergâhında farklı arazi kullanım türlerinin yer alması etkili olmuştur. Farklı arazi kullanım türlerine hizmet verecek şekilde belirlenen üç hat aşağıdaki gibidir:

1) Fatih-Kuran Kursu- Ayasofya Meydan Dolmuş Durağı
2) Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı
3) Moloz-Bostancı-Tıp Dolmuş Durağı, şeklindedir

Çalışmanın amacı, kapsamı ve hipotezleri doğrultusunda araştırma başlıkları ve araştırma soruları aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Tablo 1):

Tablo 1. Çalışmanın kapsamına göre araştırma başlıkları ve araştırma soruları

| Araştırma Başlığı | | Araştırma Soruları |
|---|---|---|
| Ara toplu taşımanın rolü | ➢ Toplu taşımada ara toplu taşımanın rolü nedir?<br>➢ Ülkemizde ve dünyada ara toplu taşıma nasıl ele alınmaktadır ve uygulanmaktadır?<br>➢ Ara toplu taşıma ile ilgili yapılan çalışmalarının amacı ve kapsamı nelerdir? | |
| Seyahat süresi tahmininde yöntem ve girdiler | ➢ Bir ara toplu taşıma aracı olarak dolmuşun seyahat süresini etkileyen girdiler nelerdir? Nasıl belirlenir?<br>➢ Seyahat süresini etkileyen girdiler nasıl ölçülür?<br>➢ Seyahat süresi tahmininde kullanılan yöntem ara toplu taşım araçlarına nasıl uyarlanır? | |

Tez çalışma süreci birbiriyle ilişkili ve geri beslemeli aşamalardan oluşmaktadır (Şekil 2). İlk olarak problemin belirlenmesiyle ulaşım ve toplu ulaşım yapısı genel çerçevesiyle ele alınmıştır. Toplu ulaşım yapısı içerisinde ara toplu taşımanın dünya ve ülkemiz üzerindeki uygulamaları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Literatür taraması yapılarak ara toplu taşıma ile ilgili çalışmalar ortaya konmuştur. Literatürde ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen değişkenler ve seyahat süresi tahminine yönelik sınırlı sayıda çalışma olduğundan, bu sisteme en yakın olan otobüs seyahat süresi tahmini

çalışmalarına da yer verilmiştir. Dolmuşun seyahat süresi tahmininde kullanılacak yöntem olan Yapay Sinir Ağları yöntemi genel çerçevesiyle tartışılmıştır.

Ara toplu taşıma ve yönteme ilişkin literatür taramasının ardından alan çalışmasına geçilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen Ortahisar kent merkezindeki ulaşım ve toplu ulaşım yapısı ile dolmuş sisteminin işleyişi ve güzergâhları tespit edilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak ölçüm yapılacak üç dolmuş durağı belirlenmiştir. Durakların belirlenmesinde: Güzergâhının karmaşık olmaması, tanımlı, net bir güzergâhın olması, mahalledeki varış noktasının çok alternatifli olmaması, dolmuşların kalkış sıklığı, dolmuşlara binişlerdeki kolaylık, güzergâhı boyunca alternatif arazi kullanımlarının olması, kentin farklı yönlerine giden duraklardan olması gibi kriterler dikkate alınmıştır. Dolmuşun seyahat süresi tahmininde kullanılacak girdiler otobüs seyahat süresi tahmininde kullanılan girdilerden yola çıkarak belirlenmiştir. Bu belirlemede girdilerin dolmuş için uygunluğu ve saha çalışmasıyla ölçülebilir olmasına da dikkat edilmiştir.

Çalışmanın önemli bir ayağını veri toplama aşaması oluşturmaktadır. Bilindiği üzere otobüs seyahat süresi tahmin modellerinde veriler genellikle otobüslerde bulunan GPS, AVL, APC, AFC gibi cihazlardan elde edilmektedir (Mazloumi vd., 2009; Mazloumi vd., 2010; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2012; Kumar vd., 2014; Zaki vd., 2014; Amita vd., 2015; Amita vd., 2016; Treethidtaphat vd., 2017). Ancak dolmuşlarda benzer teçhizatlar bulunmamakta ve geçmiş seyahat bilgileri tutulmamaktadır. Başka bir ifade ile dolmuşa ilişkin veriler toplanılmamaktadır. Çalışma kapsamında seyahat süresi tahmini modellerinde kullanılan girdiler, saha çalışmalarıyla, dolmuşa binilerek ve ölçüm yapılarak toplanmıştır. Alan çalışması 07.10.2019-28.10.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 16 farklı anketör ölçüm yapmıştır. Ölçümler hafta içi günleri ile hafta sonu cumartesi günlerinde iki kez, pazar günleri ise bir kez yapılmıştır. Böylece tüm hatlar için farklı iki haftada hafta içi günleri ile hafta sonu cumartesi günlerinde sayım yapılmıştır.

Yapay Sinir Ağları modeli kullanılarak dolmuşun seyahat süresi tahmin modeli kurulmuştur. Çıkan sonuçlar arazi kullanım kararları ile birlikte tartışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde saha çalışmalarıyla elde edilen veriler ve üretilen haritalar, arazi çalışmasının yapıldığı 2019 yılı mayıs-kasım dönemine aittir. Bu dönemden sonra çalışma alanında yapılmış dolmuş güzergâh ve durak noktalarına ilişkin güncellemeler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Çalışmada tahmin modelinde kullanılan yöntem Yapay Sinir Ağlarıdır. Yapay sinir ağları çok farklı alanlarda kullanıldığı gibi otobüs seyahat süresi tahmininde de yaygın

olarak kullanılmaktadır (Chien vd., 2002; Chen vd., 2004b; Mazloumi vd., 2009; Mazloumi vd., 2010; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2012; Raut ve Goyal, 2012; Gurmu ve Fan, 2014; Treethidtaphat vd., 2017; Jiang, 2017; Jabamony ve Shanmugavel, 2019).

Ara toplu taşıma sistemleri, doğası gereği belirsiz ve kuralsız olarak bilinirler (Oğuz, 2020). Belirsizlik ve kuralsızlığın hâkim olduğu bu sistemlerde, hareketlerinin belirlenmesi, hareket eğilimlerinden yola çıkarak bir model geliştirilmesi ve geleceğe yönelik tahminlerin yapılması zorlaşmaktadır. Ara toplu taşıma sistemlerinin anlaşılmasında seyahat süresi önemlidir ve gezginlerin en çok tercih ettiği bilgidir (Jeong ve Rilett, 2004; Ukam, 2023a). Seyahat süresi ancak doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edildiği takdirde önem taşımaktadır. Bu bağlamda bir ara toplu taşıma aracı olan dolmuş sistemleri içinde seyahat sürelerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve tahmini önemlidir. Fakat belirsiz ve kuralsız olarak bilinen bu sistemler için karmaşık bilgi yapısını işleyecek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

YSA'lar, kendilerine gösterilen girdi değişkenlerini öğrenerek ve değişkenler arasında açıklanması zor işlevsel ilişkileri yakalayarak genelleme yapabilirler. Ayrıca YSA'lar kendilerine gösterilen verileri öğrendikten sonra çıkarımlar da yapabilirler. Bu nedenle YSA'lar, çözümlenmesi zor olan problemler için uygun bir yöntemdir (Zhang vd., 1998). Bu yaklaşımla karmaşık bir yapıda olan dolmuş sistemlerinin seyahat süresinin tahmininde YSA kullanılması, girdiler arası işlevsel ilişkileri ortaya koyması bakımdan önemlidir. Bu nedenle çalışmada yöntem olarak YSA kullanılmıştır.

### 1.1.3. Çalışmanın Mesleki Disipline ve Bilim Alanına Katkısı

Zamanında ve doğru toplu taşıma seyahat süresinin sağlanması hayati öneme sahiptir; çünkü toplu taşımaya daha fazla insan çeker ve toplu taşıma kullanıcılarının memnuniyetini artırır (Jeong ve Rilett, 2004). Ara toplu taşıma sistemlerinde de seyahat süresinin bilinmesi, seyahat süresinin modellenmesi ve seyahat sürelerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi kullanıcı ve işletmeciler için önemlidir (Ukam, vd., 2023a). Ukam, vd., (2023a)'ye göre ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörlerin belirlenmesi seyahat süresinin modellenmesine yönelik önemli bir adım olacaktır. Çalışmanın kurgusundan sonra yapılmış ve çok güncel olan bu çalışma aynı zamanda çalışmanın özgünlüğünü desteklemektedir. Çünkü ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen

faktörlerin belirlenmesine yönelik çok az sayıda çalışma var olsa da seyahat süresinin tahminine yönelik çalışmalar bulunmamaktadır.

Ara toplu taşıma, dünya üzerindeki pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de kent içi toplu taşımada önemli rol oynamaktadır. Farklı disiplinlerce ele alınan ara toplu taşıma, kent planlama disiplininde de önemsenmesi gereken bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda tez çalışmasının özgün değerleri, literatüre ve mesleki disiplin açısından önemi aşağıdaki gibidir.

Arazi kullanım kararları bireylerin seyahat davranışları üzerinde ve mod seçiminde etkili olmaktadır. Arazi kullanımı aynı zamanda tıkanıklık ve gecikme üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Farklı arazi kullanım türleri arasındaki geçişler, komşu bağlantıları, ulaşım güzergâhı aynı zamanda seyahat süresini de etkilemektedir (Mane ve Pulugurtha, 2018). Otobüs seyahat süresi tahminine yönelik yapılan çalışmalarında arazi kullanımın etkisi üzerinde çokta durulmadığı görülmektedir. Oysaki toplu taşıma sisteminin planlanmasında, güzergâh seçiminde ve programlamada arazi kullanım yapısı oldukça önemli bir yapıya sahiptir. Tez çalışmasında seyahat süresi üzerinde önemli etkiye sahip olan arazi kullanım kararlarının da modele dâhil edilmesi bu çalışmayı daha değerli kılmaktadır. Ayrıca ara toplu taşıma sistemlerinde seyahat süresinin tahmini bir işletme sorunu olarak görülebilir. Yapılan tez çalışmasıyla, arazi kullanım kararları da sürece dâhil edilerek mesleki disipline katkı sağlanacaktır.

Ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörlere yeni yeni araştırılmaya başlandığından bu faktörlere katkı sağlaması ara toplu taşıma yazını için önemlidir.

Oğuz'a (2020) göre kentsel toplu taşımada önemli bir yeri olan ara toplu taşıma sistemleri Türk yazınında yeterince yer bulamamıştır. Tez çalışması ile bu alana katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Toplu taşımada önemli bir yeri olmasına karşın dolmuşun plan kararlarında yeterince temsil edilmediği görülmektedir. Tez çalışmasında mevzuatta ve toplu taşıma sisteminde plan kararlarında dolmuşun varlığı ve önemi vurgulanarak bir altlık oluşturulması hedeflenmektedir.

Çalışmada elde edilen tüm veriler saha çalışmalarıyla ve gerektiğinde cep telefonu verileri kullanılarak elde edilmiştir. Teknolojik alt yapıdan eksik olan ara toplu taşıma sistemlerinde veri toplama yöntemlerine katkı sağlanarak farklı bakış açıları geliştirilmiş olunacaktır.

Yapay sinir ağları birçok farklı disiplinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şehir ve bölge planlama disiplininde de bu modelin kullanımın yaygınlaştırması disipline farklı boyutlar kazandıracaktır.

### 1.2. Ulaşım

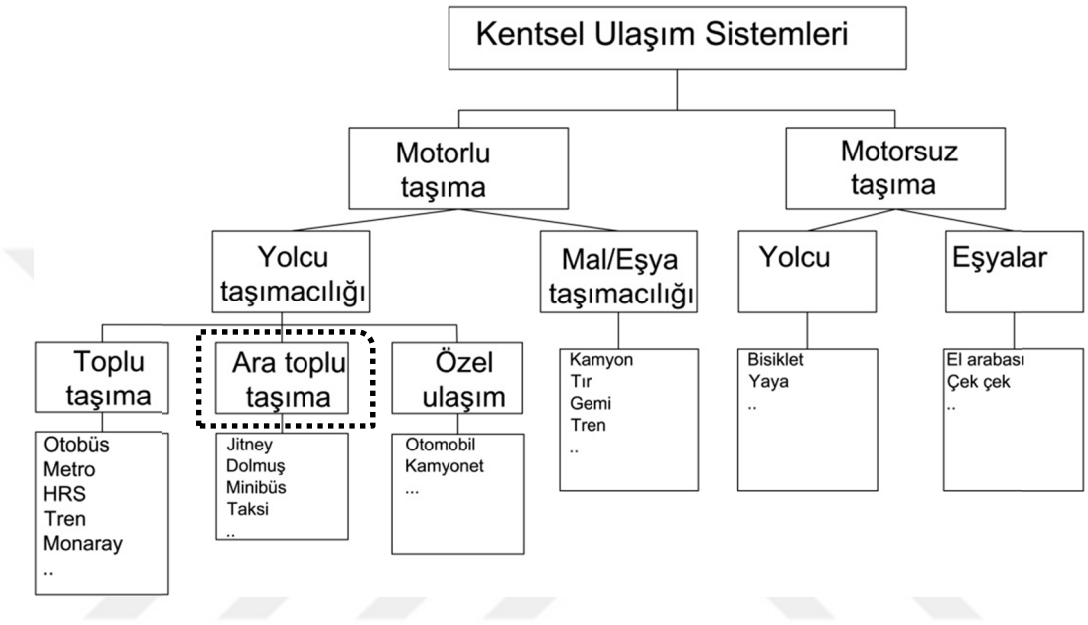
Ulaşım bireylerin, eşyaların ve malların bir yerden başka bir yere bir amaç doğrultusunda fiziksel olarak hareket etmeleri ve yer değiştirme eylemi olarak kabul edilir (Keskin, 1985). Türk Dil Kurumu, ulaşımı "ulaşma işi, bir şeyi bir yerden başka bir yere aktarma, köyler, şehirler, ülkeler arasında bir yerden bir yere gidiş geliş, münakale, muvasala, temas" ulaştırmayı ise: "insanların, malların, haberlerin ulaşmasını sağlayan işlerin ve araçların tümü" olarak tanımlamaktadır (TDK, 2017).

Günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası olarak ulaşım tarihsel süreç boyunca toplumların gelişmesinde önemli katkıları olmuştur. Ulaşım bir sistemler bütünüdür ve istenilen aktivitelere erişmede bireylere geniş olanaklar sunar. Bu olanaklar aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmeye de önemli katkılar sağlar. Başka bir ifade ile iyi planlanmış ve verimli çalışan ulaşım sistemleri ekonomik, sosyal ve politik pek çok avantajlarla sonuçlanır. Victor ve Pannuswamy (2012) ulaşımda olması gereken amaç ve hedefleri Tablo 2'de tanımlamıştır.

Tablo 2. Ulaşımın amaç ve hedefleri (Victor ve Pannuswamy, 2012; s.7)

| Amaç | Hedefler |
|---|---|
| Maksimum kişisel hareketliliği sağlamak | Kentteki tüm bireyler için (başta düşük gelirli, yaşlılar ve çocuklar) güvenilir ve uygun fiyatlı toplu taşımayı sağlamak,<br>Kentsel seyahatlerde hizmet kalitesini arttırmak,<br>Yayalar ve bisikletliler için gerekli alt yapıları oluşturmak |
| Kentsel çevreyi iyileştirmek | Araçların neden olduğu hava kirliliğini azaltmak,<br>Trafik nedeniyle oluşan gürültü ve titreşimleri azaltmak,<br>Kentsel çevrenin estetik niteliklerini arttırmak |
| Taşımacılığın ekonomik verimliliğini arttırmak | Mevcut tesislerin mal ve insan hareketliliği için kapasitesini arttırmak<br>Kentsel seyahatlerde bireysel maliyetleri azaltmak<br>Kentsel ulaşım sistemlerinde kamu maliyetini düşürmek<br>Kentsel ulaşımın olumlu etkilerini en üst düzeye çıkarmak. |
| Enerji kaynaklarını korunmak | Kentsel toplu taşımada yakıt tüketimini azaltmak,<br>Kentsel seyahatler için yakıt tüketimini azaltmak |
| Trafik güvenliğini sağlamak | Trafik kazalarını azaltıcı tedbirler almak |

Ulaşım hem malların hem de insanların dolaşımını ifade etmektedir. İnsanların dolaşımı düşünüldüğünde kentsel ve bölgesel ulaşım olarak iki geniş sınıf ortaya çıkmaktadır. Burada ifade edilen bölgesel ulaşım uzun mesafeli şehirlerarası, ülkelerarası yolculukları kapsamaktadır. Karayolu ulaşımı (şehirlerarası otobüsler gibi), havayolu ulaşımı, denizyolu ulaşımı ve demiryolu ulaşımı gibi türleri bulunmaktadır.




Şekil 3. Kentsel ulaşım sistemlerinde hiyerarşi ve ara toplu taşımanın yeri (Victor ve Ponnuswamy, 2012; s.35).

Kentsel ulaşım, kentsel alandaki mekânsal gereksinimler doğrultusunda, bölgesel ulaşıma kıyasla kısa mesafeli şehir içi seyahatleri ifade etmektedir. Kentsel ulaşım birbiriyle ilişkili sistemlerden oluşmaktadır. Victor ve Pannuswamy'a (2012) göre kentsel ulaşım sistemleri hiyerarşisinde motorlu araçlar ile yapılan yâda yaya veya bisiklet gibi motorsuz olarak yapılan iki tür sınıflama bulunmaktadır (Şekil 3). Motorlu araçlar ile yapılan ulaşım kendi içinde özel ulaşım, toplu taşıma ve ara toplu taşıma olarak üç kategoriye ayrılmaktadır. Özel ulaşımda taşıtlar kişilere aittir ve münhasır taşımalar için kullanılır (otomobil ve motosiklet gibi araçlar). Toplu taşımada ise her kesimin kullanımına açık otobüs, tren, tramvay, metro ile vapur ve gemi gibi araçlar kullanılmaktadır. Özel ulaşım ile toplu taşıma arasında bir bağlantı sağlayan ara toplu taşımada taksi, minibüs, dolmuş ve servis araçları bulunmaktadır.

### 1.2.1. Toplu Taşıma

Hareketlilik ve yer değiştirme insanlık tarihi boyunca her zaman önemli olmuştur. Şehirlerin kurulması, giderek büyümesi ve şehirlerarası etkileşimler ulaşıma olan cazibeyi de arttırmıştır. Tarihi süreç içerisinde tekerleğin icadı ulaşımı kolaylaştıran ilk araç olmuştur. Zaman içerisinde çeşitli buluşlar, makine ve motorun üretilmesi ulaşımı daha kolay hale getirmiştir.

Ticaret ve savunma amaçlı kurulan kentler giderek insanların yoğun bir şekilde yaşadığı mekânlar haline gelmiştir. Ekonomik ve sosyal ihtiyaçlar doğrultusunda cazibe merkezi olan kentlerde nüfus sürekli artmaktadır. Artan kentsel nüfus kent içinde ve kentler arasında ulaşıma olan talep de arttırmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak özel otomobil sahipliliği artarak tıkanıklık gibi pek çok trafik sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Buna karşın toplu taşıma, özel otomobil kullanımını azaltmada ve trafik sorunlarının çözümünde önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda toplu taşıma "ulaşım gereksinimlerinin, özel araç ile yapılan bireysel ulaşım türleri dışında kalan otobüs ya da metro gibi kısa sürede çok fazla kişi taşıyabilen sistemler ile sağlandığı, kamusal hizmet veren bir ulaşım biçimi" olarak tanımlanmaktadır (Kırmızı, 2012).

#### 1.2.1.1. Toplu Taşımanın Tarihsel Süreç İçerisindeki Gelişimi

Vuchic (2007)'de aktarılan, tarihsel süreç içerisinde toplu taşıma ve kullanılan araçların kronolojik gelişimi irdelenerek dört farklı dönem yazar tarafından belirlenmiştir. Bu dönemler aşağıdaki gibidir (Şekil 4):

1. İlkel dönem (1600- 1765)

2. Erken dönemi (1765-1892)

3. Geçiş dönemi (1892-1950 ) (teknolojik gelişmelerin hissedilmeye başladığı dönem)

4. Geç dönem (1950- sonrası) (teknolojik gelişmelerin tamamen hissedildiği dönem)

1. İlkel dönem (1600- 1870): Toplu taşıma uygulamalarının ilk olarak görülmeye başladığı dönemi ifade etmektedir. 1600'lü yıllarda Londra'da kullanılmaya başlanan atlı arabalar (Hackney coaches) toplu taşımanın ilk uygulamaları olarak kabul edilmektedir. 1964 yılında Londra'da yaklaşık 700 adet lisanslı at arabası olduğu söylenmektedir. Bugünkü özel taksi hizmetine karşılık gelen bu ulaşım aracı 1612 yılından sonra Paris'te de kullanılmaya başlanmıştır. 1826 yılında, Nantes'te (Fransa) 20 kişiye kadar yolcu

taşıyabilen ve birden fazla at ile çekilen atlı otobüsler devreye girmiştir. 1825 yılında Stockton-Darlington'da (İngiltere) ilk kurulan demiryolu raylı sistem ile birlikte 1832 yılında New York'ta at ile çekilen tramvaylar ortaya çıkmıştır (Vuchic, 2007).

2. Erken dönem (1765-1892) : 1765 yılında İngiltere'de icat edilen buharlı makineler toplu taşımada da önemli gelişmeleri tetiklemiştir. Atla çalışan sistemlerden makine ile çalışan sistemlere geçiş süreci başlamıştır. Londra'da 1838'te ilk banliyö demiryolu hattı, 1863'te ise ilk yer altı hızlı transit hattı (metro hattı) kurulmuştur. 1859 ilk petrol kuyusunun bulunması, 1870'lerde Werner von Siemens'in dinamo ve elektrik motorunu icadıyla ulaşımda ve toplu taşımada yeni araçların ortaya çıkması sağlanmıştır. 1873'te San Francisco'da teleferik; 1876'ta ise Almanya'da içten yanmalı (benzinli) motorlar icat edilmiştir. 1881'de Berlin'de ilk elektrikli tramvay ve 1882'de Hallensee'te (Almanya) ilk troleybüs kullanılmaya başlanmıştır. İlk büyük elektrikli tramvay hattı 1888'te Richmond'da (ABD) kurulmuştur. (Vuchic, 2007).

3. Geçiş dönemi (1892-1950 ): Toplu taşımanın temellerinin oluşturulduğu 18. yüzyıldaki sistemler yavaş yavaş kendini günümüzde kullanılan sistemlere bırakmaya başlamıştır. 1892'de Almanya'da ateşlemeli motorun (dizel) icadı bu sürecin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. İlk motrobüsler 1899'da Büyük Britanya'da, ilk başarılı monoray 1901'de Wuppertal (Almanya) kentinde, ilk troleybüs hattı 1901'de Fontainebleau (Fransa) kentinde kurulmuştur. İlk tramvay tüneli ise 1897'de Boston'da inşa edilmiştir. 1914 yılında ABD'de jitneyler (bir ara toplu taşıma aracı) ortaya çıkmaya başlamıştır. 1920'de ABD'de lastik üretilmesiyle demiryolu tabanlı sistemlerden karayolu tabanlı sistemlere geçiş hızlanmıştır. 1927'de Nottinghamshire (İngiltere) kentinde otobüslerin itiş gücünü arttırmak için dizel motorlar geliştirilmiştir. (Vuchic, 2007).

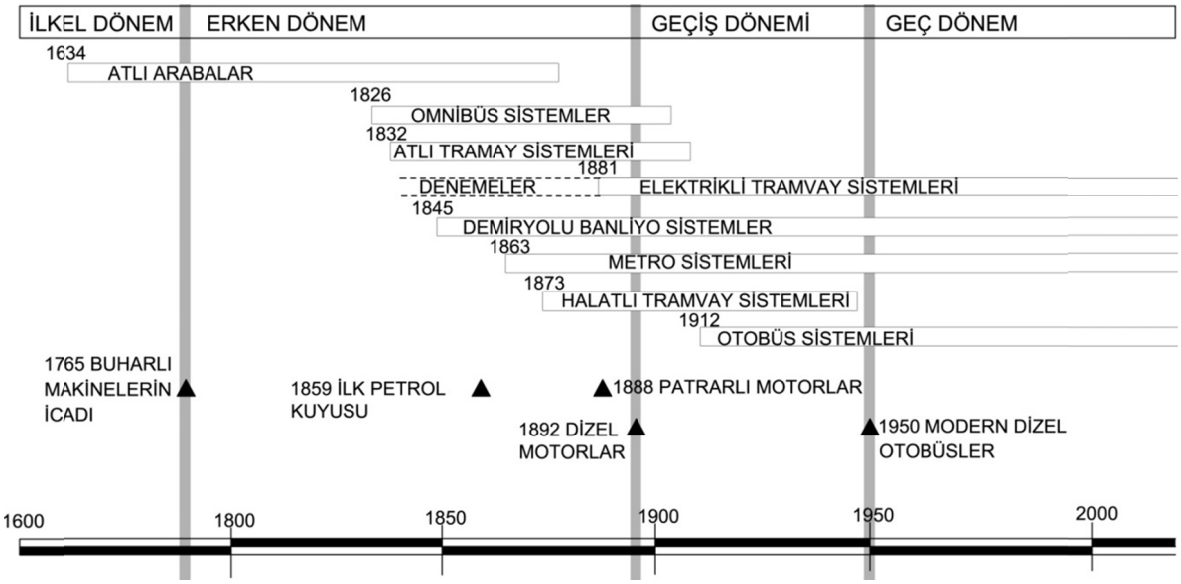
4. Geç dönem (1950 ve sonrası ): Teknolojik gelişmelerin görünür şekilde hissedildiği dönemdir. Dizel motorların geliştirilmesiyle başlayan bu dönemde günümüzde de yaygın olarak kullanılan otobüs sistemlerinin temeli atılmıştır. 1950'lerde Batı Almanya'da ilk modern körüklü otobüsler ve troleybüsler kullanılmaya başlanmıştır. 1960'ların sonlarında Batı Avrupa ve ABD'de bugünkü hafif raylı sistemler geliştirilmiştir. 1970'lerde ABD'de yenilikçi ara toplu taşıma hizmet türleri yaygınlaşmaya başlamıştır. 1977'de San Diego'da tekerlekli sandalye ile donatılmış ilk otobüs hizmete girmiştir. 1978'de Batı Almanya'da uzaktan kumandalı troleybüs geliştirilmiş; 1980'lerde Sao Paulo'da (Brezilya) kendine özgü şeridi olan yüksek hızlı otobüsler (metrobüs gibi) üretilmiştir. Toplu taşımada başlayan akıllı ulaşım teknoloji sistemleri 1990'dan beri Batı

Avrupa, ABD, Japonya, Singapur'da kapsamlı bir şekilde uygulanmaktadır (Vuchic, 2007).

Dünyada ki bu gelişmeler karşısında ülkemizdeki süreç irdelendiğinde ilk toplu taşıma uygulamalarının deniz ulaşımıyla başladığı görülmektedir (Keskin, 1992). 1565 yıllında ilk kayık taşımacılığı İstanbul-Üsküdar arasında yapılmaya başlanmıştır. 16. ve 17. yy'da devam eden kayık taşımacılığı 18. yy sonuna dek devam etmiştir. İstanbul'da 16. yy da 2 olan kayık sayısı 17. yy 1444'e ve 18 yy da ise 3996'ya yükselmiştir Yine İzmir'de de 1800'lü yıllarda kayık/vapur taşımacılığı başlamıştır. Buharlı gemilerin icadıyla 1843 yılında Kadıköy ve Adalara seferler başlamıştır. 1858 yılında ilk arabalı vapur uygulaması Kabataş-Üsküdar arasında yapılmaya başlanmıştır (Keskin, 1992).

Bu gelişmeler Cumhuriyet döneminde de devam etmiştir. İlk 1869 yılında kullanılmaya başlanan atlı tramvaylar, İstanbul'da 1913 yılına kadar; İzmir'de ise 1928 yılına kadar kullanılarak elektrikli hale dönüştürülmüştür. 1874 yılında Karaköy- Beyoğlu (İstanbul) arasında yapılan ilk tünel (600 m uzunluğunda) günümüzde de halen kullanılmaktadır.

Otobüsler 1932'de İzmir'de, 1925'te Ankara'da kullanılmaya başlanmıştır. 1947 yılında Ankara'da Türkiye'nin ilk troleybüs hattı kurulmuştur. İzmir'de 1954 yılında kaldırılan tramvaylar yerine getirilen troleybüsler 1992 yılına kadar hizmet vermiştir.




Şekil 4. Toplu taşıma sisteminda kullanılan araçların evrimi (Keskin, 1992; Vuchic, 2007 verileri kullanılarak, yazar tarafından üretilmiştir)

Tramvay dışında ülkemizde toplu taşımada önemli yer tutan bir diğer mod ise dolmuşlar olmuştur. 1914'te ABD'de yaklaşık 62000 dolmuşun (jitney) olduğu ve tramvay ile rekabet halinde olduğu bilinmektedir. Ülkemizde ilk dolmuş uygulamasının ne zaman başladığı tam olarak bilinmese de resmiyette ilk olarak 1939 yılında İstanbul Belediye Meclis kararıyla tanındığı görülmektedir. 1959 yılında İstanbul'da yasal olarak on kişi taşımasına izin verilen kamyonet olarak adlandırılan minibüsler (dolmuşlar) kullanılmaya başlamıştır (Keskin, 1992).

#### 1.2.1.2. Kentsel Toplu Taşıma

Kentsel toplu taşıma: kentsel alan içerisinde kent halkının hizmetine sunulan, yüksek koltuk kapasiteli ulaşım araçlarıyla (kamu yâda özel otobüs, demiryolu ve diğer taşıma türleri) sağlanan ve belli bir düzen içinde çalışan ulaşım hizmeti olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1998).

Kentsel toplu taşıma, her kesimin kullanımına açık ortak bir yolcu taşıma hizmetidir. Aynı zamanda kentlilere sunulan kamusal bir hizmet türüdür. Babalık Sutcliffe'e (2012) göre bir ulaşım sisteminin kentsel toplu taşıma olarak tanımlanabilmesi için aşağıdaki özelliklerinin olması gerekmektedir:

• Herkesin kullanımına açık olması,

• Aynı anda birden fazla yolculuğun yapılmasının olanaklı olması,

• Taşıma hizmetinin belli bir ücret karşılığında verilmesi

• Sisteme erişim noktaları olan ve genellikle önceden belirlenen durak yerleri olması,

• Hizmetin gün içinde verileceği zaman aralığının, sefer sıklığının ve saatlerinin bir zaman çizelgesi ile önceden belirlenmiş olması, şeklindedir.

Kentsel toplu taşıma lastik tekerlekli sistemler, raylı sistemler ve deniz ulaşımı olmak üzere üç farklı türden oluşmaktadır (Babalık Sutcliffe, 2012; Özbilen, 2016) (Tablo 3). Lastik tekerlekli sistemler içerisinde; otobüs, minibüs, dolmuş, taksi gibi araçlar yer almaktadır. Raylı sistemler içerisinde; banliyö ray sistemleri, hafif raylı sistemler, ağır raylı sistemler, metro ve tramvay gibi türler yer almaktadır. Deniz ulaşımı içerisinde; vapur, deniz otobüsü ve deniz taksisi gibi türler yer almaktadır.

Kentsel toplu taşımada kullanılan araçlara bakıldığında, ülkemizde ve dünyada en yaygın olarak kullanılan toplu taşıma aracı otobüstür. Lastik tekerlekli sistemin bir parçası olarak otobüsler, 20-35 kişi ile 150 kişi arasında değişen farklı kapasitelere sahiptir. Yaya

ve özel araç gibi farklı ulaşım türleriyle aynı güzergâhı kullansa da kendine ait güzergâhı olan otobüs sistemleri de bulunmaktadır (Babalık Sutcliffe, 2012). Troleybüs, otobüs gibi lastik tekerlekli olup enerjisini havai hatlarda ki elektrikten sağlamaktadır. Otobüsün dışında, dünyanın pek çok kentinde, toplu taşımada, dolmuş ve minibüsler gibi ara toplu taşıma araçları da kullanılmaktadır. Ara toplu taşıma, belirli hatlarda, önceden belirlenmiş zaman çizelgeleri doğrultusunda belirli duraklarda durarak hizmet veren (Babalık Sutcliffe, 2012) ve uluslararası terminolojide "paratransit" olarak tanımlamaktadır (Gwilliam, 2002). Bu toplu taşıma türü, 5 koltuk kapasiteli otomobillerden 15 koltuk kapasiteli minibüslere değin farklı kapasitede araçlar ile hizmet sunulmaktadır (Tekeli ve Okyay, 1981).

Tramvay ise bir raylı sistem aracı olup enerjisini troleybüs gibi havai hatlardaki elektrikten sağlamaktadır. Kendine ait güzergâhını bazı alanlarda taşıt ve yayalar ile paylaşarak hizmet verebilmektedir. Hafif raylı sistemler tramvaya kıyasla ticari hızı, hizmet kalitesi ve kapasitesi daha yüksektir. Yaya ve taşıttan arındırılmış güzergâhı belirli kavşak noktalarında yaya ve taşıt ile kesişebilmektedir. İlk yatırım maliyeti metroya kıyasla daha düşüktür (Babalık Sutcliffe, 2012).

Tablo 3. Kentsel toplu taşım türleri, kullanılan araçlar ve kapasiteleri ([1]Öncü, 1999; [2]Vuchic, 2007; [3]Sönmez, 2011)

| **Kentsel toplu ulaşım türü** | | **Araç kapasitesi (Kişi)** | **İşletim hızı (km/sa)** | **Hat kapasitesi (kişi/saat/yön)** | **Kapasite** | **Esneklik** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lastik Tekerlekli Sistemler** | Dolmuş [1] | 5-9 | 15-25 | 1000-1500 | Düşük | Yüksek | Ara |
| | Minibüs [1] | 8-14 | 12-20 | 1500-2500 | Düşük | Yüksek | Toplu |
| | Midibüs [1] | 23-50 | 30-40 | 2000-3000 | Düşük | Yüksek | Taşıma |
| | Otobüs [2] | 40-120 | 15-25 | 2400-8000 | Orta | Orta | |
| | Metrobüs [2] | 40-150 | 20-40 | 4000-20000 | Yüksek | Düşük | |
| | Troleybüs [1] | 150-200 | 15-30 | 10.000-14000 | Orta | Düşük | |
| **Raylı Sistemler** | Finikeler [1] | 40-60 | 20-40 | 1.000-1500 | Düşük | Düşük | |
| | Tramvay [2] | 100-250 | 12-20 | 4000-15000 | Orta | Düşük | |
| | Hafif Raylı Sistem [2] | 110-250 | 20-45 | 6000-20000 | Yüksek | Düşük | |
| | Monoray [1] | 250-400 | 30-50 | 23000-33000 | Yüksek | Düşük | |
| | Metro [2] | 140-280 | 25-60 | 10000-70000 | Yüksek | Düşük | |
| | Banliyö [2] | 140-210 | 40-80 | 8000-60000 | Yüksek | | |
| **Deniz ulaşımı** | Kayık [3] | 1-10 | 5-10 | 1500-2000 | Düşük | Orta | |
| | Motor [3] | 50-200 | 10-20 | 4000-12000 | Orta | Orta | |
| | Vapur [3] | 150-600 | 15-30 | 15000-70000 | Yüksek | Düşük | |
| | Feribot [3] | 800-1500 | 20-40 | 80000-150000 | Yüksek | Düşük | |
| | Deniz Otobüsü [3] | 300-500 | 30-50 | 50000-100000 | Yüksek | Düşük | |

### 1.2.1.3. Kentsel Toplu Taşımanın Sınıflandırılması

Vuchic (2007) kentsel toplu taşımayı güzergâh, teknolojik ve hizmet özelliklerine göre üç gruba ayırmıştır.

1-Güzergâh özelliklerine bağlı olarak üç faklı grup ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

(1) Kendine ait ayrılmış bir güzergâhı olan ve diğer ulaşım türleriyle kesişmeyen (metrobüs gibi),

(2) Kendine ait güzergâhı olup kavşak noktalarında diğer ulaşım türleriyle kesişen (tramvay gibi),

(3) Güzergâhı diğer ulaşım türleriyle karma olarak kullanan (otobüs gibi) (Tablo 4).

2-Teknolojik özellikler, toplu taşıma aracının mekanik özelliklerini ve seyahat yollarını ifade etmektedir. En önemli üç özelliği aşağıdaki gibidir:

(1) Toplu taşıma aracının gittiği yüzeye bağlı olarak, lastikli veya demir tekerlekli/raylı sistemler şeklinde olabilmektedir (Tablo 3).

(2) Motorun mekanik özelliklerine bağlı olarak kullandığı enerji dizel/benzin yâda elektrikli olabilmektedir.

(3) Araç, bir sürücü tarafından yâda sürücü olmadan otomatik olarak kontrol edilebilmektedir (Tablo 4).

3- Hizmet özelliklerine göre toplu taşıma aşağıdaki gibi üç gruba ayrılır:

(1) Toplu taşıma hizmetinin kapsadığı alan ve sunulan rota değişkenlik gösterebilmektedir. Tüm kente hizmet veren kentsel toplu taşıma sistemleri olabileceği gibi daha dar kapsamlı bir alanda da (örneğin bir kampüs içinde yâda bir havaalanı sınırı içinde) hizmet verilebilir. Ayrıca hizmet alanı bir kentle sınırlı kalmayıp bir bölgeyi de kapsayabilir.

(2) Duraklama ve programlamaya göre toplu taşımanın işletme türü değişkenlik gösterebilir. Başlangıç ve bitiş noktası arasında belirlenen duraklarda durarak daha yavaş çalışan sistemler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra daha hızlı hizmet veren, sürekli ya da günün belirli saatlerinde hızlı hizmet veren ve belirli duraklarda duran sistemlerde bulunmaktadır.

(3) Hizmet verilen zamana bağlı olarak toplu taşımanın programlaması şekillenmektedir. Başlangıç ve bitiş saatleri arasında her gün düzenli ve programlı olarak çalışan sistemler vardır. Bazı sistemler ise sadece doruk saatlerde hizmet vermektedir

(banliyö ve deniz otobüsü gibi). Bunun yanı sıra sadece özel etkinliklerin (spor etkinlikler ve kongre gibi etkinliklerde) olduğu zamanlarda çalışan sistemlerde mevcuttur.

Tablo 4. Kentsel toplu taşıma türlerinin güzergâh ve teknolojik özelliklerine göre sınıflandırılması (Vuchic, 2007, s.51)

| Teknolojik / Güzergâh | Taşıt Yolu Üzerinde Sürücülü | Lastik Tekerlekli | Raylı | Özelleştirilmiş |
|---|---|---|---|---|
| (A) Kendine Ait | Öncelikli Otobüs Yolu | Lastik Tekerli Metro, Monoray | Tramvay | Feribot Deniz Otobüsü |
| (B)Kavşaklarda Kesişen | Hızlı Otobüs Taşıması | Güdümlü Otobüs | Hafif Raylı Sistem | |
| (C) Karma | Ara Toplu Taşıma (Paratransit) Otobüs | Troleybüs | Hafif Metro Metro, Banliyö Treni | Füniküler Tramvay |

Bir toplu taşıma sisteminde sunulacak hizmetin niteliğini belirleyen bazı kriterler bulunmaktadır. Kullanıcılar açısından ulaşımın süresi, toplu taşıma aracının kapasitesi, hizmetin kalitesi ve konforuna göre de tercih edilen ulaşım modu değişiklik göstermektedir. Babalık Sutcliffe'e (2012) göre kentsel toplu taşımada hizmet parametreleri olarak aşağıdaki özellikler tanımlanmaktadır:

1. Hız: Toplu taşıma aracının yapabileceği en yüksek hız ile tahmin edilen ortalama hız, işletilen aracın hızını ifade eder. Kullanılan teknoloji ve güzergâh alt yapısı bu hızı etkileyen önemli faktörlerdendir. Ayrıca durak sayısı, toplu taşıma aracının diğer araçlarla olan etkileşimi hızı etkileyen diğer faktörler arasındadır.

2. Servis Sıklığı: Birim saatte başlangıç noktasından çıkan yâda bir duraktan geçen taşıt/ servis sayısı olarak tanımlanır. Zirve saatlerde ve yolcu yoğun bölgelerde servis sıklığının yüksek olması beklenir

3. Dakiklik: Toplu taşıma aracının bir program çerçevesinde belirtilen zamanlarda aksamadan hareket etmesi gerekmektedir.

4. Güvenilirlik: Yolcuların gündelik hayat akışlarını planlamada toplu taşıma aracının programı ve bu programa bağlılığı oldukça önemlidir.

5. Güvenlik: Teknik ve teknolojik açıdan güvenli araçların kullanılması ve yolcuların kendilerini güvende hissetmeleri gerekmektedir.

6. Konfor: Kullanılan araçların durak ve istasyon noktalarının güvenli ve konforu olarak tasarlanması gerekmektedir.

7. Erişilebilirlik: Kentlilerin yaşam alanları ile gitmek istedikleri alanlara erişebilecekleri şekilde toplu taşıma sistemlerinin olması gerekmektedir.

8. Anlaşılabilirlik: Güzergâh, durak noktaları, başlangıç ve bitiş noktalarının tanımlı olması gerekmektedir.

9. Ücretin ödenebilirliği: Kentte yaşayan farklı sosyal-ekonomik dizeydeki kişileri de dikkate alarak taşıma ücretlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

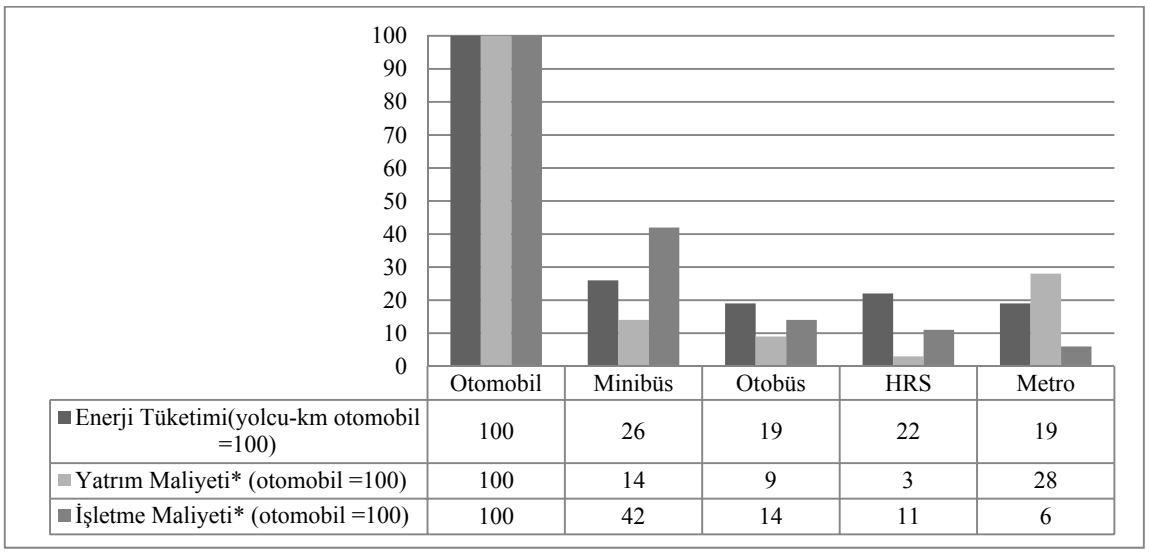
#### 1.2.1.4. Kentsel Toplu Taşımanın Önemi

Kentsel toplu taşıma sistemleri herkesim için erişim olanakları sunan bir yapıya sahiptir. Kentsel alanlarda kısa mesafelerdeki yolculuklar için yaya veya bisikletli ulaşım daha etkili olabilirken uzun mesafeli yolculuklarda toplu taşıma daha verimli olmaktadır. Günümüzde pek çok kentte iş, eğitim yada eğlence amaçlı yolculukların çoğu uzun mesafelerde gerçekleşmektedir ve kentsel toplu taşımaya ihtiyaç duyulmaktadır (Babalık Sutcliffe, 2012). Buna karşın özel araç sahipliliğinin sürekli arttığı şehirlerde tıkanıklık ve otopark gibi sorunlar da her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş ülkelerde yönetici ve politika düzenleyicileri bu sorunlara çözüm olarak toplu taşımayı ön plana çıkarmaktadır. Toplu taşıma, sosyal içerme, yaşam fırsatlarına katılımı sağlama, iş, eğitim, sağlık, alışveriş ve sosyal etkinlik gibi faaliyet ve hizmetlere ulaşma açısından da oldukça önemlidir (Mulley ve Daniels, 2012). Ancak bazı gelişmekte olan ülkelerde ve büyük şehirlerde, yeteri düzeyde sağlanamayan konfor düzeyi toplu taşıma sistemleri çokta tercih edilmemektedir (Iles, 2005).

Kentsel toplu taşıma trafiğin yoğun olduğu yollarda bireylerin daha verimli bir şekilde hareket etmesine olanak sağlamaktadır. Özel otomobillere kıyasla kentsel toplu taşıma, yolculuk başına daha az tıkanıklığa, hava kirliliğine ve karbondioksit salınımına neden olmaktadır. Dolayısıyla ekonomik ve çevresel olarak daha tercih edilebilir bir ulaşım sistemi olarak kabul edilmektedir (Enoch vd., 2005). Özellikle otomobil veya taksi gibi özel ulaşıma erişimi olmayan büyük çoğunluk için ( yaşlı, düşük gelirli, çocuk gibi) kentsel toplu taşıma hayati önem taşımaktadır (Iles, 2005). Wilkie'a (2010) göre pek çok olumlu özelliği bulunan kentsel toplu taşımanın faydaları ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sınıflandırılabilir.

Kentsel toplu taşımanın ekonomik faydaları şöyledir: Özel ulaşıma kıyasla toplu taşıma, aynı anda daha fazla sayıda yolcu taşınmaya olanak sağlamaktadır. Böylece kişi

başına düşen yolculuk maliyeti de paylaşılarak azalmaktadır. Ayrıca birim kilometrede taşınan yolcu sayısına bağlı olarak harcanan enerji toplu taşıma araçlarında oldukça düşüktür (Babalık Sutcliffe, 2012). Ulaştırma sistemlerinde önemli olan yatırım ve işletme maliyetleri özel ulaşımda daha yüksek, toplu taşıma ise daha düşüktür (Şekil 5) (Elker, 2002) Kentsel toplu taşımanın bir diğer önemli ekonomik faydası ise ikamet ve istihdam merkezleri arasında işgücü, bilgi ve becerileri hareket ettirerek üretkenliği arttırması ve ekonomik büyümeyi teşvik ederek büyüme döngüsünü sürdürmesidir (Wilkie, 2010).




| | Otomobil | Minibüs | Otobüs | HRS | Metro |
|---|---|---|---|---|---|
| Enerji Tüketimi(yolcu-km otomobil =100) | 100 | 26 | 19 | 22 | 19 |
| Yatırım Maliyeti* (otomobil =100) | 100 | 14 | 9 | 3 | 28 |
| İşletme Maliyeti* (otomobil =100) | 100 | 42 | 14 | 11 | 6 |

Şekil 5. Ulaşım sistemlerinde kullanılan birim enerji ile yatırım ve işletme maliyetleri (* Elker, 2002 verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur)

Kentsel toplu taşımanın sosyal faydaları da vardır: Kentsel alanlarda farklı ekonomik ve sosyal düzeyde kişiler olduğu gibi özel ulaşım olanağı olmayan çok fazla sayıda kişi de bulunmaktadır. İş, eğitim, sağlık, rekreasyon ve sosyal aktivite gibi olanaklara erişimde, kentsel toplu taşıma, ekonomik veya sosyal düzey fark etmeksizin herkesin kullanımına açık önemli bir araçtır. Başka bir ifade ile sosyal eşitliğin sağlanması için gereklidir (Wilkie, 2010).

Kentsel toplu taşımanın çevresel faydaları da vardır: Petrole dayalı tüm ulaşım sistemlerinin çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Otomobil en fazla CO2 gazı salınımı yapan araçtır ve birim kilometrede taşıdığı yolcu sayısına bağlı olarak otobüsten 120 kat daha fazla hava kirliliğine neden olmaktadır. Buna karşın elektrik ile çalışan hafif raylı ve metro sistemlerinin çevresel kirliliğe olumsuz etkileri oldukça azdır (Elker, 2002).

Sonuç olarak kentsel toplu taşıma sistemleri arasında göreli olarak farklılıklar ve üstünlükler bulunsa da özel ulaşımla kıyasla oldukça avantajlı olduğu görülmektedir.

### 1.2.2. Ara Toplu Taşıma

Ara toplu taşıma, belirli bir zaman çizelgesinde, belirli bir hat boyunca, belirli duraklarda durarak hizmet veren, toplu taşıma sistemlerine göre çok daha esnek olan bir türüdür (Babalık Sutcliffe, 2012;134). Kent İçi Ulaşım Terimleri Sözlüğü'nde ise ara toplu taşıma, taksi dolmuş, dolmuş, minibüs ve okul-iş servisleriyle yapılan yolculuklar olarak tanımlanmaktadır (Kırmızı vd., 2012; 26).

Yazında, ara toplu taşımanın farklı özelliklerine vurgu yapılarak tanımlamalar getirilmiştir. Wright'a (1986) göre ara toplu taşıma, genellikle düzenli bir otobüs hizmetine destek ve bazı yerlerde bir alternatif olarak hizmet veren, ücret ödeme esasına göre çalışan, gayri resmi olarak hizmet sunan bir toplu taşıma sistemidir. Sundukları hizmetlerin çeşitliliğine göre:

(1) Kişiye özel kapıdan kapıya servis;

(2) Bireysel yolcular tarafından belirlenen rotalarla paylaşılan servis;

(3) Oldukça iyi tanımlanmış güzergâhlar boyunca düzenli servis (otobüse benzer) olarak kategorize edilmektedir.

Özel yolcu taşımacılığı ile geleneksel toplu taşıma arasında bir yere konumlandırılmaktadır (Bovy ve Krayenbuhl, 1978; Rimmer, 1980). Ara toplu taşımada kentsel yolcu taşımacılık hizmeti, kamuya açık karayollarında, özel taleplere göre şekillenmektedir ve özel veya kamu işletmecileri tarafından işletilmektedir (Vuchic, 1981). Vuchic'e göre (1981) ara toplu taşıma: herkesin erişimine açık ve kamusal hizmet sunan; sadece belli kişilerin erişimine açık yarı kamusal hizmet sunan sistemler olmak üzere iki kategoriye ayırılır.

Adam Smith Institute'ne (1989) göre ara toplu taşıma, toplu taşıma sistemlerin yeteri düzeyde sağlanamadığı koşullarda ortaya çıkan; özellikle kentsel yoğunluğun düşük olduğu banliyö ve kırsal bölgelerde tarife ve güzergâhları ile ayırt edilebilen toplu taşıma sistemleri olarak tanımlanmaktadır.

Cervero'ya (1992) göre ara toplu taşıma sistemleri genellikle sabit veya yarı sabit bir rotada, özel taşımacılık ile geleneksel otobüs taşımacılığı arasında bir yerde (Şekil 7); ancak yolcu almak veya indirmek için sabit bir zaman çizelgesi olmayan herhangi bir

yerde durma rahatlığı olan bir toplu taşıma türüdür. Tipik olarak minibüsler, jitneyler/dolmuşlar, karavan ve kamyonet tarzı taşıtlar ile yâda iki ve üç tekerlekli araçlar ile yapılmaktadır (İlles, 2005).

Shimazaki ve Rahman'a (1996) göre ara toplu taşıma, özellikle kırsal alanlardan gelen göçlerle artan kentsel nüfusun ulaşım talebinin mevcut ulaşım alt yapısı ve toplu taşıma ile (otobüs ve raylı sistemler) yeteri düzeyde sağlanamadığı durumlarda ortaya çıkmıştır.

Black'a (1995) göre ara toplu taşıma, toplu taşıma ve özel ulaşım arasındaki boşluğu doldurmaktadır (Şekil 7). Özel seyahatlere benzer şekilde hizmet sunarken (belirli bir rotada veya önceden belirlenmiş programlar olmadan) talebe cevap vererek aynı zamanda kamusal bir hizmet sunmaktadır. Esnek ve talebe duyarlı olarak taksiye mümkün olduğunca yakın kişiselleştirilmiş hizmet sunarken aynı zamanda otobüs işletmeleriyle de yarışmaktadır (Lave ve Mathias, 2000; Mastrogiannidou vd., 2006). Ara toplu taşımada sunulun hizmet esnekliğe göre değişmektedir. İyi tanımlanmış bir rota boyunca ilerleyen ve istek üzerine yolcu alabilen sistemlerin var olduğu gibi tamamen taleplere cevap veren, kapıdan kapıya çağrı üzerine hizmet sunan sistemlerde bulunmaktadır (Grava, 2003). Geleneksel toplu taşımadan servis ağlarına kadar geniş bir yelpazede toplu taşıma hizmeti sunmaktadır (Grosso vd., 2002; Salazar, 2015).

Ara toplu taşıma, aynı zamanda, yaşlılar ve engelliler için ABD ve Avrupa gibi gelişmiş ülkelerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Bakker, 1999; Fitzgerald vd., 2000).

Toplu taşımanın yanı sıra veya toplu taşımaya ek olarak anlamında da kullanılan ara toplu taşıma, birçok ülkede özel sektör, devlet veya yerel yönetimler tarafından işletilmektedir (Mageea ve Nelson, 2003; Tüydeş ve Göker, 2007). Her türlü kentsel yolcuk seyahatini temsil ettiğinden, sabit yollar ve sabit tarifeler içerdiğinden geleneksel taşımacılık olarak da adlandırılmaktadır (Vuchic, 2007). Yerel kurallar ve düzenlemelerle tanımlanan yasal veya yasadışı olarak hizmet sunduğu kabul edilmektedir (Grava, 2003).

Tüydeş ve Göker (2007) yasal veya bazen yasal olmadan havaalanı erişimi için hizmet veren ara toplu taşıma sistemlerinin var olduğu ifade etmektedir. Ayrıca ara toplu taşıma hizmetleri tüm kesimler için hareketlilik, esneklik, hızlı erişim, iş gücü hacmi oluşturması, toplumsal alışkanlıklara ve davranışlara uyum sağlaması ve uygulamadaki kolaylıklarıyla gerekliliğine vurgu yapılmaktadır (Grava, 2003). Ara toplu taşıma, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere dünyanın pek çok yerinde, toplu taşıma sisteminin yükünü önemli ölçüde üstenmektedir (Cervero, 1992). Ara toplu taşıma, yarı

toplu taşıma veya geleneksel olmayan toplu taşıma olarak ta tanımlanan bu sistem (Babalık Sutcliffe, 2012;134), bazı şehir ve kasabalarda toplu toplu taşımanın tek türü olarak hizmet etmektedir (Orski 1975). Genellikle geleneksel otobüs servisinden çok daha az resmi bir çerçevede işletilir. Kullanılan araçlar genellikle küçük araçlar olup küçük filo sahipleri tarafından hizmet verirler (İles,2005).

Yukarıdaki tanımlardan yola çıkarak Gwilliam (2002) göre ara toplu taşımanın genel özelliklerini aşağıdaki gibi açıklamaktadır:

• Hizmetler genellikle programsızdır,

• Her zaman olmasa da genellikle talebe duyarlı olarak çalışır,

• Belirli rotalar boyunca servis sağlayarak resmi ulaşım hizmetindeki boşluğu doldurur,

• Finanse edilmesi kısmen daha kolaydır,

• Esneklikleri nedeniyle kullanılan araçlar genelde otobüse oranla daha küçüktür,

• Ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre kullanılan araçlar ve teknolojisi değişmektedir ve genellikle gelişmekte olan ülkelerde düşük teknolojili eski araçlar kullanılmaktadır.

• Genellikle tek kişi tarafından işletilmektedir. Hem otobüsler ile hem de diğer ara toplu taşıma türleriyle sürekli rekabet halindedir.

Ara toplu taşıma terimi 1970'lerden sonra yayın olarak kullanılmaya başlansa da ortaya çıkışı daha öncelere dayanmaktadır. Örneğin 17. Yüzyılda toplu taşıma işlevi gören at arabalarının var olduğu bilinmektedir (Black, 1995). Birinci Dünya Savaşı'yla ABD'de ekonomik buhran ve işsizlik sonucu toplu taşıma işlevi gören "jitney" olarak adlandırılan ara toplu taşıma araçları yaygınlaşmaya başlamıştır. 1915'li yıllarda ülke genelinde farklı şehirlerde yaklaşık 62.000 jitneyin faaliyet gösterdiği tahmin edilmektedir (Eckert ve Hilton, 1972).

Kentleşme olgusu dolaylı olarak ara toplu taşımanın ortaya çıkmasını ve gelişmesini tetiklemiştir. Hızla artan kentsel nüfus karşısında arazi kullanım ve kentsel ulaşım planlamasının iyi yönetilememesi tıkanıklık gibi pek çok ulaşım sorunlarını beraberinde getirmiştir (Cervero ve Golub, 2007). Ayrıca otomobil sahipliliğinin ve araç sayısının da artması bu sorunları tetiklemiştir (Enoch, 2005). Mali ve kurumsal kapasite eksikliği nedeniyle etkin olarak hizmet sunamayan ve yetersiz kalan düzenli (yani resmi) toplu taşıma hizmetleri, artan bu talebi karşılayamaz hale gelmiştir. Özellikle 19500'lerin sonu ve 1960'ların başında karşılanamayan bu talep piyasada bir boşluk meydana getirmiştir (Iles, 2005). Yasal veya yasadışı olarak küçük ölçekli işletmeciler ortaya çıkmış, hem

talebe cevap vermiş hem de bu boşluğu doldurmuştur (Adam Smith Institute, 1989; Cervero, 1992; Black,1995; Shimazaki ve Rahman,1996; Gwilliam, 2002). Bu işletmeler olağan toplu taşıma servislerini tamamlamak, resmi işletmecilerin yetersiz hizmet götürdüğü mahallelere girerek pazardaki değişen taleplere cevap vermek suretiyle, yavaş yavaş pazara dâhil olmuşlardır. Başta gelişmekte olan ülkeler dâhil olmak üzere dünyanın pek çok kentinde ara toplu taşımanın ilk örnekleri ortaya çıkmaya başlamıştır (Gwilliam, 2002; Cervero ve Golub, 2007; Venter vd., 2014).

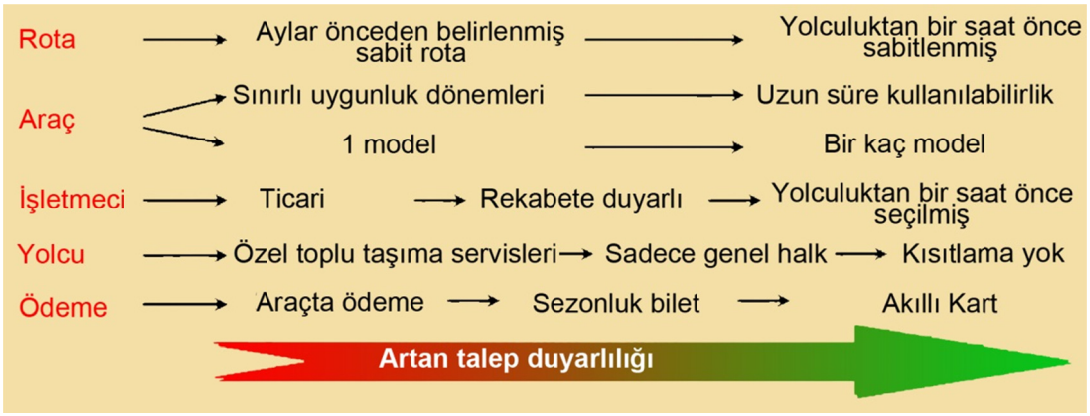
Ara toplu taşıma, uluslararası terminolojide yaygın olarak "Paratransit"/"semi public transport mod" olarak kullanılmaktadır (Babalık Sutcliffe, 2012;134). "Paratransit" ya da Fransız yazınında karşılığı olan "transports paracollectifs", ulaşım terminolojisine ilk olarak Kirby ve Şehir Enstitüleri Araştırma ekibinin "Para-transit, Neglected Options for Urban Mobility" (Kirby vd., 1974) adlı araştırma çalışmasıyla girdiği kabul edilmektedir (Bovy ve Krayenbuhl, 1978). Ara toplu taşıma için kullanılan "Paratransit" (Para-transit) kavramı Yunanca düzensiz, kuralsız, olağandışı anlamlarında olan "para" kavramı ile toplu taşıma anlamındaki "transit" kavramlarının birleşiminden oluşur (Gwilliam, 2002).

Ara toplu taşıma, "paratransit" (Cervero, 1997; Lave ve Mathias, 2000; Fitzgerald, vd., 2004; Nguyen-Hoang ve Yeung, 2010), "Gayri resmi toplu taşıma (Informal public transport)" (Cervero, 2000; Cervero ve Golub, 2007; Aworemi vd., 2008; Guillen vd., 2013) "Talebe duyarlı toplu taşıma (Demand responsive public transport)" (Grosso vd., 2002; Enoch vd., 2004; Diana vd., 2006; Logan, 2007; Davison vd., 2012; Davison vd., 2014) "Talebe duyarlı destekleyici ulaşım servisleri (demand responsive feeder transit services)" (Shailesh ve Quadrifoglio, 2013), "Esnek Toplu Taşıma (flexible public transport)" ( Mulley ve Nelson, 2009; Nelson vd., 2010; Finn, 2012; Wright, 2013), "yarı esnek ulaşım sistemleri (semi-flexible transit systems)" (Errico vd.,2013) "Gelişmemiş ulaşım sitemleri (Intermedıate Transport Systems)", (Jacobs, 1976; Meier,1977), "basit ulaşım (Simple Transport)" (Barwell, 1977) olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca işletme biçimiyle, küçük ölçekli servisler ile işletildiğinden "düşük maliyetli taşımacılık", "ara teknolojiler" ve "üçüncü dünya taşımacılığı" olarak da adlandırılır (Cervero, 2000).

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı üzere, ara toplu taşıma, genel özellikleriyle dünya genelinde benzer olarak tanımlansa da yerel dinamikleriyle ülkeden ülkeye farklılaşabilmektedir. Terminolojide ara toplu taşıma anlamında talep odaklı ara toplu taşıma, esnek ara toplu taşıma ve gayri resmi ara toplu taşıma yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu terimler birbirlerinden kesin sınırlar ile ayrılmazlar. Benzer yönleri

bulunan bu sistemler birbirlerinden rota, programlama, işletme ve kapasite gibi özelliklere göre farklılaşmaktadır.

Talep Odaklı Ara Toplu Taşıma: Talep odaklı ara toplu taşıma (demand responsive transit/ demand responsive public transport) ; genellikle hareket kısıtlılığı olan kişiler ile engelli kişiler için, kapıdan kapıya veya telefonla araç çağrılarak hizmetin sağlandığı bir tür ara toplu taşıma biçimidir (Mulley ve Nelson, 2009; Nelson vd., 2010). Brand vd., (2003) göre otobüs ve taksi arasında bir yerde, daha az resmi olan ve geniş bir yelpazede hizmet sunan bir ara ulaşım biçimidir. 1979 İsveç'teki özürlülerin erişimi ile ilgili bir yasanın kabul edilmesi, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 1990 Engelliler Yasası, İngiltere'deki 1995 Engellilik Ayrımcılığı Yasası sistemin gelişmesinde önemli eşik olmuştur (Nelson vd., 2010). Hizmet, kamu tarafından yâda yerel topluluklar tarafından sağlanmaktadır. Hizmetten yararlanmak isteyenler seyahat planlarını önce arayarak bildirirler, gelen talepler doğrultusunda rota planlaması oluşturulmaktadır (Şekil 6). Talebe duyarlılığına göre rota, araç, işletmeci, yolcu ve ödemenin nasıl değiştiği Şekil 6'da gösterilmektedir. Sistemde talep arttıkça hizmetin özelleşmesi de artmaktadır. Bu hizmetler diğer geleneksel kara toplu taşıma hizmetlerine kıyasla daha pahalı olup, genelde rota planlamasında esnek olmamaları ve yüksek talebi yönetememeleri nedeniyle sıklıkla eleştirilmektedir (Mulley ve Nelson, 2009).




Şekil 6. Toplu taşımda talebe duyarlılık (Kaynak, Brake vd., 2006)

Ara toplu taşımada talebe duyarlı sistemler sekiz gruba ayrılır ( Kışla vd., 2016):

1. Personel ve öğrenci otobüsleri/servisleri
2. Kırsal ulaşım araçları
3. Hastane servisleri

4. Alışveriş merkezi servisleri
5. Araç paylaşımlı sistemler
6. Havaalanı servisleri
7. Taksiler
8. İstasyon (terminal) servisleri

Talep odaklı sistemlerde zaman çizelgesinin yapılması hizmet kalitesi açısından oldukça önemlidir. Talebe duyarlı ara toplu taşıma sisteminin genel özellikleri Tablo 5'te özetlemiştir (Enoch vd., 2004). Tablo 5'te görüleceği üzere program sabit tarifeli olabileceği gibi talebe göre de şekillenebilmektedir. Sabit bir güzergâh kullanılabildiği gibi talebe cevap verebilmek amacıyla rotalarda esneklik ve değişkenlik sağlanabilmektedir. Kullanılan araç türünü talebi eden kişi ile talebin türü belirlemektedir. Yolcu sayısı genelde dört ila yirmi arasında değişmektedir. Hizmetler bir yerden bir yere olabileceği gibi bir yerden birçok yere de olabilmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Talebe duyarlı ulaşımın genel o özellikleri (Enoch vd., 2004)

| | |
|---|---|
| Zamanlama tipi | Sabit tarifeli<br>Talebe Bağlı tarife<br>Programı olmayan tarife |
| Güzergâh türü | Sabit güzergâh<br>Güzergâhından sapma<br>Esnek rota |
| Araç tipi | Küçük taksi<br>Taksi<br>Minibüs<br>Midibüs |
| Başlangıç ve varış ilişkisi | Bir yerden bir yere<br>Bir yerden birkaç yere<br>Birkaç yerden bir yere<br>Birkaç yerden bir kaç yere |
| Başlangıç ve varış servisi | Kapıdan kapıya<br>Kontrol noktası* |

* kapıdan kapıya hizmet vermek yerine; hizmet bilinen belirli bir noktada da sonlanabilir (postane veya bir caddenin sonu gibi)

Esnek Ara Toplu Taşıma: Esnek ara toplu taşıma (flexible transport service/ flexible public transport), yolculara rotaları, saatleri, ulaşım şekilleri, servis sağlayıcıları ve ödeme sistemlerini seçmede esneklik sağlamayı amaçlamaktadır (Velega vd., 2012). Başka bir ifade ile rota, araç türü, programlama veya ödeme şekillerinden en az birinin sabit olmadığı bir toplu taşıma biçimini ifade etmektedir (Mulley vd., 2012). Esnek toplu taşıma,

kullanıcılarına bazı kolaylıklar sağlamakta olup başlıca yararları şunlardır (Ferreira vd., 2007; Finn, 2012):

1. Toplu taşıma işlevi görür,

2. Toplu taşımayı daha çekici hale getirerek özel araç kullanımını azaltır ve ulaştırmaya olumlu katkılar sağlar,

3. Bütüncül ulaşım çözümleri elde etmek için diğer toplu taşıma sistemleri arasında entegrasyonu sağlar,

4. Kapıdan kapıya hizmet verebilir,

5. Düşük yoğunluklu alanlara erişim olanağı sağlar,

6. Hareket kabiliyeti kısıtlı veya diğer ihtiyaçları olan kişiler için özel taşıma hizmeti sunar,

Esnek toplu taşıma, yoğun kentsel alanlardan çok banliyö ve kırsal alanlarda daha yaygın tercih edilmesine karşın, bazı büyük kentlerde tersi uygulama örnekleri de mevcuttur ( Mulley ve Nelson, 2009). Sistem, iyi tanımlanmış bir güzergâh boyunca düzenli bir programa göre çalışır. Ancak güzergâhta bir bölgede talebe bağlı olarak sapma gösterilebilir. Bu sapma genelde 800 m ile 1000 m arasında değişmektedir. Kullanıcılar güzergâhın herhangi bir noktasında, işaretli duraklarda yâda araca el sallayarak hizmetten yararlanabilirler (Errico vd., 2013).

Gayri Resmi Ara Toplu Taşıma: İyi bir organizasyona sahip olması ve hükümet eliyle düzenlemesi gerektiren toplu taşıma, “resmi toplu taşıma” (Formal Public Transport) olarak refere edilirken, hizmetlerde kayıt dışılık içeren ve özel sektör tarafından sağlanan toplu taşıma “resmi olmayan toplu taşıma” (Informal Public Transport) olarak ifade edilir (Kumar vd., 2021).

İyi bir organizasyona sahip olması ve hükümet eliyle düzenlemesi gerektiren toplu taşıma, “resmi toplu taşıma” (Formal Public Transport) olarak ifade edilirken, özel sektör tarafından sağlanan ancak hizmetlerde kayıt dışılık içeriyorsa “resmi olmayan/Gayri resmi toplu taşıma” (Informal Public Transport) olarak ifade edilir (Kumar vd., 2021).

Yanar’a (2023) göre, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere toplu taşıma hizmetlerinin yetersizliği ulaşım sorunlarını beraberinde getirir. Her ne kadar toplu taşımanın sağlanması devletin görevi olsa da gerekli kaynak yetersizliği gayri resmi toplu taşıma sistemlerinde artışa neden olur (Kumar vd., 2016). Gayri resmi veya yasal olarak kabul edilmeyen bu toplu taşıma biçimi, Asya ve Afrika'nın en fakir şehirlerinden Kuzey Amerika ve Avrupa'nın en zengin bazı şehirlerine kadar dünyanın farklı yerlerinde toplu

taşımada önemli rol oynar (Golub, 2003; Guillen vd., 2013). Örneğin Manila'da (Filipinler) toplu taşıma seyahatlerinin yüzde yetmişi, Jakarta'da (Endonezya) yüzde ellisi, Kuala Lumpur'da (Malezya) yüzde kırkı, Mexico City'de yüzde elli beşi, Hong Kong'da yüzde otuzu, Nairobi'de (Kenya) yüzde otuz üçü ve San Juan'da (Porto Riko) yüzde ellisi paratransit ve gayri resmi ara toplu taşıma modlarıyla sağlanmaktadır (Cervero, 2000). Çoğunlukla küçük araçlı minibüs, taksi, üç tekerli ve motosikletler kullanılır (Tablo 6). Bangkok'ta kullanılan motosiklet taksiler, Lagos'ta "Kabu-Kabu" olarak adlandırılan araçlar ile ABD'de Houston ve Washington da olduğu gibi kullanılan paylaşımlı araçlar bu sisteme örnek olarak verilebilir (Kumar vd., 2016).

Cervero'ya (2000) göre gelişmekte olan dünya ülkelerinde gayri resmi ara toplu taşımanın genel özellikleri şunlardır:

• Gayri resmi ara toplu taşımada rekabet ortamı oldukça yüksektir. Serbest meslek sahibi girişimciler tarafından hizmet sağlanır ve özel olarak işletilir. Sürücüler nadiren bir araca sahip olurlar ve pek çoğu sahiplerden bir ücret karşılığında kiralanarak hizmet sunarlar.

• Gayri resmi ara toplu taşımada kullanılan araçlar diğer toplu taşıma araçlarına kıyasla daha düşük yolcu taşıma kapasitesindedir. Genellikle araçlar 1 ila 16 yolcu taşıma kapasitesindedir. Araçların küçük olmaları dar sokaklarda ve sıkışık trafik koşullarında manevra kabiliyetini arttırmaktadır. Yolcu indirme ve bindirme süreleri otobüslere nispeten daha kısadır. Ancak kullanılan araçlar genellikle eski ve bakımı yetersizdir.

• Kullanılan küçük araçlar düşük güç/ağırlık oranına sahiptir ve ortalama hızları yavaştır. Sunulan hizmet belirli bir güzergâhı kapsamakta ve genelde ana hat hizmetlerine besleyici olarak işlev görmektedir.

Tablo 6. Gayri resmi olarak çalışan ara toplu taşıma araçları ve hizmetlerin sınıfları (Cervero, 2000)

| Sınıf | Hizmet özellikleri | | Yolcu | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Rota | Tarife | Kapasite | Hizmet nişi | Hizmet kapsamı |
| Minibüs/jitney | Sabit | Yarı Sabit | 12–24 | Karışık | Alt Bölge |
| Minibüs /pikap | Sabit | Yarı Sabit | 4–11 | Dağıtım | Alt Bölge |
| Üç tekerlekli/motosiklet | Değişken | Değişken | 1–4 | Besleyici | Mahalle |
| Çekçek bisiklet /at arabası | Değişken | Değişken | 1-6 | Besleyici | Mahalle |

Wright vd., (2014) resmi ara toplu taşıma ile gayri resmi ara toplu taşımayı karşılaştırmıştır (Tablo 7). Resmi ara toplu taşımada planlama, programlama, ücretlendirme ve rota gibi özellikler net bir şekilde tanımlamış olmasına rağmen gayri resmi ara toplu taşımada bu tanımlama daha esnektir.

Tablo 7. Resmi ve gayri resmi ara toplu taşımanın karşılaştırılması (Wright vd., 2014)

| Resmi ara toplu taşıma | Gayri Resmi ara toplu taşıma |
|---|---|
| Yasal olarak ve yetkilendirilmiş bir şekilde çalışır | Ticaretlerini yasadışı bir şekilde yaparlar; resmi onay bulunmamaktadır |
| Araçlar iyi planlanmıştır, programlanması ve dağıtımı iyi yapılmıştır | Zayıf planlama ve hizmet ile mantıksal bir yaklaşım yoktur |
| Kontrollü çalışma ve verimli enerji tüketimi vardır | Kontrolsüz operasyon sistemi hâkimdir |
| Vergiler ve ücretler tanımlıdır | Ücretler ve gelirler tamamen yolcu ve talebe göre değişir |
| Kamu politikası perspektifinden rasyonelleştirmek kolaydır | Kamu politikası açısından rasyonelleştirmek zordur |
| Güvenli ve sınırlı kapasite çalışırlar | Bazen aşırı kalabalık araçlar ve güvenli olmayan sürüş alışkanlıkları sergilenmektedir |
| Bir firma bünyesinde az sayıda operatör hizmet verir | Kontrol veya düzenleme olmayan birçok bağımsız operatörler vardır |
| Diğer taşıma modları ile entegre edilebilir durumdadır | Diğer modlarla entegrasyon güçtür |

Gayri resmi ara ulaşımda, hizmetin ve araç türünün belirlenmesinde birçok farklılıklar bulunmaktadır (Tablo 8). Faklı ülkelerde, farklı araç tipleriyle benzer şekilde hizmet verilmektedir. Araç tipine bağlı olarak yolcu kapasiteleri, güzergâh ve tarifeleri, hizmet ve pazar alanları da değişkenlik göstermektedir. Kullanılan araç tipi küçülüp kapasite düştükçe rota ve tarifeler değişmekte hizmet ve pazar alanı düzensizleşmeye başlamaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Gayri resmi ara toplu taşımanın sınıflandırılması (Cervero, 2000; akt., Gwilliam, 2002)

| Araç Tipi | Servis Özellikleri | | Yolcu Kapasitesi | Hizmet alanı | Pazar alanı | Örnek Şehirler |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Güzergâh | Tarifeleri | | | | |
| Büyük otobüs | Sabit | Sabit | 25-60 | Hat taşıma | Bayilik | Buenos Aires; Rostov, Rusya |
| Minibüs | Sabit | Sabit / yarı sabit | 12-24 | Hat taşıma | Bayilik | Sâo Paulo; Bangkok; Harare, Zimbabwe; Johannesburg, Güney Afrika |
| Jeepney | Sabit | Yarı sabit | 12-24 | Hat taşıma | Bayilik | Manila |
| Microbus ve kamyonet | Sabit | Yarı sabit | 4-11 | Besleyici | Lisanslı | Caracas |
| Paylaşımlı taksi | Değişken | Değişken | 3-6 | Kısa geziler | Lisanslı | Casablanca, Morocco; Lima; Maracaibo, Venezuela |

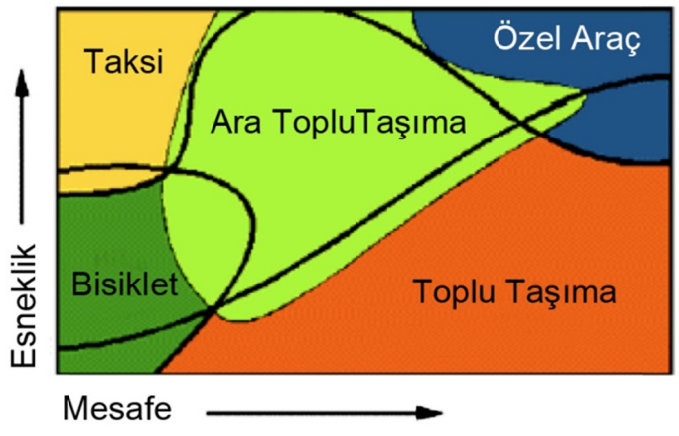
Tablo 8'in devamı

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Üç tekerlekli | Değişken | Değişken | 2-4 | Kısa geziler, besleyici | Düzenlenmemiş | Phnom Penh, Cambodia; Delhi; Bangkok; Jakarta |
| Motosiklet | Değişken | Değişken | 1-4 | Daha uzun geziler, besleyici | Düzenlenmemiş | Bangkok; Cotonou, Benin; Lome, Togo; Douala, Cameroon |
| Pedicab ve at arabası | Değişken | Değişken | 1-6 | Kısa geziler, besleyici | Düzenlenmemiş | Dhaka; Vientiane, Lao Peoples Dem. Rep.; Mumbai |

#### 1.2.2.1. Ara Toplu Taşımanın Kentsel Ulaşımdaki Yeri

Ara toplu taşıma sistemleri hemen hemen dünyanın her yerinde hizmet vermektedir; ancak gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasında uygulamada belirgin farklılıklar vardır (Shimazaki ve Rahman, 1996). Toplu taşıma hizmetlerinin merkezi ve yerel yönetimlerce yeteri düzeyde sağlanamadığı durumlarda, toplu taşıma görevini ara toplu taşıma araçları üstlenmiştir. Ara toplu taşıma düşük gelirli gruptan yüksek gelirli gruba kadar her kesim için kişiselleştirilmiş esnek bir ulaşım hizmeti sunmaktadır.

Ara toplu taşıma, pek çok şehirde, toplu taşımanın birincil uygulayıcısı olarak hizmet vermektedir (Salazar, 2015.). Ara toplu taşıma, hem otobüs hem de diğer toplu taşıma sistemleriyle rekabet halindedir. Bu rekabet sunulan hizmetin kalitesinin arttırılmasında önemlidir. Şehir içi dolaşımda özel araca yakın hizmet sunmaktadır (Cervero, 1997). Pek çok çalışmada ara toplu taşımanın özel araçlar ve toplu taşıma hizmetleri arasında geniş çapta hizmet sunan bir sistem olduğuna vurgu yapılmaktadır (Bovy ve Krayenbuhl, 1978; Rimmer, 1980; Cervero, 1992; Black, 1995; Bakker, 1999; Grosso vd., 2002; Salazar, 2015) (Şekil 7).




Şekil 7. Ara toplu taşımanın diğer ulaştırma modları arasındaki yeri (Kirby ve Bhat, 1974).

Loo'ya (2007) göre ara toplu taşıma, farklı toplu taşıma modlarıyla entegre olduğunda toplu taşımın bütünün tamamlayıcı bir parçası olmaktadır. Ancak Roos ve Alschuler'a (1975) göre ara toplu taşımanın rolü potansiyelinden daha azdır. Bunun nedeni sektörün parçalı yapıda olması ve yeterince koordine edilememesidir.

#### 1.2.2.2. Ara Toplu Taşımanın Avantajları ve Problemleri

Her toplu taşıma türünde olduğu gibi ara toplu taşımanın da avantajlı ve problemli olduğu durumlar vardır. Ara toplu taşıma başlıca avantajları şunlardır (Adam Smith Institute, 1989; Cervero, 1997; Grava, 2003; Cervero ve Golub, 2007; Susilo, 2014; Ferro, 2015a):

• İstihdam olanağı sağlar.

• Her kesim için dolaşım/hareketlilik imkânı sağlar (yaşlı ve engelliler için talep odaklı ulaşım gibi).

• Seyahat seçeneklerini arttırır.

• Toplu taşımanın yükünü çeker ve toplu taşımada önemli bir boşluğu doldurur.

• Özel taşımacılığa benzerliğiyle sunulan hizmetin servis kalitesi nispeten yüksektir.

• Kamusal yatırım maliyeleri oldukça düşüktür ve sübvanseye edilmeye gerek kalmadan işletilirler.

• Yolcuların taleplerine, değişen pazar koşullarına kolayca cevap verebilecek esnekliktedirler.

• Kompakt araç boyutlarıyla erişimi zor alanlarda talebe kolayca cevap verebilirler, daha geniş alanlarda etkili olurlar.

• Kırsal ve düşük yoğunluklu bölgelerdeki talebe cevap vermesi, bu alanları daha erişilebilir hale getirmesi.

• Mevcut ulaşım ağına uyum sağlama yeteneği, başlıca olumlu özelliklerindendir.

Bunların dışında ara toplu taşımanın sosyal faydaları da bulunmaktadır.. Gelişmekte olan ülkelerde, genellikle yeteri düzeyde sağlanamayan toplu taşıma talebini karşılamak üzere ortaya çıkan ara toplu taşıma; gelişmiş Asya, Amerika ve Avrupa ülkelerinde talebe bağlı, kapıdan kapıya ve esnek olarak, yaşlı ve engelli insanlar için hizmet verecek şekilde çalışmaktadır (Lave ve Mathias, 2000). 1990 tarihli Engelli Amerikalılar Yasası ile Amerika'da, engelliler için ara toplu taşıma hizmetlerinin hükümet tarafından sağlanması zorunlu hale geliştirilmiştir (Cervero, 1997). Amerika'da olduğu gibi Avrupa ülkelerinde

de engelli ve yaşlı insanlar için talep odaklı esnek ara toplu taşıma sistemleri bulunmaktadır (Özen, 2010). Bu kapsamda İngiltere'de de 1995 Engellilik Ayrımcılığı Yasası ile 2001 yılından beri 22'den fazla yolcu taşıyabilen araçlar kullanılmaya başlanmıştır (Mulley vd., 2012).

Ara toplu taşımanın problemleri yanları ise şöyledir (Grava, 2003; Cervero ve Golub, 2007; Susilo, 2014):

• Motorlu araçların yarattığı gürültü, hava ve çevresel sorunlar

• Çok sayıda bulunan ara toplu taşıma araçlarının trafikte tıkanıklığı neden olabilmesi

• Trafik hızını yavaşlatması, trafik kazalarına sebebiyet vermesi, sürücü davranışları ve yarattığı tehlikeler

• Talep odaklı araçlarda işletme maliyetlerinin yüksek oluşu (Amerika'da yaşlılar için kullanılan ara toplu taşıma araçları gibi)

• Marjinal bir iş gücü oluşturması

• Sistemin kar odaklı çalışmasının getirdiği problemler

• Vergilerden ve ücretlerden kaçınma, başlıca olumsuz özelliklerindendir.

#### 1.2.2.3. Ara Toplu Taşımanın Sınıflandırılması

Shimazaki ve Rahman (1996) ara toplu taşımayı aracın "motorlu" veya "motorsuz" olmasına göre iki grupta sınıflamıştır.

Motorsuz ara toplu taşıma araçlarına, insan veya hayvan gücüyle çalışan bisiklet veya faytonlar örnek olarak verilebilir. Hindistan, Bangladeş, Kolkata, Filipinler, Vietnam, Endonezya ve Pakistan gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır Bu araçlar yerel isimlerine göre bisiklet-rickshaw (cycle-rickshaw), pedalla çalışan hafif faytonlular (pedicabs), elle çekilen rickshaw (Hand-Pulled Rickshaw), üç tekerlekli (pedal tricycle), bisiklet olarak kullanılan becak, calesa, dokar ( delman) , tonga ve xiclos olarak adlandırırlar.

Motorlu ara toplu taşıma araçları genelde ülkelerin kendi yerel isimleriyle adlandırılmaktadır. Ülkelere göre motorlu ara toplu taşıma araçların yerel isimleri aşağıdaki gibidir: minibas (Malezya), pesaro-libere (Meksika), taxi colectivo (Çin), jitney (Latin America ülkeleri, Afrika Orta ve Uzak Doğu ülkeleri), dial-a-ride (İngiltere), jeepney (Filipin), taxis (Uzak Doğu Ülkeleri), lotacao (Brezilya), angkots (Endonezya), songtaew/silor (Tayland), tata magic ve oto-çekçek (Auto-Rickshaw, Hindistan) , xelam

(Vietnam), Daladalas (Dar-Es-Salaam-Tanzanya), hızlı otobüs (Fast Buses, Dakar-Senegal), Matatu (Kenya), Dolmuş (Türkiye) Emergence Taksi (ET, Zimbabwe) Public light Bus (PLB, Hong Kong), Robot (Jamaika) Tempo (Bangladeş), Tro-tro (Gana), Angkutan Kota (Endonezya) (Grava, 2003; Iles, 2005; Vuchic, 2007; Victory ve Ahmed, 2016; Enoch ve Potter,2016). (Tablo 9).

Tablo 9. Gelişmekte olan ülkelerde çeşitli ara toplu taşıma servislerinin adları (Gravo, 1997)

| **Servis adı** | **Ülkesi** |
|---|---|
| **Bisiklet/ çekçekler/ Pedicablar** | |
| • Trishaw | Hong Kong |
| • Ojek; Becak (betjak) | Endonezya |
| • Beca roda tiga; Lancha; trishaw. | Malezya |
| • Samlor | Tayland |
| **Scooter veya Motosikletlere Dayalı Motorlu Taşıtlar** | |
| • Tricycle rickshaw | Pakistan |
| • Bajaj; Minicar; Mebea/bingo; Helicak | Endonezya |
| • Tricycle | Filipinler |
| • Four-seater; Minitaxi | Hindistan |
| • Samlor; Tuk tuk | Tayland |
| • Honda-om; Lambro | Vietnam |
| **Jitneys, Van veya Dönüştürülmüş Kamyonet tarzı araçlar** | |
| • Opelet; Bemo; Mikrolet | Endonezya |
| • Minibas | Malezya |
| • Auto calesa; Jeepney | Filipinler |
| • Rot song teow; Silor | Tayland ihraç |
| • Auto rickshaw | Pakistan |
| • Cyclopus | Vietnam |
| • Pak pais; Public light bus | Hong Kong |
| • Pesaro; libere | Meksika |
| • Publico | Karayip Adaları |
| • Route taxi | Trinidad |
| • Dolmuş | Türkiye |
| • Sherut | İsrail |
| • Carro por puesto | Venezuela |
| • Lotacao | Brezilya |
| • Colectivo | Latin Amerika |
| • Taxi colectivo | Şili, Kolombiya |
| • Service | Orta Doğu |
| • Yek toman | İran |
| • Arabea ogra | Mısır |
| • Bakassi | Sudan |
| • Mammy wagon | Afrika |
| • Gbaka; Taxi baggage | Fildişi Sahili |

Tablo 9'un devamı

| | |
|---|---|
| • Mutato | Kenya |
| • Louage | Kuzey Afrika |
| • Kia kia; Bolecaja | Nijerya |
| • Pula fula | Kongo |
| • Tap tap | Haiti |

Motorlu yâda motorsuz ara toplu taşıma araçları kapasitelerine göre üçe ayrılır (Shimazaki ve Rahman, 1995):

1. Tekil tip (koltuk kapasitesi 4'den az),
2. Ortak tip (koltuk kapasitesi 5 ila 10 arası)
3. Toplu tip (koltuk kapasitesi 11 ila 20 arası)

Motorsuz ara toplu taşıma araçlarının kapasiteleri 2 ila 4 arasında değişmektedir. Motorlu araçların ortak tip olanları (koltuk kapasitesi 5 ila 10 arasında olanlar) genellikle sabit rotada sabit olmayan duraklar arasında hizmet vermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde motorlu ara toplu taşıma araçları daha yaygın ve hâkim olup toplu taşıma talebinin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Metro Manila'da (Filipinler) toplu taşıma talebinin yüzde yetmişi, Jakarta'da (Endonezya) yüzde ellisi, Kuala Lumpur'da (Malezya) yüzde kırkı ve Bangkok'ta ( Tayland) yüzde yirmi biri ara toplu taşımayla karşılanmaktadır (Shimazaki ve Rahman, 1995).

Vuhic (2007) ara toplu taşıma araçlarını sunulan hizmetin özelliğine göre; özel taşımacılığa hizmet eden araçlar, yarı kamusal hizmet veren ara toplu taşıma araçları ve kamusal (düzenli) hizmet veren ara toplu taşıma araçları şeklinde üç gruba ayırmıştır (Tablo 10).

Özel taşımacılığa hizmet eden araçlar: Araç kiralama ve paylaşımlı otomobiller bu kategoride yer alır. Araç kiralamada, bireyler belirli bir süre için (gün veya hafta) aracı kiralayarak seyahatlerini gerçekleştirirler (Vuhic, 2007). Otomobil paylaşımı (carpool), iki veya daha fazla kişinin önceden birbirlerinden haberdar olarak veya habersiz aracı durdurarak benzer başlangıç ve varış noktaları arasında yapılan seyahati ifade etmektedir. Gayri resmi ara toplu taşıma türü olarak kabul edilir. A ile içi, arkadaş, iş arkadaşı, komşular arasında bilindik kişilerle olabileceği gibi herhangi bir diğer bilinmeyen kişilerle de olabilir (Cline, 2014).

Yarı kamusal hizmet veren ara toplu taşıma araçları: Yarı kamusal hizmet vere ara toplu taşıma, yeterli toplu taşıma hizmetinin bulunmadığı bölgelerde iş ve okul seyahatleri için kullanılan abonelik türündeki toplu taşıma biçimi olarak tanımlanır. Ülkemizde de

kullanılan iş ve okul servisleri bu kapsamda değerlendirilir. Genelde, 7 ila 15 kişi taşıma kapasiteli paylaşımlı kamyonet (van) ya da minibüsler (vanpool) kullanılır. Otomobil paylaşımından farklı olarak araç daha büyüktür ve farklı bir ehliyet sınıfı gerekmektedir. (Vuhic, 2007; Grava, 2004).

Kamusal (düzenli) hizmet veren ara toplu taşıma araçları: Herkesin kullanımına açık taksi, jitney (dolmuş) ve aboneli çağrılı taşımacılık (dial-a-ride) sistemleri kamusal ara toplu taşıma olarak tanımlanmaktadır. Taksiler hemen hemen her kentte bulunan, tamamen esnek ve yolculuk talebine göre şekillenen bir sistemdir. Bazı bölgelerde taksiler, trafikte dolaşarak ve elle durdurularak hizmet verirken bazı bölgelerde ise sabit duraklarla çağrıldıklarında hizmet vermektedir. Özel olarak işletilen taksiler için fiyatlandırma, durak yerleri, ruhsat ve plaka işlemleri ilgili kamu kurumları tarafından düzenlenmektedir (Grava, 2004).

Latin Amerika, Afrika, Asya, Orta ve Uzak Doğu'daki gelişmekte olan ülkelerin çoğunda toplu taşımanın büyük bir kısmı "jitney" olarak adlandırılan ara toplu taşma araçlarıyla yapılmaktadır. Ülkemizde " taksi dolmuş", "dolmuş", "dolmuş minibüs" olarak adlandırılan bu araçlar San Juan'da "publicos", Manila'da "jeepney", Caracas'ta "por puestos" yerel isimleriyle bilinir (Grava, 2004).

Tablo 10. Ara toplu taşıma türlerinin genel özellikleri* (Vuchic, 2007: 502)

| Özellik | Genel Kategori / Tip / Mod | Özel Oto (Kiralık Araç) | Yarı Toplu Taşıma → ← Toplu Taşıma ← Paratransit (Geniş tanımlama) → | | | | | | | Düzenli Taşıma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ortak Araç | Ortak Araç (Minübüste) | Aboneli Otobüs | Paylaşımlı Araç | Taksi | Jitney Çağrılı Sistem | Telefonla araç çağırma, karma servis | |
| Kullanım Türü | Özel | ■ | | | | | | | | |
| | Yarı Kamusal | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | Kamusal | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Araç (sistem) Sahipliliği | Kullanıcı | ■ | ■ | | | | | | | |
| | İşveren | | | ■ | ▪ | | | | | |
| | Bireysel operatör | | | | | | ▪ | ■ | | |
| | Taşıma acentaları | ▪ | | ▪ | ▪ | ■ | ▪ | | ■ | ■ |
| | Kişiye özel | | | | | | | | | |
| Güzergaha göre servis tipi | Kısmen özel | ■ | | | | ■ | ■ | | | |
| | Sabit rota | | ■ | ■ | ■ | | | ▪ | ■ | ▪ |
| Hizmet alma yöntemi | Her zaman erişilebilir | ■ | | | | ▪ | | | | |
| | Sabit program | | | | | | | ▪ | | ■ |
| | Önceden belirlenmiş | ▪ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | |
| | Sokaktan/telefonla | | | | | | ■ | ▪ | ▪ | |
| Hizmet verilen yolculuklar | Sadece düzenli | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | Tümü | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Araç sürücüsü | Kullanıcı | ■ | ■ | | | ■ | | | | |
| | Kısmen eğitilmiş sürücü | | | ▪ | | | ▪ | ■ | | |
| | Eğitilmiş sürücü | | | | ■ | | ▪ | | ■ | ■ |
| Araç kapasitesi | < 6 | ■ | ■ | | | ■ | ■ | ▪ | | |
| | 7-15 | | | ■ | | | | ▪ | ▪ | |
| | >16 | | | | ■ | | | | ▪ | ■ |
| Yolculuk sonunda park etme | Gerekli | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ▪ | ■ | ■ | ■ |
| | Gerekli değil | | | | | | ■ | | | |

* Yazar tarafından çevrilerek oluşturulmuştur.

Otomobil, karavan veya minibüs gibi araçlar ile hizmet veren jitney/dolmuşlar, belirli bir güzergâh boyunca, belirli durak noktaları arasında işletilmektedir (Black, 1995). Araçların düzenli bir sefer planı yoktur ve sabit bir ücret ödeme tarifesi bulunmaktadır. Jitney/dolmuş sistemlerinde servis sıklıkları ve hızları genellikle otobüslerden daha yüksektir. Talebin düşük olduğu geç saatlerde jitney sahipleri hizmeti vermekten kaçınma eğilimindedir (King ve Goldwyn, 2014). Jitneylerin konforu genellikle modern transit araçlara göre çok daha düşüktür. Tüm yolcular oturuyor olmasına rağmen, Lima, Manila gibi bazı bölgelerde aşırı kalabalık, yasal koltuk sayısının % 50'sinden fazla yolcu taşındığı durumlarda vardır (Vuhic, 2007).

Gelişmiş ülkelerde ara toplu taşıma, talebe duyarlı olarak toplu taşımayı tamamlayıcı bir şekilde çalışmakta ve genellikle telefonla arayarak hizmetten yararlanılmaktadır. Çağrılı taşımacılık talebe bağlı bir hizmet türü olarak tanımlanır. Kullanıcılar siteme üye olmaları ve genellikle 24 saat önceden rezervasyon yaptırmaları gerekmektedir. Kullanıcı ayrıca varış yeri ve erişim ihtiyaçları hakkında da bilgi vermek zorundadır (Finn, 2012; Davison vd., 2014). Çağrılı taşımacılık, çoğunlukla minibüsler gibi araçlar ile sağlanmaktadır. Sistemin düzenleyicileri bir araçta olabilecek en fazla sayıdaki kişiye göre programlama yaparak aracı en iyi şekilde kullanılmaya çalışılmaktadır. Çağrılı taşımacılık sistemin en temel gayesi engelli, hamile kadınlar ve toplu taşıma sistemlerinden rahat bir şekilde faydalanamayan insanlara hizmet vermek için kurulmuştur. Bu sistemin ikinci amacı ise insanlara kapıdan-kapıya bir ulaşım hizmet sağlayarak özel araba kullanımını azaltmak ve çevreci bir ulaşım hizmeti sunmaktır. Bu sistem Avrupa'nın pek çok ülkesinde ve gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. İngiltere'de bu sistem kamu tarafından, özel tasarlanmış 14-18 yolcu kapasiteli minibüslerle sağlanmaktadır (Özen, 2010).

#### 1.2.2.4. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Türkiye Genelindeki Özellikleri ve Uygulamaları

Taksi, dolmuş, taksi dolmuş, minibüs, midibüs, işyeri okul ve umumi servis araçları ülkemizdeki başlıca ara toplu taşıma sistemleridir (Şanlı, 1981; Kırmızı vd., 2012)(Şekil 8) Çalışma kapsamında ele alınan dolmuşlar, jitneylere benzemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak kullanılan jitney/dolmuş, minibüs sistemleri ülkemizde de en fazla kullanılan ara toplu taşıma türüdür ve birçok kentte toplu taşıma hizmeti sunmaktadır (Özer vd., 1978; Babalık Sutcliffe, 2012 ).

Tablo 11. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki ara toplu taşıma sistemlerinin genel özellikleri ve karşılaştırılması

| | Yolcu kapasitesi | Güzergâh | Zaman Tarifesi | Fiyat Tarifesi | Hizmet alanı | İşletme Biçimi | Toplu taşımadaki yüzdesi | Fonksiyon | Kaynak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hindistan (Motorlu-Rickshaw) | 4-6 | Esnek | Esnek | Belirli bir tarife olmayıp şoför ile yolcu arasında belirlenmektedir | Kent içi | Özel | % 44 (bütün Hindistan) | Toplu taşımanın omurgasını oluşturmaktadır | Harding vd., 2016 |
| Tayland (Songtaew) | 12-24 | Sabit | Esnek | Yerel yönetimce tarife belirlenir | Kent içi, ilçeler arası | Özel ve devlet ortaklığı | | | Wongwiriya vd., 2015 |
| Filipin (Jeepney) | 12-32 | Sabit | Esnek | Yerel yönetimce tarife belirlenir | Kent içi, kent çeperi | Özel | % 70 (Metro Manila) | | Bacero ve Vergel, 2009 |
| Endonezya (Angkot) | 12-16 | Sabit | Esnek | Yerel yönetimce tarife belirlenir | Kent içi | Özel | % 62 (Bandung) | | Joewono vd., 2015 |
| Türkiye (Dolmuş) | 4-15 | Sabit | Esnek | Yerel yönetimce tarife belirlenir | Kent içi | Özel | % 50'den fazlası (çoğu kent için geçerlidir) | | Babalık Sutcliffe, 2012 |
| İngiltere (Dial a Ride) | 14-18 | Esnek (Kapıdan-kapıya) | Esnek | Yerel yönetimce tarife belirlenir | Kent içi, kent çeperi | Devlet | % 5 (Londra ) | Yaşlı, engelli gibi özel ihtiyaçlı insanlar icin tamamlayıcı bir fonksiyon üslenmektedir | Özen, 2010 |

Kent içi Ulaşım Terimleri Sözlüğü ’ünde ülkemizde kullanılan ara toplu taşıma araçları tanımlanmıştır. Ara toplu taşım araçları ve tanımları şunlardır (Kırmızı vd., 2012):

Dolmuş (jitney) (1): “Belli bir hat boyunca, kişilerin kendi küçük ya da orta boy araçlarıyla, kent içi yolcu taşımacılığını zaman düzenine bağlı olmadan yaptıkları ulaşım türü.”

Dolmuş (shared taxi, dolmush) (2): “Birden çok yolcuya hizmet vermesiyle taksiden ayrılan (7-8 koltuk kapasiteli); değişmez (sabit) yol boyunda (sabit güzergâhlı) değişmez (sabit) ücretlerle çalışan ulaşım türü.” olarak açıklanmıştır (Kırmızı vd., 2012).

Midibüs: “minibüsle otobüs arası büyüklükte lastik tekerlekli kara ulaşım aracı”

Minibüs: “lastik tekerlekli 8-14 koltuk kapasiteli kara ulaşım aracı, bir ara toplu taşım türü olan minibüs, genellikle az gelişmiş ülkelere özgü, hızlı kentleşme ve gecekondulaşmayla yakından ilgili bir olgu olup, İstanbul’da 1959’dan bugüne yolcu taşımacılığı yapmaktadır”

Midibüs, minibüs ile otobüs arasında bir büyüklükte olup genellikle iş, okul veya özel amaçlı servislerde kullanılmaktadır. Şehir merkezlerinde belirli duraklardan yolcularını alarak belirli hatlar boyunca varış noktasına ilerlemektedir.




Midibüs Minibüs

Taksi dolmuş Dolmuş

Şekil 8. Ülkemizde ara toplu taşımada kullanılmakta olan araçlar

Minibüsler lisanslı olarak özel tasarlanmış araçlar ile hizmet vermektedir. Bu araçların ayırt edilebilmesi için genelde belirli renkleri vardır (açık mavi veya bej renkleri gibi). Bu renkler şehirden şehre değişkenlik gösterebilmektedir. Araçların üzerlerinde ve ön camların sağ tarafında güzergâhını ve hattını tanımlayan tabelalar bulunmaktadır. Araç

modeline göre koltuk sayıları da değişkenlik gösterebilir ve lisanslı olarak belirlenmiş hatlar boyunca toplu taşıma hizmeti verirler.

Dolmuşlar da tıpkı minibüsler gibi genelde belirli renklerde olup (sarı, beyaz) araç üzerlerinde ve ön camların sağ tarafında hattını güzergâhını tanımlayan tabelalar bulunmaktadır.

Taksi dolmuşlar, taksi hizmetinin yanı sıra dolmuş hizmetini de içeren bir yapıya sahiptir. Bu araçlar günün trafik koşullarına bağlı olarak taksi ya da dolmuş olarak kullanılır. Ayrıca tanımlı güzergâh boyunca dolmuş ve minibüs gibi çalışan taksi dolmuşlar da vardır. Ülkemizde ara toplu taşımada kullanılan araçların kapasiteleri, zaman çizelgeleri, rota uzunluları karşılaştırmalı olarak özellikleri Tablo12'de verilmiştir.

Kapasitesine göre dolmuşlar kent içinde taksiden sonra gelir yâda taksi ile birlikte en düşük kapasitede çalışarak toplu taşıma hizmeti verir. Dolmuş ile birlikte minibüste ülkemizde en çok kullanılan ara toplu taşıma türüdür. Ancak dolmuş kavramı daha önce ortaya çıkmıştır. Minibüs ise dolmuş araçlarının kapasitelerinin yetersizliği nedeniyle 1950'li yıllardan sonra ortaya çıkan özel tasarlanmış araçlardır. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi bazı büyük kentlerde kent içi ara toplu taşımada hem dolmuş/taksi dolmuş hem de minibüs sistemleri birlikte bulunmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen Ortahisar gibi bazı kentlerde ise kent içi ara toplu taşımada sadece dolmuş sistemi kullanılmaktadır. Bu tür kentlerde minibüsler genelde ilçelere, kasabalara ve kırsal alanlara toplu taşıma hizmeti vermek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı kentlerde ise sadece minibüs dolmuşlar kent içi ara toplu taşımada hizmet vermektedir.

Dolmuş ve minibüs bazı kentlerde ise aynı anlamda, birbirinin yerine kullanılmakta olup anlam karmaşası yaşanmaktadır. Dolmuş birçok kentte minibüs ile denk veya minibüsten küçük toplu taşıma aracı olarak kabul edilmektedir. Başka bir ifade ile araç türü, boyu ve koltuk kapasitesine bakılmaksızın dolmuşlar minibüs, minibüslerde dolmuş olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca taksi- dolmuş, dolmuş- taksi, minibüs- dolmuş, dolmuş otomobili, özel dolmuş minibüsü, minibüs kavramları gibi ifadeler kullanılmaktadır. Ancak dolmuş ile minibüs arasında bazı farklılıklar vardır. Bunlar: kullanılan plaka, bu plakaya bağlı olarak ödenen vergi, araç boyu, koltuk kapasitesi, taşıma ücreti ve işletme sistemi özellikleridir. Dolmuşlar en az dört koltuk kapasiteli olup otomobilden minibüslere kadar çeşitli boylarda olabilirler. Koltuk kapasiteleri ortalama 10 kişi olsa da kullanılan araca bağlı olarak 18 koltuk kapasitesinde olan dolmuşlar da vardır. Dolmuşlar nispeten paylaşımlı taksi sistemlerine benzetilebilir. Ayakta yolcu taşımasına genelde izin

verilmediği için minibüs ve otobüse kıyasla daha pahalı, taksiye kıyasla daha ucuzdur. Genellikle yolcu taşımaya uygun olabilmeleri için bir araçtan dönüştürülür veya modifiye edilirler (Filipinler de kullanılan jitneyler gibi). Minibüsler ise en fazla 18 kişilik oturma kapasitesine sahiptirler ve amacına uygun olarak özel tasarlanmış ve üretilmiş araçlardır. Ayakta yolcu taşıyabildiğinden dolmuşa kıyasla daha ucuzdur ve sıkışık olduğu durumlarda konfor seviyesi daha düşüktür. (Şanlı, 1981).

Bu iki türün farklılıklarının yanı sıra ara toplu taşıma hizmetinde bulunmaları, özel ve küçük işletmeciler tarafında işletilmeleri, peşin ücret ödeme yöntemine göre çalışmaları, yolcuların el sallayarak sisteme dâhil olması, genelde düzensiz noktalarda yolcu indirme ve bindirmeleri ortak özellikleridir. Dolmuş ve minibüsler bir yâda bir kaç kişiye ait olup ticari amaçla (kâr amacıyla) yolcu taşıyan motorlu taşıt türüdür. Yerel yönetimler tarafından tanınarak, belirli rotalarda çalışmalarına lisanslı olarak izin verilir. Yerel yönetimlerin onayıyla belirlenen ücretler genellikle nakit olarak alınır. Aynı zamanda esnaf ve şoförler odasına kayıtlıdırlar ve ticaret sicilleri de bulunmaktadır. Resmi olarak dolana kadar ya da belli süreliğine bekledikleri terminal/son durakları ile kalkış yaptıkları ana durak noktaları bulunmaktadır (Toker Özkurt, 2012).

Ülkemizdeki dolmuş ve minibüsler, otobüsten daha esnek ve taksiye göre daha uygun fiyat ile toplu taşıma işlevi görürler. Otobüse göre daha yüksek frekansta hizmet sularlar ve daha hızlıdırlar (Mastrogiannidou, vd., 2006). Dolmuşlarda, genellikle ayakta yolcu taşınması yasaktır ve yolcular oturarak seyahat ederler. Frekans sıklığı, yolcuların araçta çok beklememeleri, sıkışık caddelerde daha fazla manevra kabiliyetiyle oturarak seyahat durumu otobüse göre kısmen daha fazla hizmet kalitesi sunar (Enoch, 2005).

#### 1.2.2.5. Ara Toplu Taşımada Dolmuş ve Tanımı

Sözlük ve ansiklopedilerde dolmuş terimi ile ilgili farklı tanımlar yapılmaktadır. Temel Türkçe Sözlük'üne (1982) göre temel anlamıyla dolmuş, "boş yeri kalmamış" olarak tanımlanırken ulaşım terimi anlamında ise, "Belli sayıda rastgele her yolcuyu alarak hareket eden kayık, otomobil gibi küçük taşıtlar" olarak tanımlanmıştır.

Yeni Türk Ansiklopedisi'nde (1985) ise dolmuş, "Teker teker yolcu alan ve dolduktan sonra hareket eden (kayık, araba, taksi gibi) küçük taşıt" olarak tanımlanmaktadır. Bu ansiklopediye göre dolmuş Türkiye'de ortaya çıkarak diğer ülkelere yayılmıştır.

Ana Britannica Ansiklopedisi'ne göre dolmuş (1992) "Kent içi kara ve deniz ulaşımında kullanılan toplu taşıma aracı " olarak tanımlanmıştır.

Türkçe Sözlük'te (2012) dolmuş "her yeri dolu durumda olan boş yeri kalmamış", terim anlamında ise "yolcuları teker teker geldiği için dolmayı bekleyen ve dolunca yola çıkan otomobil, kayık, deniz motoru gibi küçük taşılar" şeklinde açıklanmıştır. Dolmuşçu ise "Dolmuşu işleten kimse, dolmuş sürücüsü", dolmuşçuluk ise "Dolmuş çalıştıranın işi, dolmuş yöntemiyle yolcu taşımak ve birkaç kişi ortaklaşa bir taşıt tutmak" olarak tanımlanmaktadır (Saraçbaşı, 2010). Kılıçoğlu vd.,'ne (1992) göre dolmuşçuluk (çoğu minibüs sistemlerinde olduğu gibi) sisteminde iş nöbetini düzenlemekle görevli olan değnekçi veya diğer adıyla kâhya, çığırtkan ve simsarlar bulunmaktadır. Bu kişilerin görevleri minibüs ve dolmuş gibi ara toplu taşım araçlarının duraklara geliş ve gidiş saatlerini kaydetmek, araçlar için gündelik, haftalık program yapmak ve bekleyen yolcuların sıra düzenini sağlayarak araçlara binmelerini organize etmektir.

İkinci dünya savaşı sonrası otobüs ve otomobil yeteri düzeyde ithal edilememiş, yolculuk talebi taksiler (dolmuş taksi) tarafından karşılanmaya başlanmıştır. Halk, zaman kaybını önlediği için dolmuş taksi sistemini kolayca benimsemiştir. Gayri resmi olarak gelişen süreçte belediyeler bu durumu önlemekte başarısız olmuştur. Kamunun yolculuk talebini karşılamada yetersiz olması, özel girişimlerin toplu taşımayı üstlenmesiyle İstanbul'dan sonra Ankara ve diğer büyük şehirlerde de dolmuşçuluk yaygınlaşmaya başlamıştır (Tekeli ve Okyay, 1981).

Babalık Sutcliffe'e (2012) göre dolmuş: "bir toplu taşıma aracı olarak 5-15 koltuk kapasiteli olup, genellikle önceden belirlenmiş bir güzergâhta, ancak kesin olmayan bir zaman çizelgesi doğrultusunda ve konumu kesin olmayan çeşitli yerlerde duraklayıp yolcu alarak ve indirerek hizmet veren bir türdür." Dolmuşların kapasitesi düşük olduğu için hizmet sıklığı yüksektir. Bu durum kullanıcılar açısından sistemin olumlu bir özelliği olarak kabul edilmektedir. Öte yandan yolculuk talebinin yüksek olduğu koridorlarda düşük kapasiteli bu sistemlerle hizmet verilmesi, altyapının etkin kullanılmamasına ve trafik sıkışıklığına neden olabilmektedir.

Tablo 12. Ülkemizdeki ara toplu taşıma uygulamalarının genel özellikleri (Şanlı,1981; Toker Özkurt, 2012)

| Araç türü | Rota uzunluğu (km) | Rota | Koltuk kapasitesi | Ayakta olabilecek yolcu sayısı | Kapı sayısı | Zaman Çizelgesi | Ödeme | Çalışma modu | Yasal Durum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Midibüs | 5-50 / 20-60 | Önceden düzenlenmiş / sabit rota | 25+1 27+1 29+1 | 20 | 2 | Esnek | Sezonluk bilet, akıllı kart ile, Nakit | Sabit duraklar boyunca İş, okul servisleri, | Rota kiralanır Özel plaka kodu vardır (“J” gibi) |
| Minibüs | 4-50 / 10-80 | Önceden düzenlenmiş / sabit rota | 14+1 18+1 | 10 | 1 | Esnek | Nakit: ücret yerel yönetim tarafından belirlenir Mesafe dikkate alınır | Dolunca kalkış, Sabit kalkış ve sabit varış noktası, Esnek yolcu toplama ve bırakma noktaları İlçe veya kırsal merkezlere hizmet | Rota kiralanır Özel plaka kodu vardır (“M” gibi) |
| Dolmuş (van türü araçlar ile) | 2-20 | Yarı düzenli sabit rota (esneyebilir) | 14+1 18+1 | 10 | 1 | Esnek /dolunca kalkar | Nakit: ücret yerel yönetim tarafından belirlenir Mesafe dikkate alınır | Düzenli kalkış ve varış noktası | Rota kiralanır Özel plaka kodu vardır (“D” gibi) |
| Dolmuş (Minivan türü araçlar ile) | 2-20 | Yarı düzenli rota (esneyebilir) | 8-10 | - | 1 | Esnek / dolunca kalkar | Nakit: ücret yerel yönetim tarafından belirlenir Mesafe dikkate alınır | Düzenli kalkış ve varış noktası | Rota kiralanır Özel plaka kodu vardır (“D” gibi) |
| Taksi dolmuş | | Tren istasyonları, iskeleler ve merkezi metro istasyonlarından, yolcunun varış noktasına göre belirli noktalardan kalkar | 4 | - | 3 | Esnek / dolunca kalkar | Nakit, mesafeye göre belirlenir | Yasal olarak taksi statüsünde ancak dolmuş gibi çalışmaktadır | Özel plaka kodu vardır (T) |

Dolmuş özel ulaşım ile toplu taşıma arasında bir hizmet olarak kabul edilir (Adam Smith İnstitute, 1989; Grava; 2003; Black, 1995). Ulusal literatürde dolmuş ile ilgili yapılmış az sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Tekeli ve Okyay'ın (1981) 1981 yılında yapmış olduğu çalışma bu konuda en önemli kaynak olarak kabul edilmektedir. Tekeli ve Okyay'a (1981) göre dolmuş olgusunun gözlemlenen özellikleri 10 madde aşağıda listelemiştir:

"T.1. Yolcuların tek tek bindiği ve dolunca yola çıkan taşıttır.

T.2. Yola çıkışı daha önceden düzenlenmeyen ve bir tarifeye bağlı olmayan bir toplu taşıma sistemidir.

T.3. Sunduğu (arz ettiği) ulaşım hizmetini yolculuk istem (talep) ine göre kolayca uyumlandıran bir ulaşım aracıdır.

T.4. Sunduğu ulaşım hizmetini, daha önceden aralarında bir örgütleşme olmayan kişilerin, kendiliklerinden bir araya gelerek satın almalarına olanak veren ulaşım işletmesi biçimidir.

T.5. Küçük girişimcinin işlettiği bir taşıt aracıdır. Marjinal kesim tanımına giren türde bir iş olanağı yaratıcısıdır.

T.6. Genellikle başka türde bir taşıma işlevi görmek amacıyla yapılmış olup, dolmuş türü hizmet koşulları için kendisine özgü yolcularla değişikliklere uğratılan bir araçtır.

T.7. Belirli bir istiap haddinin üstünde yolcu taşıyan sıkışık ulaşım aracıdır.

T.8. Küçük araçlardan oluşan bir taşıma sistemidir.

T.9. Kamu toplu taşıma sistemlerine koşut olarak çalışan ve ona seçenek niteliğinde bir başka toplu taşıma sistemidir.

T.10. Belirli bir taşıma aracı tipine (otomobil, kayık, deniz motoru, motosiklet, uçak) özgü olmayan bir işletme biçimidir."

Yukarıda tanımlanan maddeler her ne kadar o günkü koşullara göre (1980 ve öncesi) ortaya konmuş özellikler olsa da birçoğu bugün hala geçerliliğini korumaktadır. Tezin ilerleyen bölümlerinde yukarıdaki tanımlar alan çalışmasından elde edilen bulgulara göre güncellikleri tartışılacaktır.

#### 1.2.2.6. Ara Toplu Taşımada Dolmuşun Tarihçesi

Dolmuş sözcüğü ilk olarak 16. yüzyılın ikinci yarısında İstanbul Boğazı ile Haliç'in iki yakası arasında çalışan ve belirli sayıda yolcu aldıktan sonra hareket eden kayıklar için

kullanılmıştır. Şemsettin Sami'nin "Kamus-u Türki" adlı eserinde dolmuş usulü ile işletilen bu kayıklardan bahsedilmektedir (Kurtgözü, 2018).

Günümüzde kullanılan motorlu taşıt türü olarak dolmuşların ilk uygulaması 1931'de İstanbul'da ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Tekeli ve Okyay'a (1981) göre dolmuşun ortaya çıkış süreci şöyledir: Toplu taşımada kullanılan tramvay ve otobüslerin sayı olarak yetersizliği, aşırı kalabalığı ve seyrek servis tarifeleri kentlileri taksi kullanımına yöneltmiştir. Ancak 1929 yılında etkili olan ekonomik buhran, sayıları 700'ü bulan İstanbul'daki taksi şoförlerini ve kullanıcılarını olumsuz etkilemiştir. Taşıma maliyetlerini karşılayamaz duruma gelen taksi kullanıcıları tek tek taksiye binmek yerine birkaç kişi toplu olarak taksiyi kullanma çözümüne yönelmiştir. Hatta bu çözümü bulan kişinin, o dönemlerde Cağaloğlu'nda bir lokantada aşçılık yapan ve aşçılıktan taksi şoförlüğüne geçen "Halit" isimli kişi olduğu ifade edilmektedir. Şöyle ki; "Aşçı Halit'in sürekli olarak taşıdığı bir müşterisi vardır ve 80 kuruş ücret karşılığında o kişiyi taşımaktadır. Zamanla müşterisinin bu ücreti karşılayamaz olmasıyla yolculuk ücretlerinin paylaşılması fikri ortaya atılır. Yolculuk ücretlerinin paylaşılmasında taksi birden fazla kişi tarafından kiralanacaktır. Taksimetre yerine aynı güzergâhı kullanan kişiler belirli bir ücret ödeyecektir. Bu ücret taksiyi tek başına kiralayan kişi için olması gerekenden az; taksicinin alacağı ücret ise olması gerekenden daha fazla olacaktır. Yeni sistemle birlikte tek kişi taşımak yerine araç dolu olarak yolcu taşınmaya başlanacaktır. Böylece toplu olarak taksiyi kullanma çözümüyle günümüzdeki dolmuş mantığında bir taşımacılık sistemi ortaya çıkmıştır" (Tekeli ve Okyay, 1981). Çözümden de anlaşılacağı üzere, ortaya çıktığı ilk yıllarda dolmuşlar bireysel küçük işletmeler tarafından, gayri resmi olarak çalıştırılmaktadır.

Kırmızı'ya (vd., 2012) göre dolmuşlar, İstanbul'da 1930'lu yıllarda ortaya çıkmış ve ülke geneline yayılmıştır. İstanbul'dan sonra Ankara ve diğer büyük kentlerde de ortaya çıkan taksi dolmuşlar, toplu taşıma sistemlerinin yeterli hizmet düzeyinde olmadıkları için ortaya çıkmış ve günümüze değin varlıklarını sürdürmüşlerdir (Şanlı, 1981).

Dolmuşlarda ilk kullanılan sistemler taksi dolmuş şeklinde olmuştur (Şekil 9). Taksi dolmuş Karayolları Trafik Yönetmeliği'nde (1977) şöyle tanımlanmaktadır: "Yapısı itibariyle sürücüsü dâhil en fazla dokuz oturma yeri olan ve insan taşımak için imal edilmiş bulunan, adam başına tarifeli ücretle yolcu taşıyan M1 sınıfı ticari motorlu araç". O yıllarda taksi dolmuş için özellikle Amerikan otomobiller tercih edilmiştir. Dolmuşçular gelirlerini arttırmak için iç düzenlemeler ile koltuk sayısını yediye çıkarmışlardır. İkinci

Dünya Savaşı'nın etkileriyle azalan otomobil ithalatı, özel araç ve toplu taşımada arz etkisi yaratmıştır. Bu arzı karşımada dolmuş önemli bir açığı kapatarak benimsenmiş ve ülke geneline yayılmıştır. Gayri resmi gelişen dolmuş sektörünün önemli bir boşluğu doldurduğu görülünce yerel yöntemlerce tanınarak resmi hale getirilmiştir (Kurtgözü, 2018).




Şekil 9. Ülkemizdeki ilk taksi dolmuş örnekleri (İstanbul, İzmir)

Benzer bir ortaya çıkış süreci Ankara içinde yaşanmıştır. Ankara'da 1930'lu yılların başlarında demiryolu hizmeti verilmeyen bazı bölgelerde talebi karşılamak için "kaptı-kaçtı" otobüsleri devreye girmiştir. O dönemde 12 hat üzerinde taşımacılık yapan bu otobüsler daha sonra dolmuş adını almıştır. Otobüslerin kent merkezinde devreye girmesiyle dolmuşlar, otobüslerinin giremediği semt hatlarına kaydırılmıştır (Yıldız Öncü, 2017).

Bugünkü kullanıma benzer dolmuş sisteminin ortaya çıkışı ve yerleşmesi 1930 ve 1940'lı yıllara kadar uzanmaktadır. Ancak dolmuş, ilk kez resmi olarak İstanbul Belediye Meclisinin 1939 tarihli kararıyla tanınmıştır. Kararda şöyle denmektedir (Keskin, 1982).:

"Eminönü ile Şişli arasında adam başına 12,5 kuruş almak suretiyle taksi otomobillerin yolcu taşımlarına belediyece müsaade edilmesi halk arasında büyük bir memnuniyet ile karşılanmıştır. Bu kış günlerinde tramvay ve otobüslerde yer bulamayan halkın maruz kaldığı müşkülat kısmen olsun bu suretle bertaraf edilmiştir. Zaten kaçak olarak birçok taksi bu ücretle yolcu taşıyordu, şimdi buna resmi bir şekilde de izin verilmiştir"

Yine İstanbul'da 1959 yılında ilk defa kamyonet minibüs olarak on kişi taşıyabilen dolmuşlar yasal olarak çalışmaya başlamıştır. Ankara'da da dolmuşların yasal hale gelmeleri 1961 yılını bulmuştur (Keskin, 1982). Bu kapsamda dolmuşun, ülkemizde ulaşım sistemlerinin yetersizlikleri sonucunda toplu taşımanın ikamesi olarak ortaya çıktığı söylenebilir. Dolmuşlar, hem ulaşım hizmeti hem de iş olanakları sağlayarak önemli bir sektör haline gelmiştir (Tekeli, 1987).

Tekeli ve Okyay'a (1981) göre dolmuşun varlığı ve ortaya çıkma süreci ülke ve yerleşme düzeyinde ele alınmalıdır. Ülke düzeyinde dolmuşun varlığı ve ortaya çıkışı gelişmişlik seviyesiyle ilişkilidir. Geri kalmış yâda gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve teknolojik bağımlılık içindeki kalkınma çabaları, hızlı kentleşmenin de etkisiyle geniş gecekondu alanlarını ortaya çıkarmıştır. Kentleri etkisi altına alan kentleşme ve göç ile birlikte bu alanlarda yaşayan ve marjinal kesim diye adlandırılan yarı işsiz kitleler oluşmaya başlamıştır. Hızla büyüyen kentlerde diğer yandan yolculuk talepleri de artmaya başlamıştır. Ancak örgütlü kamu ulaşım sistemleri talebi karşılamada yetersiz kalmış ve sürece uyum sağlamada geri kalmıştır. Toplu taşımada ortaya çıkan hizmet boşluğu ulaşımda yeni bir sunum biçimini ortaya çıkartmıştır. Bu boşluk, özel otomobil ya da dolmuşlar tarafından dengelenmeye çalışılmıştır. Süreç içerisinde dolmuşlar toplu taşımadaki açığı kapatmaya çalışmış ve başarılı örgütlü siyasal bir güç haline gelmiştir. Dolmuşun, kapitalist ekonomik sistemin çevresini oluşturan geri kalmış ülkelerde çok yaygın olarak görülmesinin en önemli nedeni yukarıda açıklanan sürece kolayca uyum sağlaması olmuştur. Genelde mevcut otobüs sistemleri ile bir rekabet söz konusudur. Dolmuşun birim taşıma giderleri açısından otobüsle yarışabilmesi ve onun önüne geçebilmesi kendi içindeki emek sömürgesiyle sağlanmaktadır. Dolmuşçular, düşük ücretle, tatilsiz, güvencesiz ve uzun saatler boyunca çalışmaktadır (Tekeli ve Okyay, 1981).

Kurtgözü'nün de (2018) açıkladığı gibi: "Dolmuş kamu ulaşım politikalarından, kentleşme biçimlerine, marjinal sektör insanlarından hemşerilik ağlarına, yolcu sosyolojisinden, lümpen diline, az gelişmişlik ve kitsch'ten yerel yaratıcılık ve inovasyon süreçlerine, trafik probleminden taciz riski ve bireysel güvenliğe, hız ve esneklikten kural tanımazlığa, tıklım tıklım bir yolculuk deneyiminden dolmuştan inme anının dayanılmaz hafifliğine kadar problem ile çözümün iç içe geçmişliğine dair bilumum meseleler ortaya çıkmaktadır" çok boyutu bulunan dolmuşu sadece bir ulaşım modu olarak düşünmek eksik kalacaktır. Kullanıcı, işletmeci ve kentsel toplu taşıma eksenlerinde bir bütün olarak ele alınması daha sağlıklı olacaktır (Kurtgözü, 2018).

Toplu taşıma hizmetlerinin yeteri düzeyde sağlanamaması dolmuş ve benzeri ara toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkmasında en önemli etken olarak görülmektedir. Ancak Tekeli ve Okyay'a (1981) göre sadece toplu taşıma hizmetlerinin yetersizliği, dolmuşların ortaya çıkmasını tek başına açıklamada yeterli değildir. Örneğin 1914'lü yıllarda, Amerika'da tramvay temelli toplu taşıma sistemleri son derece gelişmişti. Buna rağmen

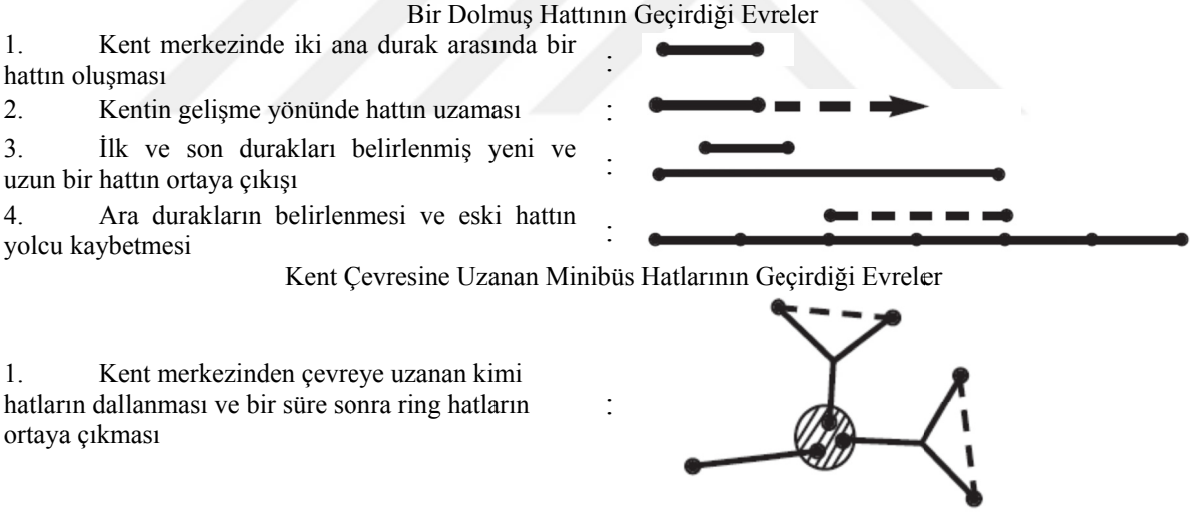
“jitneyler” ülke genelinde önemli ölçüde artmıştı. Ülkedeki gelişmiş kamu toplu taşıma sistemlerine rağmen jitneylerin sayısal olarak artması, dolmuş ve benzeri bu sistemlerin toplu taşıma hizmetlerinin yeteri düzeyde sağlanamadığı koşullarda ortaya çıktığı ifadesi ile çelişmektedir. Tekeli ve Okyay (1981) bu çelişkiyi marjinal kesim üzerinden açıklamaktadır. Tekeli ve Okyay’a (1981) göre sınırlı maddi olanakları ile kendine iş yaratmak isteyen marjinal kesim, dolmuş işleterek bunu yapmak istemiştir. Başka bir ifade ile dolmuş ve benzeri ara toplu taşıma sistemlerini iş olanağı oluşturmak amacıyla ortaya çıkarıp geliştiren marjinal kesim olmuştur. Bahsedilen marjinal kesim son derece etkili bir örgütlenme içinde olduğu kabul edilmektedir. Hatta Amerika’daki jitneylerin yeteri düzeyde örgütlenemedikleri ve örgütlenmede geç kaldıkları için kolayca ortadan kaldırıldıkları varsayılmaktadır.

Dolmuşun varlığı ve ortaya çıkma sürecinde yerleşme düzeyi de etkilidir. Başka bir ifade ile kentin büyüklüğü (nüfusu ve yayılım alanı) ve makroformu dolmuşun varlığını da etkiler. Tekeli ve Okyay’a (1981) göre dolmuş kent nüfusuna bağlı olmaksızın her şehirde bulunabilir. Ancak belirli nüfus eşikleri ve kent morfolojisi sadece dolmuş sisteminin hizmet ağını ve uzmanlaşmasını açıklar. Örneğin 50.000’den daha küçük nüfuslu kentlerde de dolmuş vardır ancak uzmanlaşmış bir düzeyde değildir. Sadece belirli kullanımlara hizmet eden dolmuş hatları vardır (hastane, plaj gibi). Bu tür küçük kentlerde dolmuşlar, kent içinde ve dışında hizmet sunmasına rağmen yeteri düzeyde uzmanlaşamamış ve ihtisaslaşamamıştır. Bunun nedeni talebin yeteri düzeyde olmaması ve kent içi toplu taşımacılığın belediyenin tekelinde olmasıdır. Hatta yerel yönetimler bu durumu kullanarak minibüs ve dolmuşların o şehirde çalışmasına izin vermeyebilir ya da çalışmalarına belirli koşullarda sınırlandırmalar getirebilir (Tekeli ve Okyay, 1981).

Nüfusu 50.000’den daha fazla olan kentlerde ise dolmuş sistemlerinde uzmanlaşma giderek artmaya başlar. Kent makroformuna bağlı olarak arazi kullanımlar arasındaki mesafe lineer kentlerde kompakt kentlere kıyasla daha fazladır. Dolayısıyla lineer kentlerde dolmuş, daha erken bir süreçte sürede ortaya çıkmaya başlar. 50.000 ile 150.000 nüfus büyüklüğündeki kentlerde daha uzmanlaşmış bir dolmuş sistemleri vardır ancak hala tam olarak kent bütününe yayılmamıştır. Gerçek anlamda uzmanlaşmış ve örgütlenmiş dolmuş sistemi 150.000 ile 200.000 ve üzeri nüfuslu kentlerde ortaya çıkmaya başlar.

Kent içi Ulaşım Terimleri Sözlüğü’ünde “hat:1) Kentte, kent içi ulaşım amaçlı olarak saptanmış ve araçların sürekli ve düzenli olarak sefer yaptıkları iki nokta arasındaki yol boyu (güzergâh); 2) Bir doğrultuda, bir terminalden (başlama noktası) diğer terminale

(bitiş noktası) düzenli olarak gidip gelen değişme" olarak tanımlanmaktadır. Dolmuşların ortaya çıkmasından günümüze kadar geçen süreçte dolmuş hatlarında bir değişim/gelişim olmuştur. Tekeli ve Okyay'a (1981) göre hatların evrimi kentin morfolojisiyle doğrudan ilişkilidir. Günümüzdeki bazı dolmuş hatları halen ilk ortaya çıktığı zaman ile aynıdır. Bazıları ise kentin büyümesi ile ya sonradan ortaya çıkmış yâda mevcut hatlara ilave olarak doğmuştur. İstanbul'da ortaya çıkan ilk dolmuş güzergâhı Taksim-Karaköy hattıdır. Dolmuşun ortaya çıktığı ilk yıllarda kent merkezinden çeperlere/gecekondu mahallerine doğru uzanan hatlar zamanla ağını genişleterek kent geneline yayılmıştır. Ortalama 9-10 km uzunluğunda olan ilk hatlar kentlerin büyümesiyle 30 km'ye kadar uzamıştır. Dolmuş hatlarının geçirdiği evreler şematik olarak Şekil 10'da gösterilmiştir. Kentlerin büyüme modelleri dolmuş hatlarının gelişimini şekillendirmiştir. Örneğin lineer yâda kıyı boyunca gelişen kentlerde mevcut hatlara eklenerek lineer bir gelişme göstermiştir. Radyal yâda yağ lekesine benzer büyüme gösteren kentlerde ise hatlar dallanarak ve çatallanarak yeni gelişen bölgelere doğru uzamıştır.




Şekil 10. Dolmuş ve minibüs hatlarının geçirdiği evreler (Tekeli ve Okyay, 1981, s.46).

Dolmuşlar kar amacı güden, küçük bireysel işletmeciler tarafından işletilir. Dolayısıyla yeni gelişen bölgelerde ortaya çıkacak yolcu potansiyelinin dolmuşçular için tatmin edici bir düzeyde olması gerekmektedir. Örneğin doğal yolcu talebi yüksek bir hastane, bir kamu binası, alışveriş merkezi yâda konut bölgesi dolmuşçular için her zaman cezbedici olmuştur. Bu tür arazi kullanımlarının yoğun olduğu yeni bölgelerde dolmuşlar

hızla uyum sağlarlar. Ancak yeteri düzeyde yolcu potansiyelinin olmadığı koridorlarda ise bir gelişim göstermezler.

Tekeli ve Okyay'a (1981) göre bir hattın oluşması için aşağıdaki adımların izlenmesi gerekmektedir:

1) Başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi,

2) Güzergâhın belirlenmesi ve ana durak noktalarının saptanması.

3) Hatta kayıtlı olacak dolmuş sayısının ve oluşacak düzenin belirlenmesi, bu düzeni takip edecek "kâhya", "değnekçi", "simsar" gibi kişilerin görevlendirilmesi,

4) Taşıma ücretlerin belirlenmesi,

5) Hattaki taşıtlar için standartların belirlenmesi,

Yukarıda belirtilen adımların izlenmesi, dolmuşların düzensiz bir yapıda olmadıklarını göstermektedir. Yerel yönetimlerin ilgili birimleri ile şoförler dernekleri yeni hatların oluşmasında ve hatlardaki çalışma düzeninin belirlenmesinde aktör olarak görev almıştır. Böylece dolmuşların ihtiyaçlarının karşılanması noktasında ilgili aktörler ile sürekli bir etkileşim gerçekleşmiştir. Dolmuşların başarılı bir şekilde varlıklarını sürdürmeleri bu örgütlenmeleriyle doğrudan ilişkili olmuştur (Tekeli ve Okyay,1981).

Dolmuşlar arasındaki örgütlenmeye ilişkin diğer bir örnekte dolmuşta hizmet niteliğinin düzenlenmesidir. Düzenleme kapsamında "(a) dolmuş geçiş yollarının, (b) son durak ve dönüş yerlerinin, (c) dolmuş kalkış aralıklarının belirlenmesi, (d) ana ve ara durak yerlerinin gösterilmesi, (e) dolmuş içinde sigara içilmemesi ya da müzik çalınmaması türünden yasaklar ve (f) 15 dakikada bir kalkma ve son durağa kadar gitme zorunluluğu" gibi bir takım kurallar getirilmiştir (Tekeli ve Okyay, 1981). Bu kuralların belirlenmesi aynı zamanda birer mücadele alanı olarak görülmektedir. Ayrıca Finn'e (2012) göre ara toplu taşıma sistemlerinin örgütsel kapasiteleri, kendi kendini finanse edebilme özellikleri, kullanıcı ihtiyaçlarını cevaplamada hızla adapte olabilme yetenekleri Kazakistan, Gürcistan, Filipinler, Brezilya, Ürdün, Türkiye ve Gana gibi gelişmekte olan ülkelerde Avrupa ve Kuzey Amerika şehirlerine oranla daha etkindir.

Yukarıda açıklanan dolmuşun ve dolmuş hatlarının gelişim süreci Özbilen'e (2016) göre dört döneme ayrılabilir:

1) Erken dönemde dolmuş (gelişim dönemi: 1923-1950),

2) Yükselen dönemde dolmuş (1950-1980)

3) Son dönemde dolmuş (1980-2000)

4) Bugün itibariyle dolmuş (2000-)

Erken dönem (Gelişim dönemi) 1923 ile 1950'li yılları arasındaki zamanı kapsamaktadır. 1930 yılında çıkarılan 1580 Sayılı Belediyeler Yasası'na göre toplu taşımada kullanılan otobüs, omnibüs, otokar, tünel troley, füniküler gibi araçların işletme hakkı belediyelere verilmiştir. Ancak belediyeler bu hizmetleri karşılamada yetersiz kalmıştır. Yetersiz hizmet boşluğu dolmuşlar tarafından doldurulmuştur. Dolmuşlar bu yıllarda başta İstanbul ve Ankara olmak üzere büyük kentlerde eski model ve düşük kapasitede ulaşım araçları ile (taksi dolmuşlar; 5-8 kişilik araçlar) eski ve yeni merkezler arasında hizmet vermeye çalışmıştır. 1947'de Ankara'da artan ulaşım talebi otobüsler tarafından karşılanamayınca belediyenin de onayıyla Ankara Umum Otomobilciler ve Şoförler Derneği tarafından sekiz kişilik araçlarla düzenli taksi-dolmuş hizmeti verilmeye başlanmıştır (Yıldız Öncü, 2017). Kamu yatırımlı toplu taşıma sistemlerin yetersizliği yolcu taşımada dolmuşları ön plana çıkartmıştır. Örneğin 1950 yılında İstanbul'da günde ortama özel ve resmi otomobiller ile 21.600, taksiler ile 56.500 ve taksi dolmuşlar ile 81.000 yolcu taşındığı tahmin edilmektedir (Tekeli, 2009).

Yükselen döneme gelindiğinde (1950-1980) ABD'nin gelişmekte olan ülkelerini etkileyen küresel çapta ekonomi politikaları ön plana çıkmaktadır. Bu politikalar aynı zamanda dolmuş sistemi için belirleyici olmuştur. Bu yıllarda dolmuşçulukta kullanılan araçların çeşitliliği fazladır ve dolmuşçuya farklı seçenekler sunulmaktadır. Bu durum taksi dolmuşların o yıllarda halen kullanıyor olmasına bağlıdır (Şanlı, 1981).Ayrıca bu dönemde ülkemizde montaj üzerine otomotiv sanayisi gelişmeye başlamış, sektördeki gelişme dolmuş yapısını olumlu etkilemiştir.

Tekeli ve Okyay'a (1981) göre, bu dönemki dolmuşlar için iki varsayım vardır: bunlardan ilki dolmuşçunun kıt kaynaklı bir marjinal kesimin üyesi olması, ikincisi ise maliyet bakımından kamu ulaşım sistemi ile yarışmasıdır. Dolmuş sistemi kamunun hizmet açığını kapatırken kamu sistemleriyle de rekabet içindedir. Dolmuşlar, yüksek hizmet sıklığıyla özellikle zirve dışı saatlerde otobüs sistemlerinin etkinliğini azalttığı gibi zarar görmesine de neden olduğu varsayılmaktadır. Kentleşme olgusunun ve kentlere göçün yüksek olduğu, kent nüfuslarının hızla arttığı bu dönemde toplu taşımaya olan talepte artmıştır. Ancak artan nüfus ve talep karşısında düşük kapasiteli araçlarla (taksi dolmuş) yapılan toplu taşıma hizmeti yetersiz kalmıştır. Daha fazla yolcu taşıyabilen daha yüksek koltuk kapasiteli yeni araçlara ihtiyaç duyulmaya başlamıştır. Bu talebe karşılık olarak 1950'li yıllarda toplu taşıma sistemlerine yeni bir tür eklenmiştir: "minibüs". Minibüs, taksi dolmuş ile otobüs arasında bir yolcu taşıma kapasitesindedir. Minibüslerin ortaya

çıkmasıyla sayıları hızla artmaya başlamıştır. Öyle ki 1961'de Ankara'da minibüs sayıları hızla artınca merkezi alanlardan kaldırılmalarına karar verilmiştir. Bu araçların yerine station-wagon türünde tekrar taksi-dolmuşlar getirilmiştir. Ancak bu araçlarında sayıları hızla artınca 1969 yılında dondurulmuş ve 1982 yılında tamamen hizmetten kaldırılmıştır (Yıldız Öncü, 2017).

Yükselme döneminde minibüs/minibüs dolmuşlar pek çok kentte yaygınlaşmaya başlamıştır. Minibüs/minibüs dolmuşların ortaya çıkmasıyla geleneksel taksi dolmuşların yerini almaya başlamıştır. Zaman içerisinde dolmuş ve minibüsler farklı hatlara bölünerek birbirlerinden ayrılmış ve rekabete başlamıştır. 1980'lere kadar devam eden süreçte dolmuşlar (taksi dolmuş) daha çok kent meydanlarında sınırlı kalmıştır. Gecekondu bölgelerinden kent merkezlerine ise minibüs/ minibüs dolmuşlar kullanılmaya başlanmıştır. Minibüs ve dolmuş sayılarının hızla artması kentlerde tıkanıklık gibi ulaşım sorunlarını bu dönem ile birlikte gündeme gelmeye başlamıştır (Tekeli vd., 1976; Tekeli ve Okyay 1981). Bu kapsamda 1960-1965 yılları arasında Ankara'da sayıları aşırı artan taksi, taksi-dolmuş ve minibüs trafik sıkışıklıklarına yol açtıkları gerekçesiyle 1966'da İl Trafik Komisyonu kararı ile sayıları dondurulmuştur (Yıldız Öncü, 2017). Toplu taşımada önemli roller üstlenen dolmuşların varlığı artık bir sorun olarak görülmeye başlamıştır. Ancak her ne kadar sorun olarak görülseler de dolmuşlar; göç, kentleşme, toplumun yaşam alışkanlıkları ve günün yaşam koşulları gereği uzun yılar düşük gelirlilerle birlikte üst gelir grupları içinde önemli bir ulaşım aracı olmuştur (Tekeli vd., 1976).

Diğer pek çok ülkede olduğu ülkemizde de dolmuş sadece bir ulaşım biçimi değil aynı zamanda Türk şehirleri ve Türk toplumu için de karakteristik bir kültürü de temsil etmektedir (Özbilen, 2016). Dolmuş, ilk olarak orta gelir düzeyindeki kişilerin ulaşım taleplerini karşılamak için ortaya çıkmıştır. Ancak zamanla kullanılmaya başlanan minibüs dolmuşlarla düşük gelir düzeyindeki kişilerin de ulaşım gereksinimleri de karşılamıştır (Tekeli vd., 1976).

Son dönem olarak tanımlanan yıllarda dolmuş, ulaşım ihtiyaçlarını karşılamanın yanı sıra vatandaşın toplumda var olmasını ve sosyal ihtiyaçlara erişmesini sağlayan önemli bir araç konumundadır (Tekeli ve Okyay 1981). Ancak 1990'lar, yerel yönetimlerin özellikle metropol şehirlerde raylı sistem ve metro yatırımlarına ağırlık vermeye başladığı yıllardır. Bu değişim dolmuş için önemli bir kırılma noktası olmuştur. Dolmuş için artık rekabet edeceği/edemeyeceği yeni bir toplu taşıma türü daha ortaya çıkmaya başlamıştır.

Son dönem olarak tanımlanan yıllarda dolmuş sistemi daha örgütlü hale gelmiştir. Bu yıllarda ülkemizde montajın dışında üretim yapabilen otomotiv sanayisi de gelişmiştir. Böylece dolmuş işletmecileri için taleplerine cevap verebilecek özel tasarımlı araçların üretilme süreci başlamıştır (Kurtgözü, 2018).

Günümüzde ise toplu taşımanın yetersizliği sonucu ortaya çıkan dolmuşlar, artan özel araç sahipliliğiyle birlikte trafikte sorun odağı haline gelmiştir. Bu kapsamda İstanbul gibi bazı büyük kentlerde dolmuş ve minibüs saylarının arttırılması dondurulmuştur. Ancak artan nüfus karşısında dolmuşlar ve minibüsler, talebe cevap verebilmek için, sefer sayılarını arttırma ve aşırı kalabalık bir ortamda hizmet sunma yoluna gitmiştir. Yine dolmuşlar, gelirlerini en üst düzeye çıkarmak için hemen hemen her yerde yolcu alma eğilimine yönelmiş, sürücülerin ani bir şekilde yön değiştirmesi ve aniden durması risklere yol açmıştır (Enoch, 2005). Olumsuz özellikleriyle gündeme gelmeye başlayan dolmuşlar, İstanbul metropoliten alanlardaki bazı bölgelerden kaldırılması bile düşünülmüştür. Buna rağmen günümüzde en baskın toplu ulaşım modu olmayı sürdürmüştür. Bu kapsamda dolmuş ve işletmecileri, yerel yönetimlerin karar verme sürecinde oldukça etkili konumda oldukları kabul edilmektedir. (Özbilen, 2016). Günümüzde toplu taşımada yolcuların konfor ve güvenliği ön plana çıkartılmıştır. Ayrıca yolcu beklentileri de dikkate alınarak, toplu taşımada bazı standartlar belirlenmiştir. Yasal hale de getirilen bu standartlar dolmuş araçlarında uygulanmaya başlanmıştır. Örneğin özel ihtiyaçlı ve engellilere uygun araçların kullanımı tıpkı otobüslerde olduğu gibi dolmuşlarda da zorunlu hale gelerek uygulanmaya başlamıştır (Kurtgözü, 2018). Günümüzde halen pek çok kentte dolmuş toplu taşımada toplam yolcuların büyük bir kısmını taşımaktadır. Tablo 13'te İstanbul ve Ankara'da toplu taşıma türlerine göre yolcu sayısı oranları verilmiştir. İstanbul ve Ankara'da farklı türleri olmasına rağmen taşımada yolculukların büyük bir bölümü dolmuşlar tarafından karşılanmaktadır. Düşük kapasitelerine rağmen yolculukların büyük bir bölümünü taşıyabilmeleri, yüksek sefer sıklığı ile geniş yelpazede kent geneline yayılmalarıyla ilişkilidir.

Tablo 13. İstanbul ve Ankara'da yolcu sayısı oranlarının toplu taşıma türlerine göre dağılımı (2019)

| | İstanbul [1] ( %) | Ankara [2] ( %) |
|---|---|---|
| Metro/ Hafif Metro | 10,9 | 9 |
| Tramvay | 4,5 | 3 |
| Teleferik / Nostaljik Tramvay / Tünel / Füniküler | 0,4 | |
| TCDD (Marmaray/banliyö treni) | 2,8 | 1 |
| **Raylı Sistem toplamı** | **18,6** | 13 |
| İETT Otobüs/ Metrobüs/ EGO Otobüsleri | 13,4 | 19 |
| Özel Halk Otobüsü/ Otobüs A.Ş. | 16,3 | 11 |
| Minibüs-Dolmuş | 19,2 | 31 |
| Taksi / Taksi Dolmuş | 9,3 | 6 |
| Servis | 18,9 | 26 |
| **Karayolu toplamı** | **77,1** | 87 |
| İDO | 1,1 | |
| Şehir Hatları | 1,5 | |
| Özel Tekne / Motor | 1,7 | |
| **Denizyolu toplamı** | **4,3** | |
| **Toplam** | **100** | **100** |

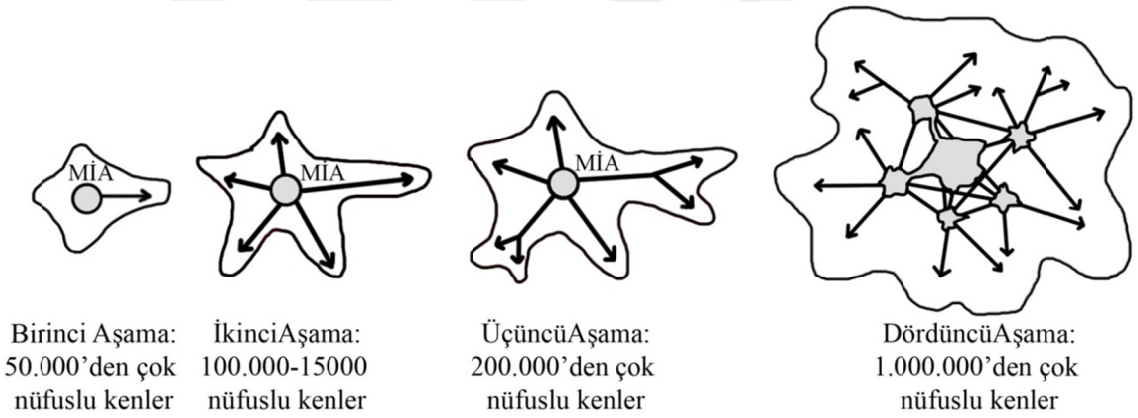
Arazi Kullanım ve Dolmuş İlişkisi

Kentlerin arazi kullanım türleri ile ulaşım sistemleri birbirlerini etkileyen iki önemli unsurdur. Bilindiği üzere her arazi kullanım türü belirli bir yolculuk talebi yaratır. Örneğin bir hastane bir kamu kurumu yâda diğer tüm iş alanlarında mesai başlangıç ve bitiş saatlerinde çalışanlar için bir yolculuk talebi oluşur. Bu saatler dışında da bu alanları kullanmak isteyen diğer kullanıcılar için bu talep tekrar meydana gelir. Yine konut alanları ile işe gidiş ve gelişler arasında bir talep oluşabileceği gibi okul, alışveriş ve eğlence gibi ihtiyaçlar içinde günün farklı saatlerinde talepler oluşabilir. Tüm bu talepler özel ulaşım ile birlikte kentlerdeki toplu taşıma sistemleri tarafından karşılanmaya çalışılır. Bu noktada dolmuş talebin karşılanmasında devreye giren önemli bir toplu taşıma araçlarından biri olmaktadır.

Kentin morfolojisi, makro formu ve nüfus büyüklüğü dışında arazi kullanımı ile nüfus yoğunluğu da dolmuşun oluşumunu etkilemektedir. Tekeli ve Okyay (1981) arazi kullanımdan önce kentin nüfus büyüklüğü ve biçimi üzerinden dolmuş ile ilişkisini açıklamaktadır (Şekil 11).

Nüfus büyüklüğüne göre dört aşamadan bahsedilmektedir. Birinci aşamada 50.000 - 100.000 nüfuslu kentlerde dolmuşlar merkezden gelişme eğiliminin yüksek olduğu

koridorlara doğru ve az sayıda hatlar ile hizmet sunmaya başlar. Bu tür kentlerde genellikle otobüs sistemleri vardır ve daha gelişmiştir. İkinci aşamada 100.000-150.000 nüfuslu kentlerde dolmuşlar kentin büyüme yönlerine göre hatlar oluşturur. Dolmuşlar kent merkezinden kalkar ve gelişme yönlerine doğru koridor boyunca ilerler. Genelde mevcut otobüs sistemleri ile bir rekabet söz konusudur. Üçüncü aşamada 200.000 den fazla nüfuslu kentlerde dolmuşlar kent merkezinden değil genelde merkeze yakın paralel caddelerden kalkarlar. Otobüs ile rekabet daha üst düzeydedir. Bu kentlerde hatlar merkezden uzaklaştıkça dallanmaya başlar. Bu dallanmada alt merkezlerdeki arazi kullanım türleri etkili olmaktadır. Dördüncü aşamada nüfus büyüklüğü 1.000.000'dan fazla olan kentlerde birden fazla alt merkez vardır ve bu alt merkezler dolmuş/minibüsler için ana kalkış noktalarıdır. Alt merkezler arasındaki etkileşim oldukça yüksektir ve birbirlerine bağlanmalarında dolmuşlar önemli rol oynarlar (Tekeli ve Okyay, 1981).




Şekil 11. Kent nüfusu ve biçimine göre dolmuş hatlarının gelişimi

Kentin nüfus büyüklüğünün yanında biçimi de dolmuş sistemi üzerinde etkilidir. Tekeli ve Okyay (1981) bu etkiyi üç kent biçimi üzerinden açıklamaya çalışır: (1) doğrusal kent, (2) bir merkezi kent çevresindeki uydu kentler bütünü, (3) Yıldız biçiminde kent.

Doğrusal kent makroformuna uygun olarak ana aks etrafında gelişmiş kentlerde kamu toplu taşıma araçlarının etkinliği fazladır. Dolayısıyla dolmuş bu kentlerde istediği gibi gelişemez. Ancak kuramsal çerçeveden soyutlanarak bir kıyı boyunca geometrik formda doğrusal gelişen kentlerde ise dolmuş sistemi daha etkili olarak gelişir.

Merkez ve etrafında uydular şeklinde gelişen kentlerde dolmuş sistemi merkezden uydulara doğru rink yaparak çalışır. Yıldız şeklinde büyüyen kentlerde ise dolmuş sistemi

en ideal şekilde çalışır. Yıldız biçimindeki kentlerde dolmuş ekonomik olarak kolayca uyum sağlayarak gelişimini sürdürür (Tekeli ve Okyay, 1981; Şanlı, 1981).

Kent biçiminin dolmuş üzerinde etkileri olduğu gibi, tersi durumda, dolmuşun kent biçimi üzerinde etkileri de vardır. Toplu taşımada dolmuşun hâkim olduğu kentlerde tek merkezli gelişme eğilimi daha yüksektir. Nüfusun yüksek olduğu büyükşehirlerde ise ikincil alt merkezlerin güçlenmesine yardımcı olur. Dolmuşlar, yapıları gereği özel araca yakın hizmet sunarlar. Ayrıca dolmuşların merkez dışındaki yeni gelişme alanlarına adapte olmaları genelde otobüslere kıyasla daha hızlı ve daha kolaydır. Bu özelliğiyle, tıpkı özel araç sahipliliğinin gelişmiş ülkelerde gösterdiğine benzer bir gelişme eğilimleri ortaya çıkartırlar. Başka bir ifade ile gelişme alanlarındaki dolmuşun varlığı toplu taşıma açısından önemlidir ve bu bölgelerin hızla dolmasını sağlar. Böylece yeni gelişme alanlarında kentsel yayılım sürecini hızlanır (Tekeli ve Okyay, 1981). Günümüzde dahi dolmuş hattının varlığı yâda bir yapının dolmuş güzergâhına olan yakınlığı o yapının değerini belirlemede önemlidir.

Her arazi kullanım türü bir yolculuk talebi yaratır. Tekeli ve Okyay (1982) arazi kullanım ile dolmuş arasındaki ilişkiyi arazi kullanım türünün oluşturduğu yolculuk taleplerinde dolmuşun bulunduğu zamansal boyut üzerinden açıklar. Şöyle ki; eğer gün içerisinde oluşan yolculuk talepleri belirli zamanla kısıtlı kalmayıp tüm güne yayılıyor ise dolmuşun ortaya çıkma olasılığı daha yüksektir ve ortama daha kolay adapte olur. Örneğin arazi kullanım türleri arasındaki yolculuk akışı zirve saatleri dışında da devam ediyorsa dolmuşun ekonomik olarak varlığını sürdürmesi daha kolay olmaktadır. Sadece zirve saatlerinde yaşanan yolcu yoğunlukları dolmuşlar için genelde yeterli olmayabilir. Ayrıca arazi kullanımın türü ve bu türün ürettiği yeni arazi kullanım türleri de dolmuşun varlığı ve gelişimi için oldukça önemlidir. Örneğin sanayi alanları, etrafında konut ve iş merkezleri gibi yeni kullanım türleri üretir. Böylece farklı kullanımlar arasında belli bir düzeyin altına düşmeyen yolculuk talepleri ortaya çıkar. Yine merkezdeki arazi fiyatlarının yüksek oluşundan dolayı merkez dışına bir kamu yatırımı (hastane, devlet kurumu yâda üniversite gibi) gelince dolmuşun diğer tüm ulaşım biçimlerinden daha kolay bir şekilde o alana gelmesi gerçekleşir. Bu tür arazi kullanımdaki değişimler dolmuşun varlığı için önemlidir.

Arazi kullanım türü kadar yoğunluk da önemlidir. Örneğin düşük yoğunluklu konut bölgeleri dolmuşlar için çokta cazip değildir. Düşük yoğunluklu bölgelerde toplu taşıma duraklarına erişmek için yürüme mesafelerinin artması kullanıcılar açısından da olumsuz bir durudur. Bu tür alanlarda dolmuşun varlık göstermek istememesinin tek nedeni

ekonomik olarak sürdürülebilir bulmamasıdır. Ayrıca ekonomik olarak dolmuş ile otobüs sistemleri kıyaslanınca, otobüsler düşük yoğunluklu alanlarda varlık göstermeleri daha olağan bir durumdur. Çünkü düşük yoğunluklu bölgelerdeki zararlar kamu tarafından yâda yüksek yoğunluklu bölgelerden elde ettikleri karlar tarafından telafi edilebilir. Ancak dolmuşlar için böyle bir riski almak çokta doğru bir yaklaşım olmayacaktır.

#### 1.2.2.7. Dolmuş Sisteminin Sınıflandırılması

Dolmuş sistemleri toplu taşıma hizmeti sunmaktadır. Hizmetin sunulduğu yer, araç tipi ve yolculuk amaçları göre farklılık gösterebilmektedir. Tekeli ve Okyay (1981) bu farklılıkları esas alarak dolmuş sistemini sınıflandırmıştır.

Bu kapsamda hizmet sunulan yere göre dolmuşlar iki gruba ayrılır:

• Kent içinde toplu taşımada hizmet veren dolmuşlar

• Yerleşmeler arasında, ya da bir kentle onun hinterlandı arasında taşıma yapan dolmuşlar (minibüsler gibi)

Özellikle büyük kentlerde bu iki sınıfın ayrı şekilde uzmanlaştığı görülmektedir. Birinden diğerine geçiş olanağı yoktur. Ayrıca kullanılan araç tipi, dolmuş hattının örgütlenmesi, sistemi kullanan yolcuların sınıfsal nitelikleri her iki hizmet grubunda da farklılaşmaktadır.

Araç tiplerine göre dolmuşların hizmet alanları farklı gruplara ayrılmaktadır. Kullanılan taşıtın türü aynı zamanda yolculuk taleplerine göre belirlenmektedir. Farklı ulaşım türleri için farklı araç kullanmak işletmenin fizibilitesi açısından da önemlidir. Araç tiplerine göre dolmuşlar üç gruba ayrılmaktadır (Tekeli ve Okyay, 1981):

• En küçük araç tipi taksi-dolmuşlardır. Bu araçlar 4-6 yolcu kapasitelidir. İlk yıllarda daha fazla gelir elde etmek amacıyla kullanılan araçlarda iç düzenleme yapılarak koltuk sayıları 8'e kadar arttırılmıştır.

• Orta büyüklükte olan steyşın modeli dolmuşlar yedi yolcu kapasiteli olup, genellikle çalıştıkları hatta göre plaka taşımaktadır. Ayrıca çalıştıkları hat, yazı ile dolmuş üzerinde belirtilmektedir.

• Minibüs modeli dolmuşlar ise on bir yolcu taşıma kapasitesine sahiptirler. (Günümüzde 18 koltuk kapasitesine kadar olan minibüslerde vardır) Çalıştıkları hat, yazı ile dolmuş üzerinde belirtilmektedir.

Yukarıda bahsedilen üç tür araç, yalnızca kapasite olarak değil, işletme özelliklerine göre de farklılaşmaktadır. Taksi-dolmuşlar ve steyşın dolmuşlar kent merkezinde, yolcu indi-bindisinin çok sık olduğu yerlerde çalışmaktadır. Genellikle daha yüksek gelirlilere hizmet etmektedir. Toplumsal tabakalaşma yönünden saygınlıkları yüksektir. Oysa minibüsler genellikle kent çevresine hizmet sunmakta, indi-bindinin az olduğu hatlarda çalışmaktadır. Toplumsal saygınlıkları ilk iki sınıfa göre daha düşüktür.

Yolculuğun amacına göre dolmuşlar iki gruba ayrılır(Tekeli ve Okyay, 1981):

• Birinci grupta özel amaçlı yolculuklara hizmet eden dolmuşlar vardır. Belirli bir grubunun belirli bir zaman dilimlerindeki istemini karşılamaktadır. Bunlar genellikle taksi-dolmuşlardır.

• İkinci grupta ise her türdeki yolculuklar için kullanılan dolmuşlar bulunmaktadır. Bu araçlar kamusal toplu taşıma hizmet sunmaktadır. Belli bir hat üzerinde, her saatte, her yaş grubunun, değişik amaçlı yolculukları bu tür dolmuşlar tarafından karşılanır. Pek çok kentte bulunan dolmuşlar ikinci gruptaki amaç doğrultusunda çalışmaktadır.

#### 1.2.2.8. Dolmuş Sisteminde Yasal Çerçeve

Ülkemizde dolmuşlar, diğer pek çok gelişmekte olan ülkelerdeki ara toplu taşıma sistemlerine benzer şekilde gayri resmi olarak ortaya çıkmıştır. Uzun yıllar illegal olarak çalışan dolmuşların, yasal olarak tanınmaları 1950'li yıllarda olmuştur. Dolmuşlar süreç içerisinde varlıklarını güçlü bir şekilde sürdürürken sayıları da hızla artmıştır. Başkent Ankara'da 1969 yılında dolmuş-minibüs sayısı 750, 1975 yılına 1127 olmuştur. 1975 yılına steyşın dolmuş sayısı ise 1974'tür. Hızla artan dolmuş/minibüs sayıları, aynı zamanda trafik sıkışıklığına da neden olduğu gerekçeleriyle Ankara İl Trafik Komisyonun 1966/1088 sayılı kararı ile plaka sayılarına sınırlandırma getirilmiştir. Bu karar kademeli olarak 1970, 1975 ve 1980 yıllarına kadar uzatılarak uygulanmıştır. Yine başkent Ankara'da 1983 yılında steyşın dolmuşlar tamamen kaldırılarak, minibüslere dönüştürülmüştür. Benzer yasal kısıtlamalar İstanbul'daki dolmuş ve minibüsler içinde geçerli olmuştur. 1966 yılında İstanbul'da da dolmuş araçlarının plaka sayıları dondurulmuştur (Tekeli, 2009). Ülke genelinde diğer illeri de kapsayacak şekilde çıkartılan 02.04.1986 tarih ve 86/10553 Sayılı Ticari Plakaların Verilmesinde Uyulacak Usul ve Esaslar Hakkındaki Bakanlar Kurulu Kararı dolmuş ve minibüsler için oldukça önemlidir. Bu karar ile plaka sayıları belirlenerek sınırlandırılmıştır.

Ülkemizde dolmuş ve minibüs ile ilgili doğrudan tanımlanmış bir kanun ya da yönetmelik bulunmamaktadır. Ancak bazı kanun ve yönetmeliklerde, dolmuşun ve minibüsün nasıl işletileceğine, çalışma ruhsatlarının ve çalışma şartlarının nasıl olacağına dair tanımlar getirilmiştir. Bakanlar Kurulu Kararı gereği çıkartılan 02.04.1986 tarih ve 86/10553 Sayılı Ticari Plakaların Verilmesinde Uyulacak Usul ve Esaslar Hakkında Karar kentlerdeki dolmuş, minibüs ve taksi plakalarının sayılarını belirlediğinden önemlidir. Bu karar gereği günümüzde pek çok kentte plaka sayıları halan aynı sayıda devam etmektedir. Diğer yandan birçok yerel yönetim, kendine özel belediye kanun ve yönetmeliklerinde dolmuş ve minibüslere ilişkin bazı bilgilere yer vermiştir. Yine büyükşehir belediyelerinin UKOME (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) merkezleri her türlü ulaşım, trafik ve toplu taşıma konularında üst düzeyde yönlendirici karar alma uygulama ve uygulatmada yetkili birimler olarak tayin edilmiştir. UKOME'ler dolmuş, minibüs ve taksi gibi araçların tahsis süreleri, ticari plaka sayıları ile bu plakaların verilmesine ilişkin usul, esas ve devir ücretlerini belirlemektedir. Tablo 14'te ilgili kanun ve yönetmelikler ile içerikleri özet olarak sunulmuştur.

Tablo 14. Ülkemizdeki kanun, yönetmelik ve mevzuatlarda Ara toplu taşımada kullanılan araç türleri ve ilgili kararları

| **Kanun / Yönetmelik Adı** | **Ara toplu taşımada kullanılan Dolmuş/ minibüs araçların hangi düzeyde ele alındığı ve içeriği** |
|---|---|
| 2918 Karayolları Trafik Kanunu (13.10.1983 tarihli ve 18195 sayılı) | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır ve koltuk kapasiteleri belirlenmiştir.<br>Bu araçların geçiş kolaylığı olduğu durumlar belirtilmiştir. |
| 02.04.1986 tarih ve 86/10553 Sayılı Ticari Plakaların Verilmesinde Uyulacak Usul ve Esaslar Hakkında Karar (Bakanlar Kurulu Kararı) | Taksi, dolmuş, minibüs ve umum servis araçlarına verilecek ticari plakaların sayısı, verilme usul ve esasları belirtilmiştir. |
| Karayolları Trafik Yönetmeliği (18.07.1997 tarihli ve 23053 sayılı ) | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır ve koltuk kapasiteleri belirlenmiştir.<br>Sürücü Belgeleri tanımlanmıştır.<br>Güvenlik koşulları belirtilmiştir.<br>Bu araçların geçiş kolaylığı olduğu durumlar belirtilmiştir. |
| Karayolu Taşıma Yönetmeliği (10.7.2003 tarihli ve 4925 sayılı) | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır ve koltuk kapasiteleri belirlenmiştir.<br>Yetki belgesi türleri belirtilmiştir. |
| Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (09.06.2008 tarihli ve 30762 sayılı ) | Ara toplu taşımada kullanılan araçların akaryakıt tüketiminin izlenmesin yönelik karar alınmıştır. |
| Ticari Araçlarda Reklam Bulundurulması Hakkında Yönetmelik (06.08.2011 tarihli ve 28017 sayılı ) | Ara toplu taşımada kullanılan araçların kapsamları belirtilmiştir. |
| Ücretsiz Veya İndirimli Seyahat Kartları Yönetmeliği (04.03.2014 tarihli ve 28931 sayılı ) | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır |

Tablo 14'ün devamı

| | |
|---|---|
| Ücretsiz Seyahat Kapsamında Yapılacak Gelir Desteği Ödemesine İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (06.01.2016 tarihli ve 29585 sayılı ) | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır ve koltuk kapasiteleri belirlenmiştir.<br>Belediye Aracılığıyla Gelir Desteği Ödemesi Yapılacak İşletmeciler belirtilmiştir. |
| Büyükşehir Belediyeleri Koordinasyon Merkezleri Yönetmeliği | Görev ve Yetkiler tanımlanmıştır.<br>Ulaşım Hizmetlerine İlişkin İşlemlerin içeriği tanımlanmıştır. |
| Mevzuat, kanun ve yönetmeliklerinde ara toplu taşımada kullanılan araçlara ilişkin bilgiye yer veren belediyeler:<br>Adana BŞB, Alaşehir Belediyesi, Antalya BŞB, Antalya BŞB, Avanos<br>Aybastı, Babaeski, Balıkesir BŞB, Bayburt, Bursa BŞB, Çorum<br>Denizli BŞB, Diyarbakır BŞB, Elazığ, Eskişehir BŞB, Afyon, Giresun Gümüşhane, Hacıbektaş, Hatay BŞB Kocaeli BŞB, Ordu BŞB Samsun BŞB İzmir BŞB | Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin tanımı yapılmıştır.<br>Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin yetki alanları belirlenmiştir.<br>Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin çalışma esasları belirtilmiştir.<br>Ara toplu taşımada kullanılan araç türlerinin ruhsat ve işletme esasları belirtilmiştir. |

### 1.2.3. Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Bu bölümde ara toplu taşıma ile ilgili yapılmış çalışmaların derlendiği kapsamlı literatüre yer verilecektir. Literatürde ara toplu taşıma ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ara toplu taşıma, özellikle 1980'lerden sonra popüler olmaya başlamıştır (Cervero, 2000; Cervero ve Golub, 2007). Yapılmış çalışmalar amacı, kapsamı, yöntemi ve çalışma alanı dikkate alınarak derlenmiştir(Tablo 18).

Terminolojide ara toplu taşıma (paratransit) yerine talebe duyarlı ulaşım, esnek ulaşım ve gayri resmi ulaşım gibi terimler de kullanılmaktadır. Keskin ayrımlarla birbirinden farklılaşmayan bu terimler rota, programlama, işletme ve kapasite gibi bazı özellikleri ile birbirlerinden farklılaşır. Derlenen çalışmalar terminolojide ara toplu taşıma (paratransit) yerine de kullanılan bu terimlerden yararlanılarak dört gruba ayrılmıştır. Bu gruplama aşağıdaki gibidir:

1) Ara toplu taşıma (paratransit) ile ilgili yapılan çalışmalar

2) Talep odaklı ara toplu taşıma ile ilgili yapılan çalışmalar

3) Esnek ara toplu taşıma ile ilgili yapılan çalışmalar

4) Gayri resmi ara toplu taşıma ile ilgili yapılan çalışmalar

Her bir sınıflama kendi içinde çalışma konularına göre sistematik olarak ele alınmıştır

### 1.2.3.1. Ara Toplu Taşıma (Paratransit) ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Ulaşım yazının da, ara toplu taşıma, önemli yer tutmaktadır.

Ara toplu taşımada, hizmet kalitesinin ölçülmesi, hizmet kalitesinin analizi ve kullanıcı memnuniyeti üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır (Fu, 2003; Joewono ve Kubota, 2007; Fu vd., 2007; Nwaogbe vd., 2012; Rahman vd., 2016; Ahmed vd., 2017; Banik 2016; Wongwırıya vd., 2017; Rahman vd., 2017; Phun vd., 2019; Rahman vd., 2023). Min (2011) ve Yang (2005) ise ara toplu taşıma araçlarında hizmet kalitesine etki eden faktörler üzerinde durmuştur. Ara toplu taşıma çalışmalarında önemli yer tutan hizmet kalitesi, politika düzeyinde de tartışılarak iyileştirmeye yönelik politikalar önerilmiştir (Tangphaısankun vd., 2009b). Ara toplu taşımada, kendi içinde tartışılan hizmet kalitesi, aynı zamanda diğer toplu taşıma araçlarındaki hizmet kalitesiyle de karşılaştırılarak ara toplu taşımanın avantajlı yönleri ön plana çıkarılmaya çalışılmıştır (Finn, 2012; Basu vd., 2017). Luthra (2006). Ara toplu taşıma sistemlerinde sunulan hizmetin iyileştirilmesi için öneriler getirmiştir. Lu vd., (2017) ara toplu taşıma araçlarında hizmetin güvenilirliğini araştırmıştır. Pagano vd., (2002); Mintmire vd., (2013); Bower, (1991) bilgisayar ve mobil uygulamaların paratransit servis kalitesi üzerindeki etkileri üzerinde durmuştur. Rahman (2022), hizmetin kalitesini düşük gelirli kadınlar algıları üzerinden değerlendirmiştir.

Ara toplu taşımada sunulan hizmet kadar araçlarının güvenilirliği (Fu ve Teply, 1999; Sulek ve Lind, 2005; Kwasniewski vd., 2009; Kwasniewski vd., 2006; Joewono ve Kubota, 2006) ve ara toplu taşıma araçlarında yolcu güvenilirliği ve güvenlik algısının önemli olduğu belirtilmektedir (Morka vd., 2005 ve Oğuz, 2020). Sulek ve Lind (2005), Kwasniewski vd., (2009), Kwasniewski vd., (2006), Joewono ve Kubota (2006) kullanılan ara toplu taşıma araçlarının kaza ve çarpma anıda ne kadar güvenli olduğunu araştırmıştır. Ara toplu taşıma araçlarında yolcu güvenilirliği ve güvenlik algısının yanında, Phun vd., (2018) kullanıcılarının trafik risk algısı ve davranışsal niyetleri üzerinde durmuştur.

Minibüsler, çalışma kapsamında ele alınan dolmuşlar ve farklı ülkelerde yaygın olarak kullanılan jitneyler gibi ara toplu taşımada önemli araçlardandır. Minibüsler de ara toplu taşıma yazınında ele alınmıştır (Djifarova, 1999; Kahraman, 2010; Özsoy, 2005).Djifarova (1999) minibüs araçları için seyahat hızı ve seyahat akışının tahminine yönelik model önerisinde bulunmuştur. Kahraman (2010), minibüs araçlarında müşteri memnuniyetini ve bu memnuniyeti etkileyen faktörleri araştırmıştır. Özsoy (2005),

minibüsün (dolmuş) kent içi toplu ulaşımdaki yerini tartışarak, çağdaş kent içi ulaşım sistemlerine nasıl uyarlanabileceğine yönelik öneriler geliştirmiştir.

Ara toplu taşıma gelişmekte olan pek çok ülkede toplu taşımanın önemli bir kısmını karşılamaktadır. Bu bağlamda Loo (2007), ara toplu taşımanın toplu taşımadaki rolünü tartışmıştır. Phun ve Yai (2016) ve Shimazaki ve Rahman (1996) Asya'da gelişmekte olan ülkeler özelinde ara toplu taşıma sistemlerinin toplu taşımadaki rollerini incelemiştir. Olason (2001) ise toplu taşımanın kullanılmadığı kırsal ve düşük yoğunluklu alanlarda ara toplu taşımanın rolü üzerinde durmuştur. Mastrogiannidou vd., (2006) benzer bir çalışmada, kırsal alanlar için ara toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesine yönelik politikalar geliştirmiştir. Nguyen-Hoang ve Yeung (2010) ise ara toplu taşıma sistemlerinin önemini, fayda maliyet analizi çerçevesinde tartışarak ortaya koymaya çalışmıştır

Ara toplu taşıma gelişmiş ülkelerde ise toplu taşımayı destekleyen ve tamamlayan nitelikte bir rol üstlenmektedir ve ara toplu taşımın diğer toplu taşıma türleri arasındaki entegrasyonu önemli bir araştırma konusu olmuştur. Satiennam vd.,( 2006), Tangphaısankun vd.,(2009a), Schalekamp ve Behrens (2009), Ferro (2015b), Kalpakcı (2013), Kalpakcı ve Karataş (2016), Özbilen (2016) ara toplu taşıma ile geleneksel toplu taşıma (otobüs ve metro gibi) arasındaki entegrasyonunu sağlamaya yönelik politikalar önermiştir. Tabassum vd., (2017) hızlı otobüs sistemlerini besleyen ara toplu taşıma sistemleri için stratejileri geliştirmiştir.

Ara toplu taşıma özellikle engelli, yaşlı ve hareket kısıtlılığı olan bireyler için önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu bağlamda özellikle ABD ve Avrupa ülkelerinde bu bireyler için hizmet veren ara toplu taşıma sistemleri bulunmaktadır. Koffman ve Lewis, (1997) ve Bearse, vd., (2004) engelli, yaşlı ve hareket kısıtlılığı olan bireyler için hizmet veren ara toplu taşımada talebi tahmin etmeye yönelik bir model önerisi getirmiştir. Fitzgerald vd., (2000) ise eğitim programlarının engellilere yönelik olan ara toplu taşıma araçlarına olan talebi nasıl etkilediği üzerinde durmuştur. Benzer şekilde toplu ulaşımda dezavantajlı grupların seyahatlerinde mod seçimleri dikkate alınarak ara toplu taşımaya olan talepleri de ele alınmıştır. Franklin ve Niemeier (1998) ve Benjamin vd., (1998) benzer bir yaklaşımla toplu ulaşımda dezavantajlı grupların seyahatlerinde ara toplu taşımayla birlikte diğer modları seçmelerini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Schlossberg, (2003) ise seyahat mod seçimlerini etkileyen faktörleri dikkate alarak ara topluya olan talebi tahmin etmeye çalışmıştır. Bu araçların belirli bir kesime hitap ediyor olması, sistemin koordine edilmesi

ve işletilmesini pahalı ve zor kılmaktadır (Fei ve Chen, 2015). Kişiye özel sunulan bu hizmetin, sekteye uğramaması için devlet tarafında sübvanse edildiği durumlar olduğu belirtilmektedir (Khattak ve Yim, 2003; Lave ve Mathias, 2009). Gupta vd., (2010), Fei ve Chen (2015) ve Murray, (2017) engelli, yaşlı ve hareket kısıtlılığı olan bireyler için kullanılan araçların maliyetlerini araştırarak ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik politikalar ve stratejiler önermiştir. Deka ve Gonzales (2014) ise kullanılan araçlarda alınan gezi ücretleri üzerinde durarak nasıl belirlenmesi gerektiğini ortaya koyacak önerilerde bulunmuştur. Sistemin koordine edilmesi ve işletilmesinin zor olması, dinamik bir planlama yaklaşımı gerekliliğini de beraberinde getirmektedir (Cremers vd., 2009)..Sistem, ekonomik yönü dışında, seyahat süresi güvenilirliği (Deka, 2015) ve kullanılan araçların hizmet kalitesi de (Deka, 2014) araştırılarak farklı boyutları ele alınmıştır. Marita vd., (2022) engelli bireylerin ara toplu taşıma hizmetlerini kullanma deneyimleri ve ihtiyaçlarını değerlendirmiştir

Avrupa ve ABD başta olmak üzere pek çok gelişmiş ülkede telefonla araç çağrılarak ara toplu taşıma hizmetlerinden yararlanılmaktadır. Markovic vd., (2016), Luo ve Schonfeld (2007), Marković vd., (2013) çağrılı taşımacılık sistemlerinde gelen tüm talebi karşılamak için kapasite tahminine yönelik model geliştirmişlerdir. Sayarshad ve Gao (2018) ise bu çağrılı taşımacılık sistemlerinde fiyatlandırmayı tahmin etmek için bir model önermiştir. Çağrılı taşımacılık sistemlerinde sunulan hizmet kalitesinin belirlenmesi (Paquette vd., 2009), programlanması ve seyahat sürelerinin modellenmesi (Fu, 1999; Fu, 2002b; Xiang vd., 2008) yapılan diğer araştırmalardandır. Fu (2002a) ve sistemin programlanmasında bilgisayar tabanlı teknolojilerin bu araçlar üzerinde uygulanabilirliğini araştırmıştır. Giliomee vd., 2023 elektrikli ara toplu taşıma araçlarının programlanması üzerinde durmuştur. Markovic vd., (2013) çağırmalı ara toplu ulaşım araçlarının kapasitesini belirlemek için yapay sinir ağı modeli geliştirmiştir.

Valenzuela vd., (2005) kullanıcıların ara toplu taşımayı tercih etme nedenlerini araştırarak; ara toplu taşımanın zorunluluk mu yoksa bir gereklilik mi olduğu sorusuna yanıt aramıştır. Benzer şekilde, Ceylan vd., (2004) ara toplu taşımaya olan talebi ve bu talebi etkileyen faktörleri araştırmıştır. Gadepalli vd., (2018) kullanıcıların sosyo-ekonomik özellikleri ile seyahat taleplerinin ara toplu taşımayı tercih etmedeki etkilerini ele almıştır.

Ara toplu taşıma sistemlerinde işletme modellerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır (Kaysi vd.,2007; Behrensa vd.,2017). Schalekamp (2015) yeni yasaların bu işletmeciler üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Neumann ve Nagel (2013) sistemin işletilmesinde güzergâh tasarımına yönelik yaklaşımlar önermiştir. Bozalioğlu'da (2007) benzer bir çalışma ile bir cadde üzerinde dolmuş hattının fiziksel tasarımına yönelik önerilerde bulunmuştur. Fu ve İshkhanov (2004) sistemin işletilmesinde filo boyutunun belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Joewono (2009) ise sistemin optimum çalışması için ara toplu taşımada ücretin belirlenmesini ve ödenebilirliğini tartışmıştır.

Gholami vd., (2014) ara toplu taşımada araçların kullandığı güzergâh ve hatların topoğrafya ve hat maliyeti endekslerine göre sınıflandırılmasını yapmıştır. Özkurt (2012) ara toplu taşıma araçlarını sınıflayarak Türkiye'deki uygulamaları üzerinde durmuştur. Priye vd., (2021) ara toplu taşıma sürülerinin sosyoekonomik özelliklerini ve elektrikli üç tekerlekli çekçeklere yönelik algılarını araştırmıştır.

Fu ve Rilett (2000) çağrılı taşımacılık sistemlerinde farklı konumlardan gelen talebi karşılamak için, talebin geldiği noktanın konumuna göre ortaya çıkacak rotalarda seyahat süreni tahmini etmeye çalışmıştır. Tahminde YSA yöntemini kullanmıştır.

Ukam vd., (2023a) ara toplu taşımada hizmet kalitesinin düşük olduğuna ve kullanıcıların memnun olmadığına vurgu yapmaktadır. Bu doğrultuda hem kullanıcılar hem de işletmecileri için hizmet kalitesinin önemli bir ölçütü olan seyahat süresine dikkat çekmektedir. Ukam vd., (2023a) ve Ukam vd., (2023b) ara toplu taşımada yolculuk süresini etkileyen faktörler üzerinde durmuştur. Çoklu regresyon yöntemi kullanılarak faktörlerin etki oranları belirlenmeye çalışılıştır. Ukam vd., (2023a) yaptığı çalışmanın ara toplu taşımada yolculuk sürelerini etkileyen faktörleri araştıran ilk örnek olduğunu belirtmektedir.

#### 1.2.3.2. Talep Odaklı Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, ara toplu taşımanın bir türü olan talep odaklı ara toplu taşıma eksenli yapılmış çalışmalar ele alınmıştır. Talep odaklı ara toplu taşıma kavramı yeni bir kavram olmayıp 1980'lerden beri kullanılmaktadır (Logan, 2007).

Talep odaklı ara toplu taşıma sistemlerinde sunulan hizmetin kalitesinin belirlenmesi ve artırılmasına yönelik yapılan çalışmalar önemli yer tutmaktadır (Davison vd., 2012;

Chandra ve Quadrifoglio, 2013; Palmer vd., 2004; Papanikolaou vd., 2017). Mageean ve Nelson (2003) benzer çalışmayı telematik tabanlı sistemler için; Palmer vd., (2008) yaşlı ve engellilere yönelik sistemler için; Chang vd., (2010) kırsal alanlarda yaşlı veya engelli bireylere hizmet veren talep odaklı ara toplu taşıma sistemleri için yapmıştır. Ryley vd., (2014) ise sistemde kullanılan araçlar ile verilen hizmetin sürdürülebilirliğini araştırmıştır.

Talep odaklı ara toplu taşımada talebin önceden belirlenmesi sistemin işletilmesi ve programlanmasında önemlidir (Lee ve Savelsbergh, 2017). Logan (2007) talebi belirlemenin yanında talebe cevap verecek yöntemler üzerinde durmuştur. Wang vd., (2011) sosyo-ekonomik faktörlerin talep üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Talep odaklı ara toplu taşımanın sunmuş olduğu kişileştirilmiş hizmet, sistemin işletilmesinde maliyetleri arttırmakta ve güç kılmaktadır (Rahimi vd., 2018). Amirgholy ve Gonzales (2016) bu sistemlerde maliyetleri azaltacak modeller önererek sistemin ekonomik yönü üzerinde durmuştur. Davison vd., (2014) ekonomik analizlerle sistemin sorunlarına çözüm arayarak politikalar ve stratejiler önemiştir.

Aldaihani ve Dessouky (2003) talep odaklı ara toplu sistemler için hibrit programlama yöntemlerini araştırmıştır. Dial (1995) bir tür talep odaklı toplu taşıma olan çağrılı taşımacılık sistemlerinde kullanılan bilgisayar yazılımlarını işletmecilerin anlayabileceği şekilde yorumlamıştır. Horn (2002) talep odaklı toplu taşıma programlanmasında çok modlu bir yaklaşım önermiştir.

Toplu taşımada dezavantajlı gruplar için, talep odaklı ara toplu taşıma fırsatlar sunmaktadır. Neven vd., (2015) farklı politika kararlarının dezavantajlı grupların kullandığı talep odaklı toplu taşıma sistemleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Karabük (2009), toplu taşımada dezavantajlı gruplardan olan yaşlı insanlar için bir talebe duyarlı çağrılı taşımacılık programlaması önermiştir.

Kim vd., (2017) talep odaklı sistemlerin düşük nüfus yoğunluğuna sahip alanlarda daha etkin çalışmasına yönelik politikalar önerirken; Kim vd., (2017) kırsal alanlarda, bu sistemler için ücretin tahmin edilmesi için çalışma yapmıştır. Sultana vd., (2018) kırsal alanlardaki talep odaklı taşıma sistemleri için kullanıcıların sosyo-ekonomik, demografik, hizmet, arz ve talep özelliklerini araştırarak sistem üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Talep odaklı ara toplu taşımada işletme yapısı da farklı yönleriyle ele alınmıştır. Diana vd., (2006) bekleme sürelerini en aza indirecek şekilde işletmenin ihtiyaç duyduğu araç sayısını belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Quadrifoglio vd., (2008) işletim uygulama modellerinin sistemin üretkenliği üzerindeki etkilerini ortaya koymaya

çalışmıştır. Diana ve Dessouky (2004) çağrılı taşımacılık servisleri için işletmenin sorunlarına sezgisel bir uyarlama ile çözüm önerisi getirmiştir. Ambrosino vd., (2000) Avrupa'daki talep odaklı toplu taşıma sistemini ve işletim yapısını, Kışla vd., (2016) ise İstanbul'daki talep odaklı toplu taşıma sistemini ve işletim yapısını incelenmiştir.

#### 1.2.3.3. Esnek Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bazı ara toplu taşıma sistemleri yazında esnek toplu taşıma olarak tanımlanmaktadır. Esnek toplu taşıma, yolculara rotaları, saatleri, ulaşım modları, servis sağlayıcısı ve ödeme sistemlerinde seçme konusunda esneklik sağlamayı amaçlamaktadır (Velaga vd., 2012). Esnek ulaşım hizmetleri, gelişmekte olan ülkelerde, kişisel araçla seyahat ile sabit rotalı transit hizmetleri arasında bir köprü olarak ilgi görmektedir (Ferreıra vd., 2007).

Esnek ara toplu taşıma sistemleri, yazında, farklı yönleriyle ele alınmıştır. Errico vd., (2013) talep odaklı esnek toplu taşıma sistemlerinin planlanması üzerinde durmuştur. Quadrifoglio ve Li (2009) ile Nelson vd., (2010) esnek toplu taşıma sistemlerinin son deneyimlerine odaklanarak sistemin iyileştirmesine yönelik politikalar geliştirmiştir. Wright vd., (2014) sürdürülebilir esnek toplu taşıma sistemleri için tasarım, yönetim ve işletme politikalarını araştırarak öneriler geliştirmiştir.

Ara toplu taşımanın diğer toplu taşıma sistemleriyle entegrasyonu ulaşım patikaları açısından istenen bir durumdur. Bu bağlamda, Mulley ve Nelson (2009), bu sistemlerin otobüs gibi kamusal toplu taşımayla entegrasyonu için öneriler getirmiştir. Mulley ve Daniels (2012) ise esnek toplu taşımanın kentsel toplu taşımadaki rolünü araştırmıştır. Carotenuto vd., (2012) esnek toplu taşıma sistemlerinin sıkışık trafik durumundaki rolünü ele almıştır. Mulley vd., (2012) esnek ulaşım hizmetlerinin daha etkin kullanılması üzerinde durarak politikalar geliştirmiştir. Velaga vd., (2012) bu sistemlerin kırsal ve uzak bölgelerdeki hizmet özelliklerini araştırarak toplu taşımaya olan katkılarını irdelemiştir.

Esnek ara toplu taşımada sistemin performansının değerlendirilmesi kullanıcı ve işletmeci açısından önemlidir (Narayan vd., 2017). Wright (2013) bu sistemler için en uygun araç tiplerinin seçimi konusunda rehberlik sunan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Marco vd., (2012) kullanıcı ve işletmeciler için gelen ulaşım talebine en hızlı şekilde cevap verecek algoritmalar geliştirmeye çalışmıştır. Politis vd., (2012) insan davranışlarını modelleyerek talep tahminde bulunmuştur. Brake vd., (2007) ABD ve Avrupa'daki esnek

toplu ulaşım sistemlerini analiz edilerek kullanıcı dostu telematik tabanlı bir model önerisi getirmiştir.

#### 1.2.3.4. Gayri Resmi Ara Toplu Taşıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Ara toplu taşıma, ortaya çıktığı süreç itibari ile pek çok ülkede gayri resmi olarak hizmet vermektedir (Cervero ve Golub, 2007; Yanar, 2023). Kumar vd., (2021) sektörünü hizmet özellikleri, işleyiş sistemi ve finansal yönleriyle değerlendirmiştir. Romero-Torres vd., (2023) hizmet kalitesinin ölçülmesine yönelik bir değerlendirmede bulunmuştur. Barrett (2003) kayıt dışı ekonomide gayri resmi toplu taşımanın potansiyeline vurgu yaparak toplu taşımadaki önemine değinmiştir. Kumar vd., (2016) insanların hareketlilik ihtiyaçlarını karşılamada gayri resmi toplu taşımanın önemine vurgu yapmıştır. Cervero ve Golub (2007) sistemi fayda maliyet analizi çerçevesinde almıştır. Ahmed (2004) gayri resmi ara toplu taşımanın önemini belirterek yerel yönetimlerce kabul edilir bir şekilde resmi hale getirilmesine yönelik politikalar önermiştir. Cervero (2000) gayri resmi toplu taşımanın geleceğini tartışılmıştır. Cervero'nun (2000) yaptığı bu çalışma dönemi itibari ile en kapsamlı olarak kabul edilmektedir. Çalışmada aynı zamanda yönetim, alt yapı iyileştirmesi, trafik yönetimi, operatörlerin eğitimi ile resmi olarak tanınması, yönetmelikler ve yasaklara da değinerek geniş yelpaze sunmuştur.

Golub vd., (2009) Brezilya'da, önerilen politikaların gayri resmi toplu taşıma kullanıcılarını nasıl etkilediğini tartışmıştır. Aworemi vd., (2008), Guillen vd., (2013) kullanıcıların sosyo-ekonomik özelliklerini ele alarak sistemin planlamasına yönelik stratejiler önermiştir.

Pereira vd., (2007) gayri resmi ara toplu taşıma sistemleri ile geleneksel toplu taşıma sistemleri arasındaki hizmet kalitesini karşılaştırmıştır. Venter vd., (2014) Güney Afrika kırsalındaki gayri resmi ara toplu taşıma operatörlerinin arz ve fiyatlandırma stratejileri üzerinde durmuştur. Nugroho ve Zusman (2018) gayri resmi ara toplu taşıma araçlarının hava kirliliğine olan nedenlerin azaltılmasına yönelik politikalar önermiştir. Ndibatya vd., (2014) Afrika'daki bu sektör için uyarlanabilir bir ulaşım tahmin modeli geliştirmiştir. Woolf ve Joubert (2013) zorlu bir ekonomik ortamda varlıklarını sürdürmeye çalışan bireylerden oluşan bu sektöre yönelik daha insan merkezli bir bakış açısı ve işletme modeli üzerinde durmuştur.

Ara toplu taşıma çalışmalarında, çalışma amacına göre farklı yöntemler kullanılmıştır. Çalışmalarda yapay sinir ağları (Banik, 2016; Fu ve Teply, 1999; Ahmed vd., 2017; Marković vd., 2013; Fu ve Rilett, 2000), yapısal eşitlik modeli (Tangphaısankun vd., 2009b; Phun vd., 2018; Politis vd., 2012; Rahman vd., 2016; Tangphaısankun vd., 2009a; Sumaedi vd.,2014; Pereira vd., 2007; Guillen, vd., 2013; Basu vd., 2017), regresyon (Phun vd., 2019; Deka, 2014; Deka, 2015; Markovic vd., 2016; Marković vd., 2013; Joewono, 2009; Gadepalli vd., 2018; Palmer vd., 2008; Quadrifoglio vd., 2008; Nugroho ve Zusman, 2018; Venter vd., 2014), çoklu doğrusal regresyon (Ukam vd., 2023a ve Ukam vd., 2023b).

Banik, 2016 ve Ahmed vd., 2017, çalışmalarında ara toplu taşımada hizmet kalitesinin analizini değerlendirmede YSA'yı kullanmıştır. Fu ve Teply, 1999 çağrılı taşımacılıkta kullanılan araçların güvenirliğinin analizinde ; Marković vd., 2013 çağrılı taşımacılıkta talebe karşılık gelen kapasitenin tahmininde, Fu ve Rilett, 2000 çağrılı taşımacılıkta konumsal talep bilgilerine göre oluşan rotadaki seyahat sürelerini tahmininde YSA yönetimini kullanmıştır.

### 1.3. Yapay Sinir Ağları

Çalışma kapsamında dolmuşun seyahat süresinin tahmininde Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. Bu bölümde YSA'nın yapısı detaylı olarak irdelenerek ulaşım ve toplu ulaşım çalışmalarındaki kullanım alanlarına değinilecektir. Dolmuşun seyahat süresinin tahminine yönelik literatürde yapılmış çok sınırlı çalışmalar olduğundan otobüs seyahat süresine yönelik yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenecektir.

Ara toplu taşıma sistemleri, doğası gereği belirsiz ve kuralsız olarak bilinirler (Oğuz, 2020). Belirsizlik ve kuralsızlığın hâkim olduğu bu sistemlerde, hareketlerinin belirlenmesi, hareket eğilimlerinden yola çıkarak bir model geliştirilmesi ve geleceğe yönelik tahminlerin yapılması zorlaşmaktadır. Ara toplu taşıma sistemlerinin anlaşılmasında seyahat süresi önemlidir ve gezginlerin en çok tercih ettiği bilgidir (Jeong ve Rilett, 2004; Ukam, 2023a). Seyahat süresi ancak doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edildiği takdirde önem taşımaktadır. Bu bağlamda bir ara toplu taşıma aracı olan dolmuş sistemleri içinde seyahat sürelerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve tahmini önemlidir. Fakat belirsiz ve kuralsız olarak bilinen bu sistemler için karmaşık bilgi yapısını işleyecek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

YSA'lar kendilerine gösterilen girdi değişkenlerini öğrenerek ve değişkenler arasında açıklanması zor işlevsel ilişkileri yakalayarak genelleme yapabilirler. Ayrıca YSA'lar kendilerine gösterilen verileri öğrendikten sonra çıkarımlar da yapabilirler. Bu nedenle YSA'lar, çözümlenmesi zor olan problemler için uygun bir yöntemdir (Zhang vd., 1998). Bu yaklaşımla karmaşık bir yapıda olan dolmuş sistemlerinin seyahat süresinin tahmininde YSA kullanılması, girdiler arası işlevsel ilişkileri ortaya koyması bakımdan önemlidir. Bu nedenle çalışmada yöntem olarak YSA kullanılmıştır.

### 1.3.1. Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi

Yapay sinir ağları (YSA), biyolojik sinir sistemlerine benzer şekilde çalışan ve insan beyninin bilgiyi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilen bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanır (Hamzaçebi, 2011). Bir başka tanımda, YSA "insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleri" olarak tanımlanır (Öztemel,2012).

Haykin'e (1994) göre sinir ağları deneysel bilgiyi depolamak ve kullanıma sunmak için doğal bir eğilime sahip paralel dağıtılmış bir işlemci gibidir. İki açıdan beyine benzetilmektedir: bilgi ağ tarafından bir öğrenme süreci aracılığıyla elde etmesi ve sinaptik (hücreler arasındaki bilgi aktarımı) ağırlıklar olarak bilinen interneuron (insan vücudunda bulunan geniş bir sinir hücresi) bağlantı kuvvetleri, edinilen bilgiyi depolamak için kullanmasıdır.

YSA'nın tarihsel gelişimini iyi analiz edebilmek için yapılan çalışmaları 1970 öncesi ve 1970 sonrası diye ikiye ayırmak gerekir (Öztemel,2012). Kabul edilen ilk sinir ağı modeli 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Elektrik devreleriyle geliştirilen bu basit ağ insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenmiştir (Öztemel, 2012). 1949 yılında Danold Hebb, yapay hücrelerden oluşan ve yapay sinir ağının değerlerini değitiren bir öğrenme kuralı (Hebb Kuralı) geliştirmiştir. 1958 yılında Rosenblatt bugünkü makine öğrenme kuralının temelini oluşturan tekli doğrusal algılayıcı (perceptron) modeli geliştirmiştir. Üç tabakadan oluşan ve YSA'nın en temel sistemi olan Perceptron'un tasarlanmasından sonra YSA daha da ilgi görmeye başlamıştır. 1960'lı yılların başında Widrow ve Hoff tarafından ADALINE (Adaptive Linear Combiner – Tekli Yinelemeli

Doğrusal Sinir Ağ) geliştirilmiştir. Böylece eğitim boyunca toplam hatayı en aza indirmeyi hedefleyen Widrow-Hoff öğrenme kuralı ortaya çıkmıştır (Şen, 2004).

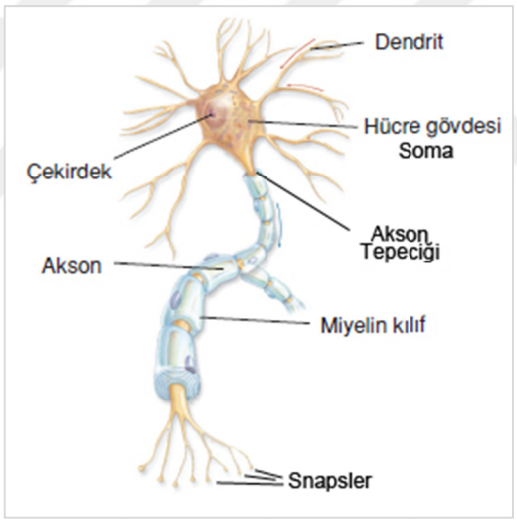
1969 yılında YSA'nın XOR problemini çözemeyişi ve YSA araştırmalarına yönelik finansman desteklerinin kesilmesiyle birlikte YSA'ya olan ilgi ve güven önemli ölçüde azalmıştır. Ancak, 1974 yılında geriye yayılım modelinin ortaya atılması, 1978 yılında Carpenter tarafından Adaptif Rezonans Teorisinin (Adaptive Resonance Theory, ART) geliştirilmesi ve 1982 yılında Kohonen tarafından kendi kendine öğrenme haritalarının (SOM) oluşturulmasıyla YSA'ya olan ilgi yeniden artmıştır. Bu çalışmalar ile birlikte öğretmensiz öğrenme yöntemi de ortaya çıkmıştır (Haykin, 2009). Hopfield'in 1982 ve 1984 yıllarında yaptığı çalışmalarla YSA'nın genelleştirme yapabileceği ve bilgisayar programlama ile çözülmesi zor problemlere çözüm üretebileceği kanıtlanmıştır. Ayrıca Hopfield'in geliştirdiği çok katmanlı ağların eğitiminde kullanılan geri yayılım algoritması YSA için önemli bir dönüm noktası olmuştur. 1988'de Broomhead ve Lowe, radyal tabanlı fonksiyon ağlarını (Radial Basis Function, RBF) oluşturmuştur (Hamzaçebi, 2011). Specht'de filtreleme problemlerinde oldukça başarılı sonuçlar veren Olasılıksal bir sinir ağı (Probabilistic Neural Network, PNN) ile Genel Regresyon Ağlarını (Generalized Regression Neural Network, GRNN) geliştirmiştir (Öztemel,2012) (Tablo 15).

Tablo 15. Yapay sinir ağlarının özet tarihçesi (Haykin, 1994; Mehrotra, vd., 1996; Şen, 2004; Haykin, 2009; Hamzaçebi, 2011; Öztemel,2012)

| | |
|---|---|
| 1970 öncesi yapılan çalışmalar | |
| 1890 | İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili ilk yayın |
| 1943 | Yapay sinir hücrelerine dayalı hesaplama teorisinin ortaya atılması |
| 1949 | Hebb Kuralı |
| 1956-1962 | Adaline ve Windrow öğrenme algoritmasının geliştirilmesi |
| 1957-1962 | Tek Katmanlı Algılayıcının (Perceptron) geliştirilmesi |
| 1967-1969 | Grosberg öğrenme algoritması. |
| 1969 | Tek katmanlı algılayıcıların problemleri çözemediğinin ispatlanması |
| 1970 sonrası yapılan çalışmalar | |
| 1974 | Geri Yayılım modelinin ilk çalışmaları |
| | Öğretmensiz Öğrenmenin geliştirilmesi |
| 1978 | ART Modelinin geliştirilmesi. |
| 1982 | Kohonen Öğrenmesi ve SOM modelinin geliştirilmesi. |
| 1982 | Hopfield Ağları |
| 1982 | Çok Katmanlı algılayıcılarının geliştirilmesi |
| 1985 | Delta Öğrenme Kuralı |
| 1988 | RBF modelinin geliştirilmesi. |
| 1988 | PNN modelinin geliştirilmesi. |
| 1991 | GRNN modelinin geliştirilmesi. |

### 1.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Temel bir biyolojik sinir hücresi/nöron sinapsler, soma (hücrenin gövdesi), akson, dentritlerden oluşur (Şekil 12). Snapsler sinir hücreleri arasındaki bağlantıyı elektrik sinyalleriyle sağlayan birimlerdir. Soma ise bu sinyalleri ön bir işleme tabi tutarak kendi elektrik sinyaline dönüştüren ve aksonlar aracılığı ile dentritlere ileten kısımdır. Soma aynı zamanda hücrenin çekirdeğini barındıran ve yaşamını sağlayan birimdir. Dentritlerden gelen tüm sinyaller burada toplanır. Dentriler gelen sinyali diğer hücrelere iletmek üzere tekrar sinapslere aktarırlar. İki sinir hücresi arasındaki bilgi alışverişi snaptik bağlantılarda neurotransmittorlar ile sağlanır. Bu iletişimde elektrik sinyallerinin tepkiye dönüşebilmesi için eşik değeri dediğimiz bir değeri aşması gerekir. Böylece iki hücre arasında bilgi alışverişi tamamlanmış olur (Mehrotra vd., 1996, Zurada, 1992, Öztemel, 2012).




Şekil 12. Biyolojik sinir hücresinin yapısı

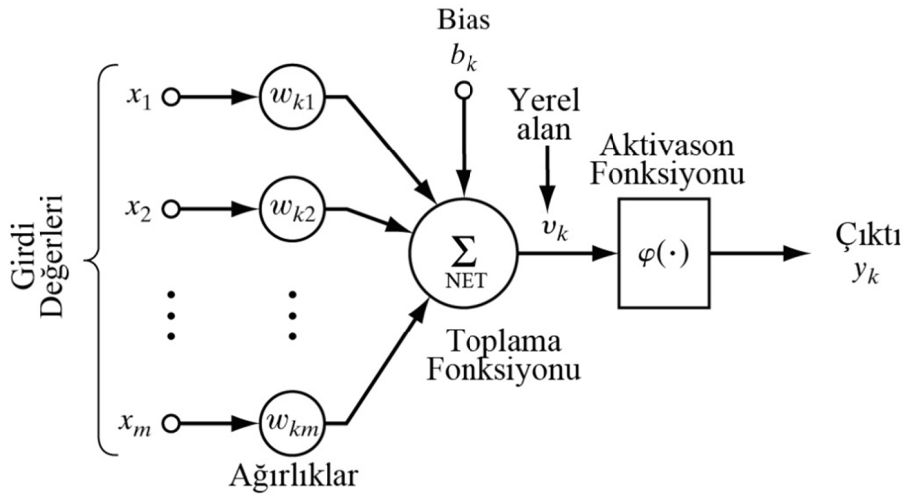
Biyolojik sinir hücrelerini bir bütün sistem üzerinden değerlendirildiğinde üç aşama karşımıza çıkmaktadır (Şekil 13). Sistemin merkezinde, sürekli bilgi alan, algılayan ve bilgiyi uygun hale getiren sinir (sinir) ağı ile temsil edilen beyin bulunur. Soldan sağa gösterilen işaretler, bilgi taşıyan sinyallerin sistemden ileri aktarımını gösterir. Sağdan sola gösterilen oklar ise sistemde geri bildirim olduğunu belirtir. Reseptörler, insan vücudundan veya dış ortamdan gelen uyaranları, sinir ağına (beyne) bilgi olarak ileten elektriksel uyarılara dönüştürür. Efektörler, sinir ağının ürettiği elektriksel uyarıları, sistem çıktıları olarak fark edilebilir tepkilere dönüştürür (Haykin, 2009). Böylece dışardan gelen bir uyarıya karşı bir tepki verme süreci tamamlanmış olur.




Şekil 13. Sinir sisteminin diyagram gösterimi (Haykin, 2009)

YSA'nın temel elemanları biyolojik sinir hücrelerini simüle eden yapay nöronlardır. Sinir hücreleri arasında bağlantılar katmanlar ile oluşturularak sinir ağları meydana gelir (Bayır, 2006). Yapay sinir hücreleri süreç (proses) elemanı olarak da adlandırılır. Bir yapay sinir hücresi ağından beş temel eleman bulunur. Bu elemanlar (Şekil 14 ) (Mehrotra vd., 1996) :

1. Girdiler
2. Ağırlıklar
3. Toplama Fonksiyonu
4. Aktivasyon Fonksiyonu
5. Çıktı




Şekil 14. Yapay sinir hücresinin yapısı (Haykin, 2009)

1. Girdiler ($X_1, X_2 \ldots\ldots X_m$): dış dünyadan yâda başka hücrelerden gelen ve ağın öğrenilmesi istenen değerlerdir.

2. Ağırlıklar ($Wk_1, Wk_2 \ldots\ldots Xkm$): Değişken veya sabit olan ağırlıklar, yapay sinir hücresine gelen bilginin önemini ve etkisini gösteren değerlerdir.

3. Toplama fonksiyonu: Yapay sinir hücresine gelen toplam net girdiyi ifade eder. Girdi değerleri ağırlıkları ile çarpılarak toplanır. Net girdiyi hesaplanırken farklı

fonksiyonlar kullanılabilir. YSA'da her zaman sabit bir formül olmasa da en yaygın toplama fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$NET = \sum_{i}^{n} Xi\, Wi \tag{1}$$

Burada *X* girdileri, *W* ağırlıkları n ise hücreye gelen toplam girdi sayısını ifade eder.

4. Aktivasyon Fonksiyonu: hücrenin girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirlemek için net girdinin işlendiği aşamadır. Net girdi aktivasyon fonksiyonuyla çıktıya dönüşür. Ağın yapısı, tipolojisi ve amacına göre farklı aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Bazı YSA modellerinde türevi alınabilecek fonksiyonlar kullanılmaktadır. Çok katmanlı algılayıcı modellerde yaygın olarak kullanılan sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır ve denklemi aşağıdaki gibidir.

$$F(NET) = \frac{1}{1 + e^{-NET}} \tag{2}$$

5. Çıktı: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen değer olup dış dünyaya yâda başka bir hücreye aktarılır.

$$y_k = \varphi(u_k + b_k) \tag{3}$$

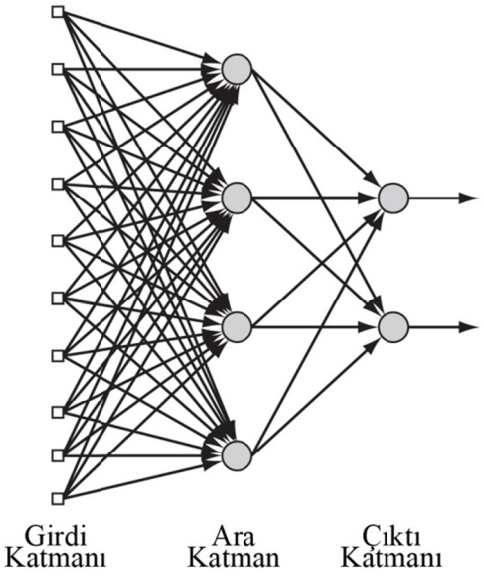
Burada $y_k$ çıktıyı, $\varphi$ aktivasyon fonksiyonunu, $u_k$ net girdiyi, $b_k$ ise bias (eşik) değerini göstermektedir (Haykin, 2009, Öztemel, 2012).

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluşturur. Sinir hücreleri üç katman halinde ve her katman paralel olarak bir araya gelerek ağ oluşturulur. YSA girdi, ara ve çıktı katmanları olmak üzere üç katmandan oluşur (Şekil 14 ) (Anderson ve McNeill, 1992).

1. Girdi katmanı: dış dünyadan gelen bilgileri ara katmanlara aktarmada görevli katmandır. Girdi katmanı aynı zamanda bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Girdi katmanındaki nöron (sinir hücresi) sayısı problemin amacına bağlı olarak değişmektedir.

2. Ara katman: girdi katmanındaki bilgiler çıktı katmanına aktarılırken ara katmanlarda işlenir. Ara katman sayısı bir olabileceği gibi probleme bağlı olarak birden fazla da olabilir. Ara katmandaki gizli nöron sayısı için standart bir değer yoktur. Problemin yapısına göre deneme yanılma ile en uygun gizli nöron sayısı belirlenebilir.

3. Çıktı katmanı: ara katmandan gelen bilgiler burada işlenerek girdi katmanına karşılık gelen çıktı değerleri üretilir. Problemin amacına bağlı olarak birden fazla çıktı nöron sayısı olabilir (Öztemel,2012).




Şekil 15. Yapay sinir ağının yapısı (Haykin, 2009)

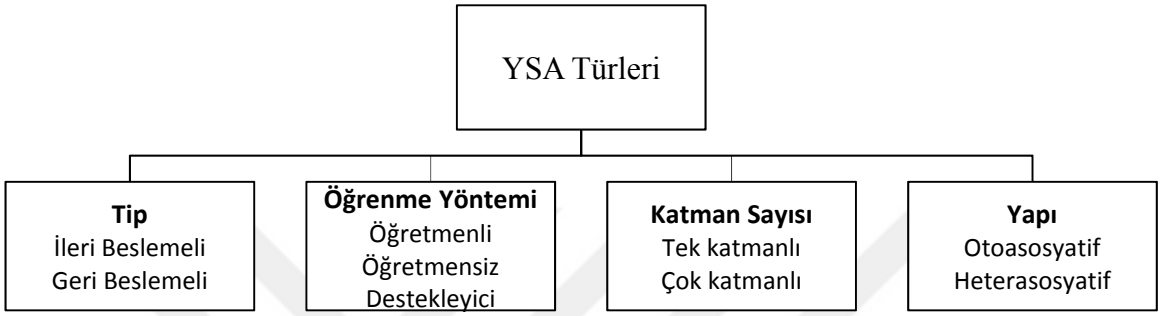
Biyolojik sinir hücreleriyle yapay sinir hücrelerinin yapıları işlevleri bakımından karşılaştırıldığında aşağıdaki şema ortaya çıkmaktadır (Şekil 16). Şemaya göre biyolojik sinir hücrelerindeki aksonlar yapay sinir hücrelerindeki çıktıya; dentritler toplama fonksiyonuna, çekirdek aktivasyon fonksiyonuna ve sinapsisler de ağırlıklara karşılık gelmektedir (Anderson ve McNeill, 1992).

| **Biyolojik Sinir Hücresi** | | **Yapay Sinir Hücresi** |
|---|---|---|
| ❖ Akson | ⟺ | ❖ Çıktı |
| ❖ Dentrit | ⟺ | ❖ Toplama fonksiyonu |
| ❖ Çekirdek | ⟺ | ❖ Aktivasyon fonksiyonu |
| ❖ Sinaps | ⟺ | ❖ Ağırlıklar |

Şekil 16. Biyolojik sinir hücresinin temel elemanlarının yapay sinir hücresindeki karşılığı (Anderson ve McNeill, 1992)

### 1.3.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan günümüze kadar geçen sürede pek çok yapay sinir ağı türü geliştirilmiştir. Sarle'ye (2002) göre tam olarak kaç tane YSA türü olduğu bilinmemektedir. Hamzaçebi (2011) YSA'yı en iyi bilinen türlerine göre: tip, katman sayısı, öğrenme yöntemi ve yapı olarak 4 grup altında sınıflandırmıştır (Şekil 17).




Şekil 17. YSA'nın sınıflandırılması (Hamzaçebi, 2011; 19)

### 1.3.2.2. Tiplerine Göre YSA'lar

YSA'daki nöronların bağlantı hareketlerine göre ileri ve geri beslemeli olmak üzere iki yapı bulunur. İleri beslemeli ağlarda girdi katmanından çıktı katmanına doğru ileri yönde bir veri akışı gerçekleşir. Geri beslemeli ağlarda ise veriler sadece ileri yönde değil geriye doğru da yayılım göstermektedir (Hamzaçebi, 2011).

İleri beslemeli YSA

Çok katmanlı bir YSA'da ileri doğru hesaplamada ilk safha eğitim setindeki verilerin girdi katmanından girişiyle başlar. Girdi katmanındaki veriler bir işleme tabi olmadan ara katmanlara aktarılır. Girdi katmanındaki k. süreç elemanın çıktısı aşağıdaki gibidir.

$$Ç_k^i = G_k \tag{4}$$

Burada *Ç* çıktıyı, *G* ise girdiyi ifade etmektedir.

Ara katmana aktarılan her bir girdi değeri ağırlıkları ile çarpılarak net girdi elde edilir. Bu hesaplama aşağıdaki gibidir.

$$NET_j^a = \sum_{k=1}^{n} A_{kj} Ç_k^i \tag{5}$$

Burada $A_{kj}$ *k.* girdi katmanındaki elemanını *j.* ara katman elemanına bağlayan bağlantının ağırlık değeri gösterir. *j.* ara katmanın çıktısı ise aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle elde edilir. Aktivasyon fonksiyonu olarak farklı fonksiyonlar kullanılabilir. Eğer ağ yapısında geri besleme olacak ise türevi alınabilir bir fonksiyon kullanılması gerekmektedir. En yaygın olarak kullanılan sigmoid fonksiyonudur. Sigmoid fonksiyonuna göre *j.* ara katmanın çıktısı aşağıdaki gibidir.

$$Ç_j^a = \frac{1}{1 + e^{-\left(NET_j^a + \beta_j^a\right)}} \tag{6}$$

Burada $\beta_j^a$ ara katmandaki *j.* elemanına bağlanan eşik değerinin ağırlığını göstermektedir. Bu eşik değerinin çıktısı sabit olup 1'e eşittir. Ağırlığı ise ağ tarafından belirlenir.

Ara katmandan çıkan değerler çıktı katmanına aktarılırken yukarıdaki gibi net girdinin hesaplanması ve aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle oluşur. Çıktı katmanından çıkan değerler doğrudan çıktıyı vermektedir. Böylece ileri besleme tamamlanmış olur (Haykin, 2009; Öztemel, 2012).

Geri beslemeli YSA

Çok katmanlı YSA'larda geri besleme süreci ileri beslemenin bitimiyle başlar. Ağın ürettiği çıktılar gerçekleşen değerleri ile karşılaştırılır. Aradaki fark hata değeri olup bu değerinin kabul edilebilir düzeye indirilmesi gerekmektedir. *m.* proses elemanında oluşan hatanın hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$E_m = B_m - Ç_m \tag{7}$$

Burada $B_m$ beklenen (gerçekleşen) çıktıyı ifade etmektedir. Bu hesaplama sadece bir proses elemanının hata değeri olup çıktının toplam hatasının (TH) hesaplanması gerekmektedir. Bazı hata değerleri negatif olabileceğinden, toplam hatanın sıfır olmaması için hataların kareleri hesaplanarak genel toplamın karekökü alınır. Toplam hata aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$TH = \sqrt{\sum_m E_m^2} \tag{8}$$

Hesaplanan toplam hataya bağlı olarak hatayı genele yaymak için ara katman ile çıktı arasındaki ağırlıkların değiştirilmesi gerekmektedir. Daha sonra ara katman ile girdi arasındaki ağırlıklar değiştirilecektir. Ara katmanda bulunan *j.* proses elemanı çıktı katmanındaki *m.* proses elemanına bağlayan ağırlığın değişim miktarı olarak tanımlanırsa ağırlığın değişim miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır. Herhangi bir *t.* İterasyonda gerçekleşen bu hesaplama her geri yayılımda tekrarlanır.

$$\Delta A_{jm}^{a}(t) = \lambda \delta_m \, Ç_j^a + \alpha \Delta A_{jm}^{a}(t-1) \tag{9}$$

Burada $\lambda$ öğrenme katsayısını, $\alpha$ momentum katsayısını, $\delta_m$ ise *m.* çıktı ünitesinin hatasını göstermektedir. Formülde bulunan momentum katsayısı ile çok katmanlı bir ağda öğrenme sırasında optimum bir noktaya bağlı kalmaması için ağırlık değişim değerinin bir sonraki değişime eklenmesi sağlanır. Çıktının hatası ($\delta_m$) ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\delta_m = \int' (NET).E_m \tag{10}$$

$f'$(NET) aktivasyon fonksiyonunun türevini ifade etmektedir. Sigmoid fonksiyon kullanıldığında aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\delta_m = Ç_m(1 - Ç_m).E_m \tag{11}$$

Hesaplanan değişim miktarıyla ağırlıkların *t.* iterasyondaki yeni değerler aşağıdaki gibi olur.

$$A_{jm}^{a}(t) = A_{jm}^{a}(t-1) + \Delta A_{jm}^{a}(t) \tag{12}$$

Bir sonraki aşamada eşik değer ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. İlk olarak değişim miktarı hesaplanmalıdır. Bu hesaplama aşağıdaki gibi yapılır.

$$\Delta \beta_m^{ç}(t) = \lambda \delta_m + \alpha \Delta \beta_m^{ç}(t-1) \tag{13}$$

Buradaki $\beta_m^{ç}$ çıktı katmanındaki eşik değer ağırlığını ifade etmektedir. Bu hesaplama ile *t.* iterasyondaki eşik değerinin ağırlığın yeni değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\beta_m^{ç}(t) = \beta_m^{ç}(t-1) + \Delta \beta_m^{ç}(t) \tag{14}$$

Ara katman ile çıktı arasındaki ağırlıkların değiştirilmesinden sonra ara katman ile girdi arasındaki ağırlıkların değiştirilme aşaması başlar. Girdi katmanı ile ara katman arasındaki değişim $\Delta A_i$ ile ifade edilirse ağırlık değişimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta A_{kj}^{i}(t) = \lambda \delta_j^a \, Ç_k^i + \alpha \Delta A_{kj}^{i}(t-1) \tag{15}$$

Hata terimi ($\delta_j^a$) hesabı ise aşağıdaki gibidir.

$$\delta_j^a = \int' (NET) \sum_m \delta_m \, A_{jm}^a \tag{16}$$

Yukarıdaki gibi aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid kullanıldığında hata değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\delta_j^a = Ç_j^a \, \left(1 - Ç_j^a\right) \sum_m \delta_m \, A_{jm}^a \tag{17}$$

Hesaplanan hata değerinden sonra yeni ağırlık değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{kj}^{i} = A_{kj}^{i}(t-1) + \Delta A_{kj}^{i}(t) \tag{19}$$

Ara katman eşik değer ağırlıkları ($\beta^a$) ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta \beta_j^a(t) = \lambda \beta_j^a + \alpha \Delta \beta_j^a(t-1) \tag{19}$$

*t.* iterasyona göre ağırlıkların yeni değeri ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\beta_j^a(t) = \beta_j^a(t-1) + \Delta \beta_j^a(t) \tag{20}$$

Tanımlanan adımlar bir iterasyon için geçerli olup öğrenme tamamlanana kadar bu döngü devam eder (Haykin, 2009; Öztemel, 2012).

#### 1.3.2.3. Öğrenme Yöntemine Göre YSA'lar

Öğretme yönteminde, eğer ağın eğitiminde girdiler ve girdiye karşılık gelen çıktılar ağa tanıtılıyor ise öğretmenli; girdiye karşılık gelen çıktılar ağa tanıtılmadan, parametreler arasındaki ilişkileri ağın kendi kendine öğrenmesi bekleniyor ise öğretmensiz öğrenme ile

YSA oluşturulur. Öğretmensiz öğrenme daha çok sınıflama problemlerinde tercih edilirken öğretmenli öğrenme ise çok katmanlı YSA'larda yaygın olarak kullanılır. Destekleyici öğrenmede ise bir öğretmen yardımcı olur, ancak sisteme girdi setine karşılık gelen çıktı seti gösterilmez.

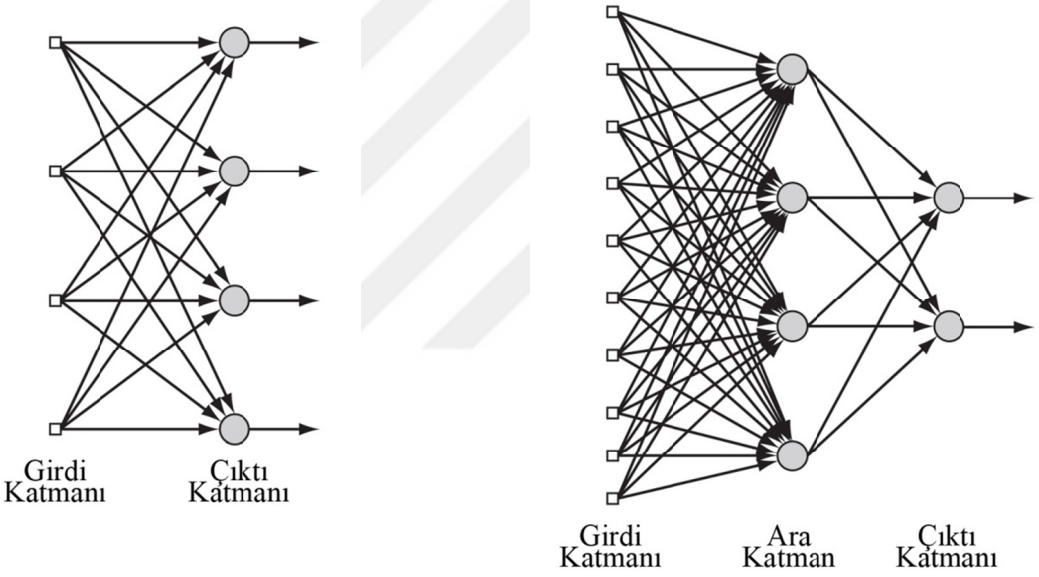
Tablo 16. YSA'nın öğrenme yöntemine göre sınıflandırılması (Sarle, 1997)

| **1-Öğretmenli** | **2- Öğretmensiz** | **3- Destekleyici** |
|---|---|---|
| A-İleri Beslemeli | A-Rekabetçi | A-Hopfield |
| 1. Doğrusal | 1. Vektör Nicemleme | B- Optimizasyon |
| − Hebb | − Grossberg | |
| − Algılayıcı | − Kohonen | |
| −Adaline (Adaptif Doğrusal Eleman) | − Conscience | |
| − Yüksek Dereceli Ağlar | 2. Kendi Kendini Düzenleyen Harita | |
| − Fonksiyonel Bağlantı | − Kohonen | |
| 2. Çok Katmanlı Algılayıcı | − Üretken topografik harita | |
| − Geri Yayılım | − Yerel Doğrusal | |
| − Kademeli Korelasyon | 3. Uyarlamalı Rezonans Teorisi (ART) | |
| − Hızlı Yayılım | − ART 1 | |
| − Esnek Yayılım (RPROP) | − ART 2, ART 2-A | |
| 3. Radyal tabanlı fonksiyon (RBF) Ağları | − ART 3 | |
| − Dikey En Küçük Kareler (OLS) | − Bulanık ART | |
| 4.Beyincik Model Artikülasyon Kontrolörü | 4. Diferansiyel Yarışmacı Öğrenme | |
| 5. Sadece Sınıflandırma | B-Boyut Küçültme | |
| − Doğrusal Vektör Niceleme (LVQ) | 1. Hebbian | |
| − Olasılık Tabanlı ağlar (PBNN) | 2. Oja | |
| 6. Sadece Regresyon | 3. Sanger | |
| − Genel Regresyon Yapay Sinir Ağı | 4. Diferansiyel Hebbian | |
| B- Geri Beslemeli Ağlar | C-Otomatik eşleştirmeli | |
| 1. Çift Yönlü İlişkili Hafıza ( BAM) | 1. Otomatik ilişkilendirme | |
| 2. Boltzman Makinesi | 2. Bir Kutuda Beyin Durumu (BSB) | |
| 3. Yinelemeli Zaman Serileri | 3. Hopfield | |
| − Zaman Boyunca Geri Yayılım | | |
| − Elman | | |
| − Sonlu Dürtü Yanıtı ( FIR) | | |
| − Gerçek Zamanlı Yinelemeli Ağ | | |
| − Yinelemeli Geri Yayılım | | |
| −Zaman Gecikmeli Sinir Ağı (TDNN) | | |
| C- Rekabetçi Ağlar | | |
| 1.Uyarlamalı Rezonans Teori Haritası (ARTMAP) | | |
| 2. Bulanık ARTMAP | | |
| 3. Gaussian ARTMAP | | |
| 4. Karşı Yayılım | | |

Bunun yerine girdi değerine karşılık gelen çıktıyı ağdan üretmesi beklenir ve çıktının doğru veya yanlış olduğunu gösteren sinyaller üretir. Doğrusal Vektör Niceleme (LVQ) ağı örnek olarak verilebilir (Haykin, 2009; Hamzaçebi, 2011; Öztemel, 2012). Sarle (1997) öğrenme yöntemini baz alarak YSA'yı türlerine göre daha kapsamlı olarak sınıflamıştır (Tablo 16).

### 1.3.2.4. Katman Sayılarına göre YSA'lar

YSA'lar katman sayılarına göre 2 grupta ele alınır. YSA sadece girdi ve çıktı katmanından oluşuyor ise tek katmanlı, girdi, ara katmanı/katmanları ve çıktı katmanından oluşuyor ise çok katmanlı olarak tanımlanır (Şekil 18).




Tek katmanlı YSA yapısı Çok katmanlı YSA yapısı

Şekil 18. Tek katmanlı ve çok katmanlı YSA (Haykin, 2009)

YSA'lar ile ilgili ilk çalışmalar tek katmanlı algılayıcılar ile başlamıştır. Tek katmanlı algılayıcılarda girdiler ağırlıkları ile çarpılıp toplanarak bir eşik değeriyle karşılaştırılır. Eşik değerinden büyük yâda küçük olma durumuna göre 1, 0, -1 gibi sınıflara ayrılır. Çıktının sıfır olmaması için bias (eşik) değerinin girdisi her zaman "1" olarak alınır. Modelin öğrenmesi sırasında ağın ve eşik değerinin ağırlıkları değiştirilebilir. Ağırlıkların değiştirilmesi, sabit bir değer olan öğrenme katsayısı (λ) ile çarpılıp ağırlıklara ekleme yâda çıkartma ile yapılır. Çıktı fonksiyonu doğrusal fonksiyon olup ileri beslemeli ağ şeklinde çalışır. "Tek katmanlı algılayıcılar (Perceptron)", "ADALINE/MADALINE"

en önemli kabul edilen tek katmanlı YSA'lardandır (Haykin, 2009; Öztemel, 2012). Tek katmanlı algılayıcılarda kullanılan çıktı formülü aşağıdaki gibidir.

$$Ç = f\left(\sum_{i=1}^{m} w_i \; x_i \; + \; \varphi\right) \tag{21}$$

Burada Ç: çıktı değerini, W: ağırlıkları, X: girdi değerini, $\varphi$ : bias değerini ifade etmektedir.

Çok katmanlı YSA'lar tek katmanlı YSA'ların geliştirilmesiyle ortaya atılmıştır. Haykin'e (1994) göre çok katmanlı YSA'ların üç temel özelliği bulunmaktadır:

1. Ağın içerisindeki nöronlar doğrusal olmama eğilimindedir. Doğrusal olmama kullanılan sigmoid fonksiyonuyla sağlanır.

2. Bir veya daha fazla sayıdaki gizli katman ve bu katmanlardaki gizli nöron sayıları ağın öğrenmesini daha da başarılı kılar.

3. Ağ bağlantıları bilginin en üst düzeyde işlenmesi sağlar. Ağın bağlantı sayısının yâda ağırlıkların değiştirilebilmesi bilginin işlenme düzeyine katkı sağlar.

Çok katmanlı YSA'larda girdi katmanından gelen bilgiler ara katmanlarda işlenerek çıktıya ulaşır. Genelde öğretmenli öğrenme stratejisi benimsenir. Ağa girdiler ile birlikte bu girdilere karşılık gelen çıktı değerleri de tanıtılır ve ağın genelleme yapabilme yeteneği geliştirilir. Bu genelleme ile ağ, kendi çözüm uzayını oluşturarak sonuçlar üretebilir. Genelleştirilmiş delta kuralına göre eğitilen ağda ileri doğru hesaplama ve geriye doğru hesaplama olmak üzere iki safa mevcuttur (Öztemel, 2012).

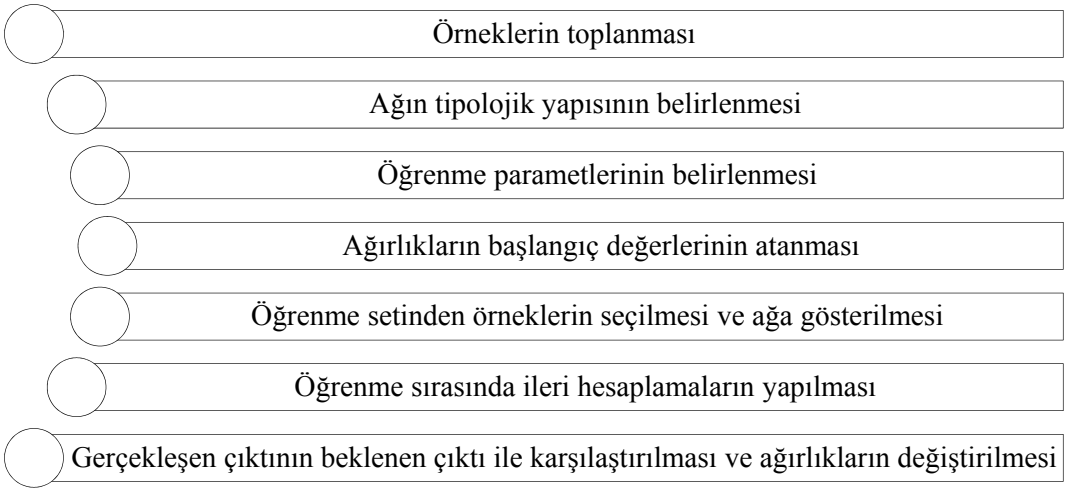
Çok katmanlı YSA'nın başarılı bir şekilde çalışabilmesi için birden çok bileşene ihtiyaç duyar. Bu bileşenler:

1. Yapay sinir hücresi ve katmanları
2. Birleşme Fonksiyonu
3. Aktivasyon fonksiyonu
4. Hata fonksiyonu
5. Öğrenme algoritması, şeklindedir (Hamzaçebi, 2011),

Hata fonksiyonu eğitilen ağın performansını görmek için kullanılır. Problemin türüne bağlı olarak farklı hata fonksiyonları kullanılabilir. En yaygın olarak tercih edilenler: Ortalama yüzde hata, ortalama hata kareleri toplamı, ortalama hata kareleri karekökü, hata kareleri toplamı, mutlak ortalama sapma, yüzde hata, ortama hatadır. Çok katmanlı

YSA'larda yaygın geri yayılım eğitim algoritması kullanır. Öğrenme algoritması üç aşamadan oluşur. İlk aşamada ağ girdileri ara katmanlardan çıktı katmanına ilerler. İkinci aşamada üretilen çıktı ile ağın çıktısı karşılaştırılarak hata değerleri bulunur. Üçüncü aşamada ise hataya bağlı olarak geri yayılımla ağırlıklar tekrar değiştirilir (Hamzaçebi, 2011; Çakır, 2014).

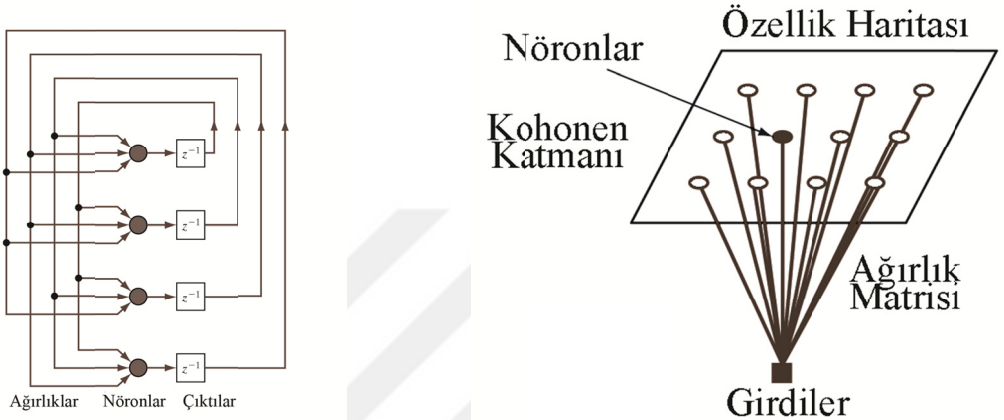
Çok katmanlı YSA'da en önemli aşama problemin çözümünü ilişkin örnek olayların doğru bir şekilde tespit edilerek toplanması aşamasıdır. Toplanan örnekler ağın eğitiminde ve performansının ölçülmesinde kullanılmak üzere eğitim, doğrulama ve test seti olarak ayrılır. Ağın eğitiminde kullanılan eğitim seti farklı durumlardan örnekler barındırması gerekmektedir. Çünkü ağa gösterilmeyen örnek durumlara karşın ağın çözüm üretmesi beklenemez. Test seti ise rastgele seçilerek ağın performansını ölçmek amacıyla kullanılır ve ağa gösterilmez. Örneklerin toplanmasından sonra ağda kullanılacak girdi sayısı, gizli katman sayısı, gizli nöron sayısı ve çıktı sayıları belirlenerek ağın tipolojisi oluşturulur. Tipolojisi oluşturulan ağın öğrenme katsayısı, toplama ve aktivasyon fonksiyon sayıları ve momentum sayısı belirlenir. Başlangıç ağırlık değerleri genelde rastgele seçilerek ağın eğitimi sırasında uygun değerleri kendi üretmesi beklenir. Bu aşamadan sonra ağa girdi ve çıktı değerleri gösterilerek eğitim, doğrulama ve test seti aralıkları tanımlanır. Ağ ileriye doğru hesaplama yaparak girdiye karşılık gelen çıktıya göre kendi çıktı değerlerini hesaplar. Üretilen bu değer olması gereken gerçek değerle karşılaştırılarak hata değeri bulunur. Hata değerini azaltmak için ağırlıklar değiştirilerek geriye doğru hesaplama başlar (Haykin 1994, Öztemel, 2012) (Şekil 19). Çok katmanlı ağın çalışma adımları aşağıdaki gibidir (Öztemel, 2012):




Şekil 19. Çok katmanlı YSA'larda çalışma adımları (Öztemel, 2012)

### 1.3.2.5. Yapılarına Göre YSA'lar

Yapılarına göre YSA'lar Otoasosyatif ve Heterasosyatif olarak iki sınıfa ayrılabilir. Otoasosyatif ağlarda girdi katmanındaki nöronlar aynı zamanda çıktı nöronu görevi de görmektedir. Tek katmanlı bir yapıya sahiptir. Hopfield ağları örnek olarak verilebilir. Heterasosyatif ağlar ise çok katmanlı bir yapıya sahip olup farklı girdi ve nöronları vardır. Kohonen ağı örnek olarak verilebilir (Hamzaçebi, 2011) (Şekil 20).




Hopfield ağ yapısı Kohonen ağ yapısı

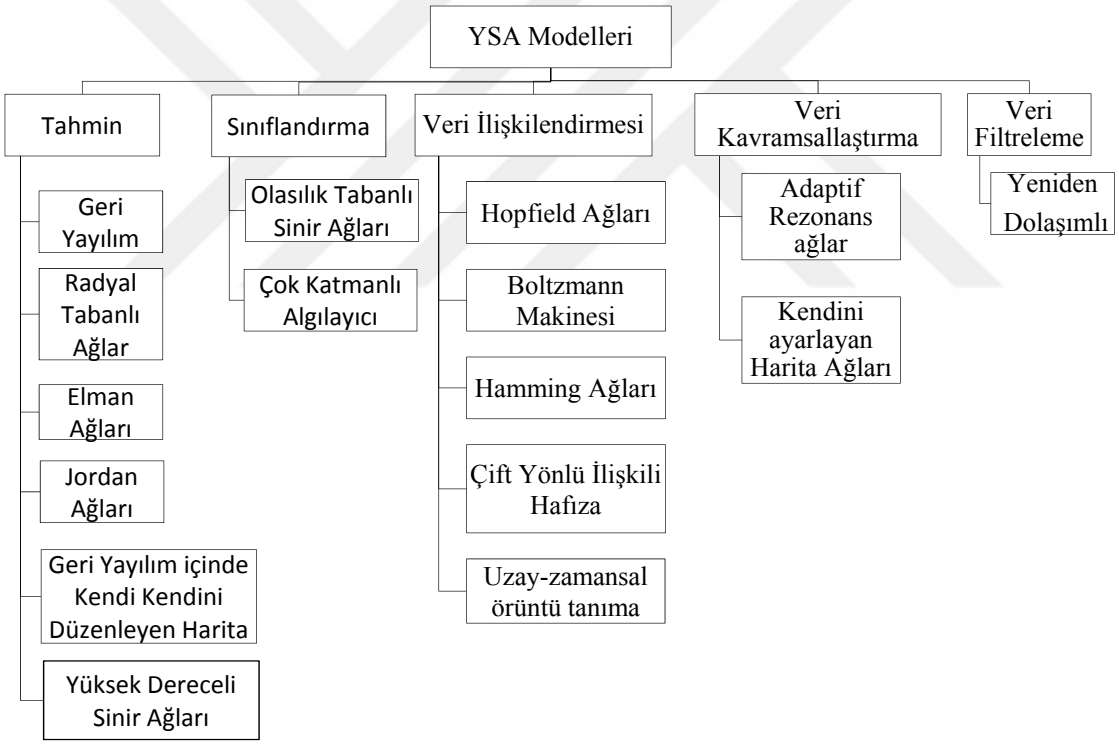
Şekil 20. Hopfield ve Kohonen ağ yapısı (Haykin, 2009)

### 1.3.2.6. Kullanım Amaçlarına göre YSA'lar

YSA'lar farklı disiplinlerde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Literatürde YSA'nın en yaygın kullanım alanları şunlardır (Anderson, D. ve McNeill, G., 1992, Haykin, 1994, Jain vd., 1996, Şen, 2004, Öztemel, 2012):

- Tahmin
- Sınıflandırma
- Kümeleme
- Veri İlişkilendirme
- Veri kavramsallaştırma
- Veri Filtreleme
- Vektör sayısallaştırma
- Tanıma, eşleştirme, teşhis
- Yorumlama
- Optimizasyon
- Fonksiyon yaklaşımı

YSA'ların genel kullanım alanlarına göre; tahmin, bir problemde tanımlanan girdiler kullanılarak bir yâda birden fazla çıktı değerinin gelecekte olabileceği değerinin belirlenmesi için YSA kullanılır. Sınıflandırma, girdilerin hangi sınıfa ait olduğunu tespit etmek için YSA kullanılır. Kümeleme, girdi seti içerisinde birbirine benzeyen nesnelerin ayırt edilerek bir grupta toplanması için YSA kullanılır. Veri ilişkilendirme, bir veri setinde girdilerin hatalı bilgilerinin bulunması ve eksik bilgilerin tekrar tanımlanmasını sağlamak için YSA kullanılır. Optimizasyon belirli kısıtlar altında bir amacın optimize edildiği problemleri ifade eder ve optimum etmek için YSA kullanılır. Fonksiyon yaklaşımı, aynı girdi vektörüne karşılık gelen olarak aynı çıktıyı üretecek işlevin tanımlanmasıdır. Tanıma, bozuk yâda eksik örüntüleri tanıtılmış örüntüleri karşılaştırarak tespit edilmesi amacıyla için YSA kullanılır. Kullanım amaçlarına göre YSA modelleri Şekil 21'de verilmiştir.




Şekil 21. Kullanım amaçlarına göre YSA'lar (Anderson ve McNeill, 1992; 31, Hamzaçebi, 2011; 26)

### 1.3.2.7. YSA Performans Ölçüleri

YSA'ların performansları modelin çalışma hızıyla ve tutarlı tahmin yapmasıyla değerlendirilir (Hamzçebi, 2011; Çakır, 2014). Çalışmalarda, YSA'nın hızından ziyade tutarlı tahmin yapılıp yapılmadığı üzerinde durulmaktadır. Tutarlı ve doğru tahmini test edebilmek için ağın ürettiği değerler gerçek değerler ile karşılaştırılır. Gerçek değer ile üretilen değer arasındaki fark hata değerini açıklamaktadır. Hata değeri ne kadar küçük ise model o kadar iyi çalışmıştır. Literatürde, YSA'ların performans ölçülmesinde kullanılan yöntem ve denklemleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. YSA performans ölçüleri

| Doğruluk ölçüleri | Denklemi |
|---|---|
| • Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (mean absolute percentage error, MAPE). | $100\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{\lvert gerçek_i - tahmin_i\rvert}{gerçek_i}}{n}$ |
| • Ortalama Yüzde Hata (mean percentage error, ,MPE) | $100\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{gerçek_i - tahmin_i}{gerçek_i}}{n}$ |
| • Ortalama Hata Kareleri Toplamı (mean square error, MSE) | $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(gerçek_i - tahmin_i)^2$ |
| • Ortalama hata kareleri karekökü (root mean square error, RMSE) | $\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(gerçek_i - tahmin_i)^2}$ |
| • Hata karaler toplamı (Sum of square error, SSE) | $\sum_{i=1}^{n}(gerçek_i - tahmin_i)^2$ |
| • Mutlak ortalama sapma (Mean Absolute deviation, MAD) | $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lceil gerçek_i - tahmin_i\rceil$ |
| • Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı | $1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(gerçek_i - tahmin_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(gerçek_i - tahmin_{ort})^2}$ |
| • Yüzde hata | $\frac{gerçek_i - tahmin_i}{gerçek_i} * 100$ |
| • Ortama hata | $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} gerçek_i - tahmin_i$ |

### 1.3.3. Yapay Sinir Ağları ve Ulaşım

YSA pek çok farklı alanda kullanıldığı gibi ulaşım ile ilgili problemlerin çözümünde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda YSA modelleri kullanılarak ulaşım konularıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Özelikle YSA'nın doğrusal olmayan yapısı, geliştirdiği çözüm önerileri ulaşımdaki uygulamaları desteklemektedir. Dougherty (1995), Karlaftis ve Vlahogianni (2011) ve Pamula (2016) YSA modelleri kullanılarak yapılan bu çalışmaların bir bölümüne ilişkin literatür taraması gerçekleştirmiştir. Karlaftis ve Vlahogianni (2011) çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak istatistiksel ve YSA yöntemlerini benzerlik ve farklılıklarına göre karşılaştırmıştır. Karlaftis ve Vlahogianni (2011) doğrusal olmayan verilerin işlenmesinde YSA'nın daha esnek ve daha kabul edilebilir sonuçlar üretebildiği ve YSA'nın istatistiksel yöntemlere göre daha iyi performans sergilediği sonucuna varmıştır. Ulaşım çalışmalarında YSA'nın kullanım alanları aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır:

- Sürücü davranışları / özerk araçlar,
- Araç algılama / sınıflama,
- Trafik işlemleri / Trafik kontrolü / Trafik düzeni analizi ve yol trafiği kontrolü,
- Trafik tahmini / seyahat süresi tahmini / başlangıç varış zamanının tahmini,
- Trafik parametrelerinin değerlendirilmesi/ parametre tahmini,
- Ulaşım altyapısının bakımı / yol yüzeyinin değerlendirilmesi,
- Trafik doku analizi ve kaza tespiti,
- Ulaştırma politikası ve ekonomisi
- Altyapı yönetimi, bakım ve rehabilitasyon,
- Güvenlik ve insan davranışı,
- Planlama ve çevre, (Dougherty, 1995; Karlaftis ve Vlahogianni, 2011; Pamula, 2016)

Pamula'ya (2016) göre YSA, ulaşım çalışmalarında, sınıflandırma ve kümeleme; fonksiyon yaklaşımı ve zaman serisi analizi ve tahmini yapmak amacıyla kullanılmıştır (Tablo 18). Tahmine ve zaman serisi analizine dayalı çalışmalar daha yoğunlukta olurken genelde çok katmanlı sinir ağı tipolojisi kullanılmıştır. En yaygın kullanan YSA tipi ise ileri beslemeli geri yayılımlı ağlar olduğu görülmüştür (Dougherty,1995; Pamula, 2016).

Tablo 18. YSA'nın kullanım alanlarına göre ulaşım araştırma konularının karşılaştırılması (Pamula,2016)

| | YSA'nın kullanım alanları | | |
|---|---|---|---|
| Ulaşımda araştırma konuları | Sınıflandırma ve kümeleme, | Fonksiyon yaklaşımı | Zaman serisi analizi ve tahmini |
| Trafik tahmini/ seyahat süresi tahmini/ başlangıç varış zamanının tahmini | | | ■ |
| Trafik kontrolü/ Trafik düzeni analizi ve yol trafiği kontrolü | | ■ | ■ |
| Trafik parametrelerinin değerlendirilmesi/ Parametre tahmini | ■ | ■ | ■ |
| Ulaşım altyapısının bakımı/ Yol yüzeyinin değerlendirilmesi | | ■ | ■ |
| Ulaştırma politikası ve ekonomisi, | ■ | | ■ |
| Sürücü davranışı ve özerk araçlar. | ■ | | |

### 1.3.3.1. Yapay Sinir Ağları ve Toplu Ulaşım

YSA, öğrenme yeteneği, genelleme yeteneği ve uyarlanabilirliğiyle kullanıcılara tahmin, karşılaştırma ve değerlendirme yapabilme imkânı sunmaktadır (Jain vd,1996; Gharehbaghi, 2016). Bu özellikleri ile YSA'lar toplu ulaşım çalışmalarında da yaygın olarak tercih edilmektedir. Pekel ve Kara, (2017) YSA kullanılarak yapılan toplu ulaşım çalışmalarını problem tiplerine göre sınıflamıştır. Bu problem tipleri aşağıdaki gibidir:

- Tahmin
- Karşılaştırma
- Değerlendirme ve analiz
- Minimize ve maksimize (Pekel ve Kara, 2017).

YSA kullanılarak toplu ulaşım ile ilgili farklı amaçlar doğrultusunda birçok çalışma yapılmıştır (Tablo 19).

Tahmine yönelik yapılan çalışmalar diğer problem tiplerine göre daha fazla ilgi görmektedir. Seyahat süresi tahmini, trafik akımı tahmini, varış zamanı tahmini ve yolculuk talep tahminleri genel olarak daha fazla ilgi gören çalışmaların başında gelmektedir (Tablo 19).

En yaygın toplu taşıma aracı olarak otobüsün seyahat süresinin tahmine yönelik yapılmış çalışmalar literatürde önemli yer tutmaktadır (Chien vd., 2002; Chen vd. 2005; Padmanaban vd., 2009; Vanajakshi vd., 2009; Khosravi vd., 2011; Yu vd., 2011; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2012; Dong vd., 2013; Deng vd., 2013; Gurmu ve

Fan, 2014; Wang vd., 2014; Amita vd., 2015; Čelan ve Lep, 2017; Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Shalaby ve Farhan, 2004; Yu vd., 2010; Lin vd., 2013; Wang vd. 2014).

YSA, trafik akımı tahmininde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Çetiner vd., 2010, Dia, 2011, Xia vd., 2016, Jin ve Sun, 2017, Yin vd., 2002). YSA'nın toplu taşımada yaygın olarak kullanıldığı bir diğer alan ise mod seçimidir (Xie, vd., 2003; Çelikoğlu, 2006; Yuen vd., 2013; Assi vd., 2018; Dabiri ve Heaslip, 2018). Assi vd., (2018) çok katmanlı YSA kullanarak; Xie, vd. (2003), Çelikoğlu (2006) ileri beslemeli geri yayılımlı sinir ağı modeli kullanarak; Omrani (2015) ise Radyal Tabanlı YSA modeli kullanarak yolculuk mod seçimi tahmini yapmıştır.

YSA kullanılarak farklı toplu taşıma modları için talep tahmini yapılarak sistemlerin verimli çalışılmasına yönelik öneriler getirilmiştir (Çelebi vd., 2009; Ma vd., 2014). Çelebi vd., (2009) hafif raylı sistemler için; Ma vd., (2014) otobüs sistemleri için YSA kullanarak talep tahmini gerçekleştirmiştir. Faghri ve Aneja (1996), Guan vd., (2002), Goel vd.,(2008), Chiang vd., (2011), Dou vd., (2015) çalışmalarında toplu taşımaya olan toplam yolculuk talebini tahmin etmeye çalışmışlardır. Dou vd., (2015) çalışmasında geri yayılımlı sinir ağı kullanmıştır.

Wei ve Chen (2012) metro sistemlerinde kısa vadeli yolcu akışını; Xie vd., (2014) yüksek hızlı demiryolu sistemlerinde yolcu akışını ve Özuysal vd., (2012) hafif raylı sistemlerde kısa vadeli yolcu akışını YSA kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Wei ve Chen (2012) çalışmasında geri yayılımlı YSA modelini kullanmıştır. Segundo vd., (2014), Çelikoğlu (2005), Çelikoğlu ve Akad (2005), Ma vd., (2014),( Liu vd., 2017) toplu taşıma sistemleri için toplam yolcu akım tahmininde bulunmuştur. Çelikoğlu (2005) radyal temelli fonksiyon sinir ağlarını kullanırken Çelikoğlu ve Akad, (2005) İstanbul'daki AKBİL verileri kullanarak yaptığı tahminde ileri beslemeli geri yayılımlı sinir ağını kullanmıştır. Wang vd., (2015) yaya akışı ile etki eden faktörler arasındaki ilişki analiz ederek tahmin modeli oluşturmuştur.

Pei vd., (2013) yüksek hızlı demiryolu istasyonlarındaki bekleme süresini; Peters vd., (2005) ise tren istasyonundaki gecikmelerden kaynaklı yolcu bekleme süresini tahmin etmiştir.

Segundo vd., (2016) ve Salvo vd., (2017) otobüsün seyahat hızını tahmin ederek, otobüs sistemlerinde gecikme ve rötara dayalı stratejilerin geliştirmeyi amaçlamışlardır.

Kumar vd., (2012) toplu taşımanın neden olduğu trafikteki gürültüyü tahmin etmeye çalışmıştır. Geem (2011) enerji üzerinde durarak toplu ulaşım sistemlerinde enerji talep tahmininde bulunmuştur.

YSA toplu taşımada karşılaştırma yapmak amacıyla da kullanılmaktadır. Çelikoğlu ve Cığızoğlu (2007) radyal tabanlı sinir ağıyla ileri beslemeli sinir ağlarını karşılaştırarak yolcu akım tahmininde bulunmuştur.

YSA toplu taşımada değerlendirme ve analiz yapmak amacıyla da kullanılmaktadır. Costa ve Markellos (1997), Garrido vd., (2014) çok katmanlı sinir ağlarını kullanarak, Shen ve Li (2014) ayrık hopfield sinir ağlarını kullanarak toplu taşıma hizmetlerinin servis kalitesini ve müşteri memnuniyetini değerlendirmiştir.

Rahman vd., (2016) ara toplu taşıma sistemleri için servis kalitesini değerlendirmiştir. Tian vd., (2016) hibrit elektrikli otobüslerde enerji durumunu değerlendirmiştir. Kadiyala vd., (2013) toplu taşımanın hava kirliliği üzerindeki etkisini irdelemiştir. Dantas vd., (2002) toplu taşımada kullanıcı tercihleri üzerinde durmuştur. Nugroho vd., (2011) hızlı otobüs sistemlerinin kirlilik üzerindeki etkisini araştırmıştır. Goh vd., (2014) otobüs öncelikli yollarda yol güvenliği performansı ve otobüse bağlı kazalar hakkındaki bulgular üzerinde durmuştur. Jimenez vd., (2014) Toplu taşıma sistemlerinde hareketle ilgili istatistiki bilgilerin olmadığı durumlarda şehir içi otobüs güzergâhlarını YSA ile kümelenerek sınıflandırılmıştır.

Tablo 19. Toplu taşıma problemlerinde YSA modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar ve amaçları (Pekel ve Kara, 2017)

| Problem tipi | Çalışmanın amacı | Kaynak |
|---|---|---|
| Tahmin | Otobüs seyahat süresi tahmin | Chien vd., 2002; Chen vd., 2005; Padmanaban vd., 2009; Vanajakshi vd., 2009; Khosravi vd., 2011; Yu vd., 2011; Mazloumi vd., 2011 ; Mazloumi vd., 2012; Dong vd., 2013; Deng vd., 2013; Gurmu ve Fan, 2014; Wang vd., 2014; Amita vd., 2015; Čelan ve Lep, 2017 |
| | Otobüs varış zamanı tahmini | Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Shalaby ve Farhan, 2004; Yu vd., 2010; Lin vd., 2013; Wang vd. 2014 |
| | Trafik akımı | Yin vd., 2002; Çetiner vd., 2010; Dia, 2011; Hodge vd., 2011; Nagare ve Bhatia 2012; Xia vd., 2016; Jin ve Sun, 2017; Zhong vd., 2018 |
| | Yolculuk mod seçimi | Çelikoğlu, 2006; Omrani, 2015; Xie, vd. 2003; Assi vd., 2018; Dabiri ve Heaslip, 2018 |

Tablo 19'un devamı

| | | |
|---|---|---|
| | Rota seçimi | Yuen vd., 2013 |
| | Yolcu talep tahmini/yolculuk üretimi | Faghri ve Aneja, 1996; Goel vd., 2008; Çelebi vd., 2009; Chiang vd., 2011; Ma vd., 2014; Guan vd., 2002; Dou vd., 2015; Zhou vd., 2016 |
| | Yolcu akımı | Çelikoğlu , 2005; Çelikoğlu ve Akad, 2005; Çelikoğlu ve Cığızoğlu, 2007b ; Wei ve Chen , 2012; Xie vd., 2014; Segundo vd., 2014; Özuysal vd., 2014; Ma vd., 2014; Wang vd., 2015; Yu vd., 2016; Liu vd., 2017 |
| | Gürültü kirliliği | Kumar vd., 2012 |
| | Hız tahmini | Salvo vd., 2017 |
| | Bekleme süresi | Peters vd., 2005; Pei vd., 2013; Segundo vd., 2016 |
| | Enerji | Geem, 2011 |
| Karşılaştırma | Yolcu akımı | Çelikoğlu ve Cığızoğlu, 2007a |
| | Performans ölçümü, hizmet kalitesi | Costa ve Markellos, 1997; Shen ve Li, 2014; Garrido, vd., 2014; Ona ve Garrido, 2014; Agarwal, 2016; Rahman vd., 2016 |
| Değerlendirme ve analiz | Hava kalitesine etkisi<br>Toplu taşımada kullanıcı tercihleri | Kadiyala vd., 2013; Nugroho vd., 2011<br>Dantas vd., 2002 |
| | Güvenlik | Goh vd., 2014 |
| | Sınıflandırma | Jimenez vd., 2014 |
| | Enerji | Tian vd., 2016 |
| Minimize ve maksimize | Optimizasyon | Stella vd., 2006; Migliore ve Catalano, 2007; Shen ve Kong, 2009 |

YSA toplu taşımada optimizasyon amacıyla da kullanılmaktadır (Stella vd., 2006, Migliore ve Catalano, 2007, Shen ve Kong, 2009). Stella vd., 2006, hafif raylı sistemlerde, Shen ve Kong ( 2009) otobüs sistemlerinde seyahat süresi varyansının en aza indirilmesi için YSA modeli önermiştir. Migliore ve Catalano (2007) toplu taşıma sistemlerinde otobüs hattının optimizasyonu üzerinde durmuştur.

#### 1.3.3.2. Yapay Sinir Ağları ve Otobüs Seyahat Süresi Tahmini

YSA kullanılarak ara toplu taşımada seyahat süresinin tahmin edildiği çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Fu ve Rilett (2000) çalışmasında çağrılı taşımacılıkta talebin geldiği noktaların konumsal verilerini kullanarak, seyahatlerde oluşacak rotaların yolculuk sürelerini tahmin etmek için yapay sinir ağı tabanlı bir yöntem geliştirmiştir. Çağrılı taşımacılık araçları için geliştirilen bu yöntemle etkili araç yönlendirme programı yapılması amaçlanmaktadır. Çalışmada başlangıç ve bitiş noktalarının konum bilgileri,

mesafe bilgileri ile kalkış zamanı girdi olarak kullanılmıştır. Güncel bazı çalışmalarda ara toplu taşıma kullanıcıları ve işletmecileri için seyahat süresine vurgu yapılmaktadır (Ukam vd., 2023a ve Ukam vd., 2023b). Ukam vd., (2023a) ve Ukam vd., (2023b) ara toplu taşımada yolculuk süresini etkileyen faktörler üzerinde durmuştur. Çoklu regresyon yöntemi kullanılarak bu faktörlerin etki oranları belirlenmeye çalışmışlardır. Ukam vd., (2023a) yaptığı çalışmanın ara toplu taşımada yolculuk sürelerini etkileyen faktörleri araştıran ilk örnek olduğunu belirtmektedir. Ukam vd., (2023a) yaptığı çalışmasında farklı değişkenler kullanarak, ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörleri "güzergâhın belirli bir bölümünün uzunluğu (km olarak)" , "yolcu indirme ve bindirmede geçen ortalama süre" ve "güzergâhın belirli bir bölümünde kırmızı ışıklarda harcanan ortalama süre" olarak bulmuştur. Bu çalışma, tezin kurgusundan sonra yayımlanmış olması nedeniyle, girdilerin belirlenmesinde kullanılamamıştır. Ayrıca yazında, YSA veya farklı yöntemler kullanılarak ara toplu taşımada seyahat süresinin tahminine yönelik başka çalışmalara rastlanmadığından tez kapsamında otobüs seyahat süresine yönelik yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar amaçları, kullandıkları yöntemler, çalışma kapsamı, veri kaynağı, verilerin toplanma süresi ve YSA modellerinin içeriklerine göre detaylı olarak analiz edilerek karşılaştırılmıştır.

Otobüs seyahat süresi tahmin problemlerinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemler tarihsel verilere dayalı modeller ( Xu ve Ying, 2017, Yu vd., 2017), Kalman Filtresi ( Deeshma ve Verma. 2015; Kumar vd., 2017) , Destek Vektör Makinesi (Hernandez, 2014; Bai vd., 2014; Bın vd., 2006; Pengvd., 2018), Regresyon Analizi (Arhin vd., 2015), K-En Yakın Komşu Algoritması ( Yu vd., 2018; Jairam vd., 2018; Kumar vd., 2019), istatistiksel analiz metotları (Zhang ve Teng, 2013 ), zaman serisi analizleri (Comi vd., 2017) şeklindedir.

Bir diğer en yaygın kullanılan yöntem ise YSA'dır ( Chien vd., 2002; Chen vd., 2004b; Mazloumi vd., 2009; Mazloumi vd., 2010; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2012; Raut ve Goyal, 2012; Gurmu ve Fan, 2014; Treethidtaphat vd., 2017; Jiang, 2017; Jabamony ve Shanmugavel, 2019). Bu çalışmalarda sadece YSA kullanılarak tahmin yapılmıştır. Zaki vd., (2014) YSA ile Kalman Filtresini; Khetarpaul vd., (2015) ise YSA ile Bulanık Mantığı birlikte kullanarak hibrit bir model geliştirmiştir. Chen vd., (2004b) tahmin modelinde öngörülmeyen gecikmelerin etkisini hesaba katmak için YSA ile birlikte çalışan Kalman Filtreleme tekniğine dayalı dinamik bir algoritma geliştirmiştir. Zhang vd.,

(2017) otobüs varış zamanını tahmininde MapReduce Kümeleme Analizi ve Sinir Ağı kombinasyonuna dayanan bir yöntem geliştirmiştir

Otobüs seyahat süresi tahmin problemlerinde YSA'nın tahmin sonuçları, farklı yöntemlerle de karşılaştırılmıştır (Wang vd., 2014; Amita vd., 2015; Amita vd., 2016; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Wang vd., 2014; Amita vd., 2015; Lin vd., 2013; Kumar vd., 2014; Lin vd., 2013; Kumar vd., 2014; Jeong ve Rilett, 2004; Jeong ve Rilett, 2005; Shalaby ve Farhan, 2004; Fan ve Gurmu, 2015; Kumar vd., 2017; Fan ve Gurmu, 2015; Shalaby ve Farhan, 2004; Yu vd., 2011). Wang vd., (2014), Amita vd., (2015), Amita vd., (2016), Agafonov ve Yumaganov, (2019b) YSA'nın tahmin değerlerini regresyon modelinin tahmin değerleriyle karşılaştırmıştır. Wang vd., (2014) ve Amita vd., (2015) YSA'nın regresyona kıyasla daha iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir. Lin vd., (2013), Kumar vd., (2014) YSA ile yapılan tahmin sonuçlarını kalman filtresi ile karşılaştırmıştır. Lin vd., (2013) YSA'nın kalman filtresinden daha iyi sonuç ürettiğini, Kumar vd., (2014) ise büyük veri tabanı olan problemlerde YSA'nın daha avantajlı olduğunu sonucuna varmıştır. Jeong ve Rilett, (2004), Jeong ve Rilett, (2005) YSA, Regresyon ve geçmiş verilere dayalı modelleme ile yapılmış tahmin sonuçlarını karşılaştırmış ve YSA'nın daha iyi sonuçlar ürettiği sonucuna varmıştır. Shalaby ve Farhan, (2004), Fan ve Gurmu, (2015), Kumar vd., (2017) tahmin sonuçlarını karşılaştırmada tarihsel ortalama mod, regresyon, YSA ve Kalman Filtresi yöntemlerini kullanmıştır. Fan ve Gurmu, (2015) YSA'nın diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar ürettiğini tespit ederken Shalaby ve Farhan, (2004) ise kalman filtresinin daha iyi sonuçlar ürettiğini tespit etmiştir. Yu vd., (2011) tahmin modelinde Destek Vektör Makineleri, YSA, K-En Yakın Komşu Algoritması, Doğrusal regresyon yöntemlerini kullanmıştır ve Destek Vektör Makinelerinin daha iyi tahmin ettiği sonucuna varmıştır.

Otobüs seyahat süresinin tahmin edildiği birçok çalışma yapılmıştır (Tablo 22). Bu çalışmalardan

Chien vd., (2002), Chen vd., (2004a), Chen vd., (2004b), Jeong ve Rilett (2005), Lin vd., (2013), Dong vd., (2013), Wang vd., (2014), Amita vd., (2015) YSA kullanılarak gerçekleştirilen otobüs seyahat süresi tahmininde geçmiş verileri ve gerçek zamanlı durum bilgilerini birleştiren bir yaklaşım önermektedir. Raut ve Goyal (2012) mevsimsel değişikliklere dayalı bir otobüs varış zamanı tahmin modeli geliştirmiştir. Gurmu ve Fan, (2014), Amita vd., (2016), Jiang (2017) sadece GPS verilerini kullanarak otobüs varış zamanı tahmin eden dinamik bir model önermiştir. Jeong ve Rilett (2004) önceki

araştırmaların trafik sıkışıklığına ve duraklarda bekleme sürelerine değinmediğine vurgu yaparak bu verileri de tahmin modeline dâhil etmiştir. Mazloumi vd., (2009), Mazloumi vd., (2012) trafik akışı verilerini de dâhil eden çok değişkenli model ile tahmin modelini geliştirmiştir.

Shen ve Kong (2009) bulanık YSA modeli kullanarak etkili seyahat süresi tahmini için trafik koordinasyonun sağlanmasını önermiştir. Khosravi vd., (2011) ise seyahat süresi tahmini için YSA modelinde delta tekniği uygulamıştır. Yu vd., (2011) yolcu memnuniyeti için farklı rotalara göre otobüs seyahat süresi tahmininde bulunmuştur. Mazloumi vd., (2012) trafik akımının otobüs seyahat süresine olan etkisi üzerinde durmuştur. Gurmu ve Fan (2014), GPS verilerini kullanarak otobüs seyahat zamanlarının doğru tahminini sağlayabilen dinamik bir (YSA) modeli geliştirmiştir.

Bir diğer önemli çalışma konusu ise otobüs varış zamanının tahminidir (Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Shalaby ve Farhan, 2004; Lin vd., 2013; Wang vd. 2014). Wang vd., (2014) otobüs varış zamanı tahmininde geçmiş verileri ve gerçek zamanlı durum bilgilerini birleştiren bir yaklaşım önermiştir. Chen vd., (2004a, 2004b) otomatik yolcu gişe sayaç verilerini kullanarak otobüs varış zamanını tahmin etmiştir. Shalaby ve Farhan (2004), Chen vd., (2005) otobüs varış zamanını tahmininde otomatik araç konumu (AVL) ve otomatik yolcu sayma (APC) sistemlerini kullanmıştır.

Mazloumi vd., ( 2011), Zaki vd., (2014), Khetarpaul vd., (2015), Fan ve Gurmu, (2015), Treethidtaphat vd., (2017) rota boyunca herhangi bir durağa otobüsün varış zamanının tahminine yönelik modeller sunmaktadır. Jabamony ve Shanmugavel, (2019) internet özellikli otobüslerin belirli otobüs duraklarına varış saatini tahmin eden akıllı toplu taşıma sistemi önermiştir. Yin vd., (2017) çoklu yollarla belirli bir durağa otobüs varış süresini tahmin etmek için destek vektör makinesi (SVM) ve YSA'ya dayalı yeni bir tahmin modeli önermiştir. Hua vd., (2018) bir önceki duraktan gelen gerçek veriler girdi olarak kullanarak ulaşılmak istenen durağa otobüsün varış zamanını tahmin eden bir model önermiştir.

Shalaby ve Farhan (2004) yolculara, yolcu bilgi servisleri aracılığıyla, otobüs varış ve kalkış saatleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayabilen bir model geliştirmiştir. Yu vd., (2011) aynı otobüs durağına farklı güzergâhlarla varış zamanları tahmin etmek için modeller önermektedir. Liu vd., ( 2020) zaman-mekânsal özellik vektörlerine dayanan uzun kısa vadeli hafıza ağları ile YSA'yı birleştirerek kapsamlı bir tahmin modeli

oluşturmuştur. Kumar vd., (2017) seyahat süresinde hem zamansal ve hem de mekânsal varyasyonları dikkate alan bir tahmin yöntemi geliştirmiştir.

YSA yöntemi kullanılarak otobüs seyahat süresinin tahmin edildiği çalışmalarda veriler genellikle otobüslerde bulunan GPS, AVL, APC, AFC gibi cihazlardan elde edilmektedir. Bazı çalışmalarda sadece GPS verileri kullanılırken (Mazloumi vd., 2009; Mazloumi vd., 2010; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2012; Kumar vd., 2014; Zaki vd., 2014; Amita vd., 2015; Amita vd., 2016; Treethidtaphat vd., 2017; Jiang, 2017; Kumar vd., 2017; Zhang vd., 2017; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Pang vd., 2019; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Liu vd., 2020) bazı çalışmalarda AVL verileri (Jeong ve Rilett, 2005), bazı çalışmalarda ise APC verileri (Chen vd., 2004a, Chen vd., 2004b), kullanılmaktadır. Chien vd., (2002), Shalaby ve Farhan, (2004), Hua vd., (2018) AVL ve APC verilerini; Jeong ve Rilett, (2004), Dong vd., (2013), Gurmu ve Fan, (2014), Fan ve Gurmu, (2015), Khetarpaul vd., (2015) ise GPS ve AVL verilerini birlikte kullanmıştır. Bu cihazlardan elde edilen veriler YSA modelindeki girdi değerlerini oluşturmuştur. Yu vd., 2011 veri kaynağı olarak otobüs durağının yakınından çekilen video kayıtlarını ve yapılan anketleri kullanmıştır. Jabamony ve Shanmugavel (2019) tahmin modelinde kullandığı trafik yoğunluğu ve hava durumu bilgilerini "Google map" üzerinden hesaplayarak kullanmıştır.

Yapılan çalışmalarda çok katmanlı YSA modellerinin eğitim sürecinde en yaygın olarak kullanılan algoritma ileri beslemeli geri yayılımlı algoritmadır (Chien vd., 2002; Mazloumi vd., 2009; Yin vd., 2017; Jabamony ve Shanmugavel, 2019). Bunun yanında geri beslemeli (Jeong ve Rilett, 2004; Chen vd., 2004a; Jeong ve Rilett, 2005; Lin vd., 2013; Amita vd., 2015; Khetarpaul vd., 2015; Amita vd., 2016; Zhang vd., 2017) ve ileri beslemeli (Mazloumi vd., 2010; Mazloumi vd., 2011; Jiang, 2017) algoritmalar da kullanılmaktadır. Çok katmanlı YSA modelleriyle birlikte özyinelemeli sinir ağları (Raut ve Goyal, 2012; Zhou vd., 2019; Pang vd., 2019; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Liu vd., 2020) Radyal temelli fonksiyon sinir ağları (Wang vd., 2014) derin sinir ağı modelleri (Treethidtaphat vd., 2017) ve uzun kısa vadeli bellek (Agafonov ve Yumaganov, 2019a) modelleri de tahmin amaçlı kullanılmıştır.

YSA'nın performansı aktivasyon fonksiyonlarına ve öğrenmede kullanılan eğitim fonksiyonuna da bağlıdır. Jeong ve Rilett (2004) on üç farklı eğitimi fonksiyonunu tahmin modelinde kullanmış ve en iyi performansın Levenherg-Marquardt algoritmasıyla sağlandığını bulmuştur. Gurmu ve Fan (2014), Dong vd. (2013), Kumar vd. (2014) tahmin

modelinde Levenherg-Marquardt geri yayılım algoritmasını kullanmıştır. Amita vd. (2016) Levenherg-Marquardt geri yayılım algoritmasını ile birlikte bayesyen düzeltmeye dayalı geri yayılım algoritması kullanmıştır. Jeong ve Rilett (2004), Jeong ve Rilett (2005) aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant fonksiyonunu; Chen vd., (2004a) hiperbolik tanjant ve sigmoid fonksiyonu birlikte kullanmıştır. Khetarpaul vd., (2015) Geri Yayılma algoritmasında Widrow-Hoff delta öğrenme kuralına göre sinir ağını eğitmiştir.

Yapay sinir ağının performansı, modelde kullanılan girdi değerlerinin doğru bir şekilde belirlenip elde edilmesiyle de doğrudan ilişkilidir (Mazloumi vd., 2011). Otobüs seyahat süresinin tahminin yapıldığı çalışmalarda bekleme süresi, rötar, hız, hava durumu, haftanın günü, günün saati, yolculuk süresi gibi değişkenler kullanılmıştır (Tablo 20). Yapılan çalışmalarda kullanılan girdiler problemin amacına göre değişkenlik göstermektedir. Tablo 20'den elde edilen çıkarımlar doğrultusunda dolmuşun seyahat süresi tahmininde kullanılacak girdiler belirlenmiştir.

Tablo 20. Otobüs sehayat süresi tahmininde YSA modellerinde kullanılan girdiler

| Girdi | Kaynak |
|---|---|
| Bekleme süresi/ Duraklarda geçen bekleme süresi | Wang vd., 2014; Jeong ve Rilett, 2004; Chen vd., 2004a; Amita vd., 2015; Amita vd., 2016<br>Jeong ve Rilett, 2005; Zhang vd., 2017; Hua vd., 2018; Jabamony ve Shanmugavel, 2019; Zhou vd., 2019; Mazloumi vd., 2009 |
| İnen / binen yolcu sayısı | Wang vd., 2014; Amita vd., 2016 |
| Otobüsteki yolcu sayısı | Jabamony ve Shanmugavel, 2019; Zhou vd., 2019 |
| Rötar/ Tarifeye bağlılık | Wang vd., 2014; Amita vd., 2015; Chen vd., 2004a; Chien vd., 2002; Khetarpaul vd., 2015; Lin vd., 2013; Jeong ve Rilett, 2004; Mazloumi vd., 2010; Jeong ve Rilett, 2005; Mazloumı vd., 2011; Mazloumi vd., 2011; Mazloumi vd., 2009 |
| Hız/ ortalama hız/ | Chen vd., 2004a; Zaki vd., 2014; Chien vd., 2002; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Khetarpaul vd., 2015; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Treethidtaphat vd., 2017; Dong vd., 2013; Jabamony ve Shanmugavel, 2019; Yin vd., 2017; Kumar vd., 2017 |
| İki durak arasındaki hareket hızı | Wang vd., 2014 |
| Anlık hız | Treethidtaphat vd., 2017; Dong vd., 2013 |
| Mesafe/ Rota uzunluğu | Wang vd., 2014; Chien vd., 2002; Pang vd., 2019; Treethidtaphat vd., 2017; Jabamony ve Shanmugavel, 2019; Jeong ve Rilett, 2004; Zhou vd., 2019 |
| Belirli otobüs durakları arasındaki mesafe | Amita vd., 2015; Chien vd., 2002 |
| Tıkanıklık/ Trafik hacmi/ Trafik yoğunluğu | Chen vd., 2004a; Mazloumi vd., 2010; Zaki vd., 2014; Mazloumı vd., 2011; Chien vd., 2002; Mazloumi vd., 2011; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Jabamony ve Shanmugavel, 2019<br>Mazloumi vd., 2009; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Chen vd., 2004a; Zhang vd., 2017; Raut ve Goyal, 2012 |
| Yolculuk talebi | Chen vd., 2004a; Chien vd., 2002 |
| Hava durumu | Chen vd., 2004a; Mazloumi vd., 2010; Chen vd., 2004b; Zaki vd., 2014; Mazloumı vd., 2011; Zhang vd., 2017; Raut ve Goyal, 2012; Mazloumi vd., 2009; Jabamony ve Shanmugavel, 2019 |

Tablo 20'nin devamı

| | |
|---|---|
| Zaman/ Günün saati | Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Zhang vd., 2017; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Treethidtaphat vd., 2017; Jabamony ve Shanmugavel, 2019; Lin vd., 2013; Lin vd., 2013; Mazloumi vd., 2009; Gurmu ve Fan, 2014; Jiang, 2017; Fan ve Gurmu, 2015; Khetarpaul vd., 2015; Kumar vd., 2014; Chen vd., 2004a |
| Gün/ Haftanın günü/ hafta sonu/ tatil günleri | Chen vd., 2004a; Chen vd., 2004b; Zaki vd., 2014; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Zhang vd., 2017; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Treethidtaphat vd., 2017; Mazloumi vd., 2009; Lin vd., 2013 |
| Araç konumu/enlem/boylam | Chen vd., 2004a; Jiang, 2017; Treethidtaphat vd., 2017; Kumar vd., 2014; Pang vd., 2019; Treethidtaphat vd., 2017 |
| Otobüsün/ terminalinin kodlanmış kimlik numarası | Gurmu ve Fan, 2014; Jiang, 2017; Zhou vd., 2019; Fan ve Gurmu, 2015 |
| Belirli iki durak arasında gecen süre | Gurmu ve Fan, 2014; Fan ve Gurmu, 2015; Yu vd., 2011; Zhang vd., 2017; Hua vd., 2018; Lin vd., 2013; Yin vd., 2017 |
| Otobüsün kalkış saati | Pang vd., 2019 |
| Ortalama kesintisiz yolculuk süresi | Amita vd., 2016 |
| Toplam yolculuk süresi/ Varış zamanı | Mazloumı vd., 2011; Yu vd., 2011; Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Khetarpaul vd., 2015; Agafonov ve Yumaganov, 2019a; Hua vd., 2018; Zhou vd., 2019; Lin vd., 2013; Chen vd., 2004a; Mazloumi vd., 2010; Jeong ve Rilett, 2005; Pang vd., 2019; Jeong ve Rilett, 2004; Lin vd., 2013 |
| Ortalama yolculuk süresi | Agafonov ve Yumaganov, 2019b; Agafonov ve Yumaganov, 2019a |
| Trafik kaza durumları/ | Zhang vd., 2017 |
| Kırmızı ışıkta geçen süre | Jabamony ve Shanmugavel, 2019 |
| Kavşak sayısı /şerit sayısı/ yol türü | Zhou vd., 2019 |
| Yön/ Duraklar/ rota sayısı | Zaki vd., 2014/ Pang vd., 2019 |
| Mekânsal/ zamansal özellik vektörü | Liu vd., 2020 |

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde çalışma alanının belirlenmesi, çalışma alanındaki toplu taşımanın aktarılması, çalışma alanındaki ara toplu taşıma sisteminin irdelenmesi, çalışmada kapsamında sayım yapılacak dolmuş hatlarının belirlenmesi, YSA modelinde kullanılacak girdilerin açıklanması hakkında bilgilere yer verilmiştir.

### 2.1. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmanın amacı, araştırma soruları ve hipotez kapsamında öncelikle çalışma alanındaki toplu taşıma sistemi, türleri ile birlikte ele alınmış, sonrasında ara toplu taşıma sistemi irdelenmiştir. Ara toplu taşıma sisteminin detaylı ele alınmasıyla, sayım yapılacak dolmuş hatları belirlenmiş ve sayımlar gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında çalışma alanı özelinde yapılan irdelemeler ve veri kaynakları aşağıdaki açıklanmıştır.

Toplu taşıma türlerinin incelenmesi, saha çalışması, kurum görüşü ve kaynak taramasıyla gerçekleştirilmiştir. Kurum görüşü olarak Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı'ndan ve Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası bilgi alınmıştır.

Çalışma alanındaki otobüs sitemlerinin güzergâh ve sefer sıklığı, TULAŞ cep telefonu uygulaması verileri kullanılarak üretilmiştir. Trabzon Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Ulaşım Dairesi Başkanlığı'ndan ayrıca hatlara göre taşınan yolcu sayıları elde edilmiştir.

Minibüs ve taksilerin durak yerlerinin ve sefer sıklığının araştırılması için öncelikle Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odasından bilgi alınmıştır. Sonrasında saha çalışması yapılarak minibüs durağındaki toplam araç sayısı, minibüslerin sefer sıklığı, araç koltuk kapasitesi, ortalama yolcu sayıları gibi bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Saha çalışmasında Tablo 21'deki sorular duraktan sorumlu kişilere yöneltilerek sistem hakkında bilgiler toplanmıştır.

Dolmuş sisteminin araştırılması için öncelikle Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odasından, saha çalışmalarına da yön verecek şekilde, yapılandırılmamış görüşmeler tekniğiyle genel bilgiler alınmıştır. Sonrasında, yarı yapılandırılmış görüşme tekniğiyle Ek Tablo 2'de yer alan sorular dolmuş hat görevlilerine yöneltilerek, her bir durak hakkında

detaylı bilgiler elde edilmiştir. Görüşmeler esnasında ayrıca formda yer alan sorular dışında da sohbetler gerçekleştirilerek dolmuş sisteminin yapısı hakkında detaylı bilgiler elde edilmiştir. Çalışma alanındaki tüm dolmuş duraklarının güzergâhlarının çıkarılması araçlara binilerek gerçekleştirilmiştir. GPS tabanlı bir cep telefonu uygulaması olan "Akıllı GPS Hız Kontrol Cihazı-Speedometer" programı kullanılarak her bir durağın güzergâhı elde edilerek sayısal harita üzerine aktarılmıştır.

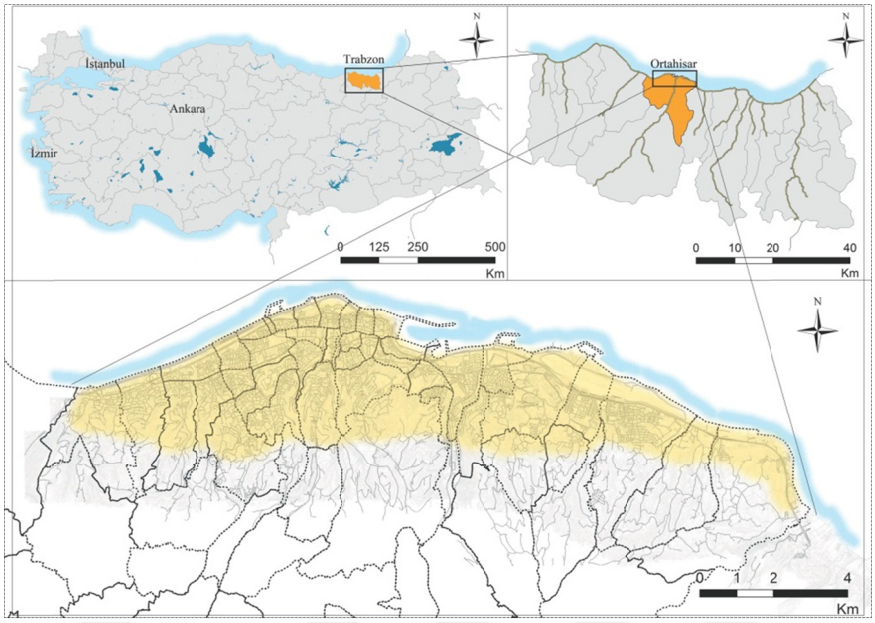
Yapılan çalışmalar, yukarıda özetlenmiş olup ilerleyen bölümlerde detaylı olarak aktarılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde verilen, saha çalışmalarıyla elde edilen veriler ve üretilen haritalar, saha çalışmasının yapıldığı 2019 yılı haziran-aralık dönemine aittir. Bu dönemden sonra çalışma alanında yapılan dolmuş güzergâh ve durak noktalarına ilişkin güncellemeler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Üretilen tüm haritalar 2019 yılındaki durumu göstermektedir.

## 2.2. Çalışma Alanı

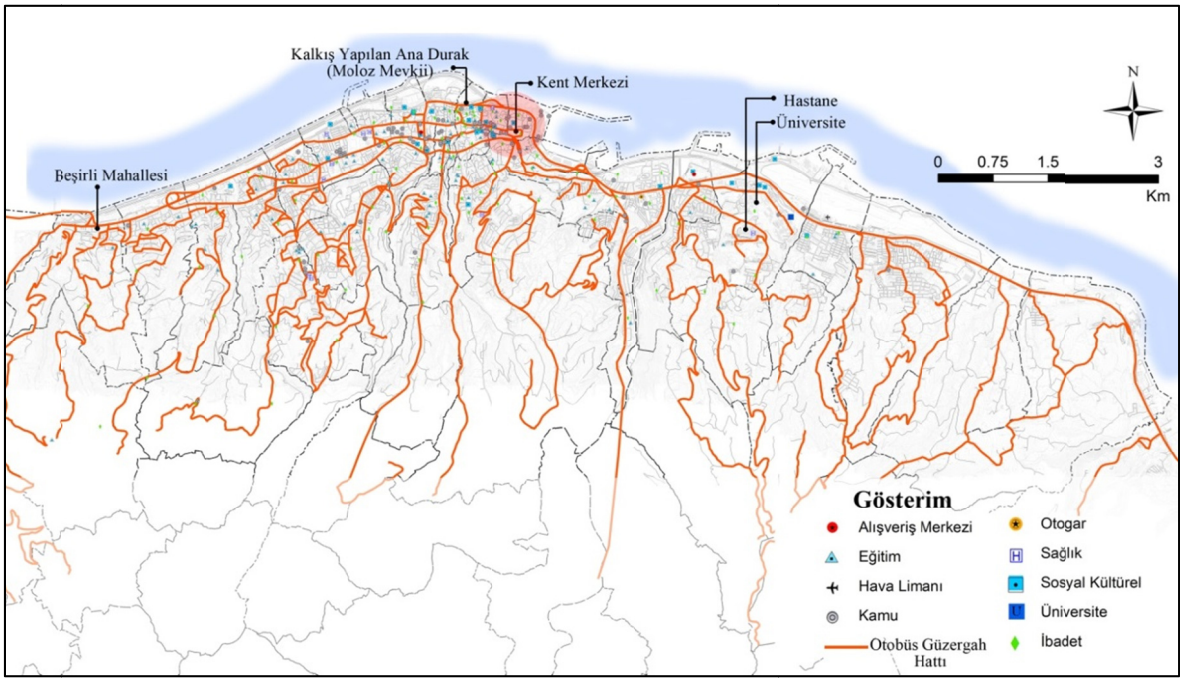
Ara toplu taşıma araçlarının seyahat süresinin YSA ile tahmininde çalışma alanı olarak Ortahisar (Trabzon) ilçe merkezi seçilmiştir (Şekil 22). 6360 sayılı yasa ile 2012 yılı itibariyle büyükşehir olan Trabzon'un merkez ilçesi Ortahisar olarak belirlenmiştir. 2022 yılı TÜİK verilerine göre Ortahisar'ın nüfusu 335.628'dir. Ülkemizde pek çok kentte dolmuş ve minibüs gibi ara toplu taşıma araçları yaygın olarak kullanılmakta ve toplu taşımada kamusal hizmet vermektedir. Çalışma alanı olarak belirlenen Ortahisar kentinde de dolmuşlar, ülkemizde diğer pek çok kentte olduğu gibi, toplu taşımada yükün önemli bir bölümünü karşılamaktadır.

Ortahisar kentinde, toplu taşımada, belediye otobüsü, dolmuş, iş ve okul servisleri ile taksiler kullanılmaktadır. Toplu taşımada yaygın olarak kullanılan diğer türlerden özel halk otobüsü ile minibüsler kent merkezinden ilçelere erişimde hizmet vermektedir.




Şekil 22. Çalışma alanının ülke geneline göre coğrafi konumu

Dünyada ve Türkiye'de en yaygın toplu taşıma aracı olarak kullanılan otobüsler, Ortahisar kentinde te kullanılmakta ve kamu eliyle işletilmektedir. Kentte otobüsler, diğer taşıt trafiğiyle birlikte aynı yolda seyir etmektedir. Kullanılan araçlar 25-30 kişilik midibüslerden 50 kişilik ve 150 kişilik otobüs araçlarına değişen kapasiteler sahiptir.




Şekil 23. Ortahisar kent merkezindeki otobüs hatlarının güzergâhları

Otobüslerin işletilmesi Trabzon Büyükşehir Belediyesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nin resmi internet sitesinden, TULAŞ cep telefonu uygulaması üzerinden derlenen verilere göre ilçeler ve kırsal mahalleler de dâhil olmak üzere işletmede toplam 94 hat bulunmaktadır. Kent içindeki hatların güzergâhları Şekil 23'te gösterilmiştir. Ortahisar kent sınırları içerinde hizmet veren otobüs hat sayısı ise 40'tır.

Otobüslerin depolama yaptığı ve kalkış yaptığı alan kent merkezinin kuzeyinde Moloz mevkiinde bulunmaktadır. Bazı hatlar rink yaparak depolama alanına geri dönerek hizmet verirken bazı hatlar varış noktalarındaki son duraklarda da bekleme yapabilmektedir. Otobüslerin günlük sefer sayıları hatlara göre değişkenlik göstermektedir. Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı'ndan alınan bilgilere göre, kent içindeki hatlar arasında Beşirli-Üniversite hattı, Beşirli–Fatih-Tıp Fakültesi Hastanesi hattı, Köşk-Tıp Fakültesi Hastanesi hattı günlük en fazla seferin olduğu hatlardandır. Bu hatlarda ortama 15 ila 45 dakika da bir sefer düzenlenmektedir. Diğer hatlarda ise sefer sayıları günlük 2 ila 15 arasında değişmektedir. Otobüslerin güzergâhları ile günlük sefer sıklıkları birlikte değerlendirildiğinde kentin batısındaki Beşirli mahallesinden başlayarak kentin doğusunda bulunan üniversite ve hastane arasında doğrusal bir koridor boyunca yoğunluk oluğu görülmektedir. Dönem içerisinde değişkenlik gösterse de Trabzon Büyük Şehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı verilerine göre çalışma alanı sınırları içerisinde 2019 yılı için ( ocak- haziran aylarının otalamalarına göre) günlük 20000-30000 civarı yolcu taşınmaktadır.

Ortahisar kentinde ara toplu taşımada kullanılan minibüsler kırsal yerleşmeler ve kent merkezini diğer ilçelere bağlayan güzergâhlarda çalışmaktadır. Bu araçlar "M" plakalı olup dolmuşlardan ayrılmaktadır. Minibüsler her ne kadar ilçeler arası erişimde kullanılsa da, bazı minibüsler Ortahisar kent sınırları içerisinde de yolcu alımı yapmakta (indi-bindi şeklinde) ve kent içi hareketlilikte rol oynamaktadır. Minibüslerin kent içindeki son durakları ve kalkış yaptıkları ana duraklar kent merkezine yakın üç farklı bölgede gerçekleşmektedir: 1)Moloz Mevkii, 2) Çömlekçi Mevkii, 3) Meydan Mevkii (Şekil 26). Kentin batısında bulunan yerleşimlere erişimde kullanılan minibüsler Moloz mevkiinden kalkış yaparken Kentin güneyinde ve doğusunda bulunan yerleşimlere erişimde kullanılan minibüsler ise Çömlekçi mevkiinden kalkış yapmaktadır. Meydan mevkiinden kalkan minibüsler kentin güney doğusunda bulunan mahallelere erişimde kullanılmaktadır.

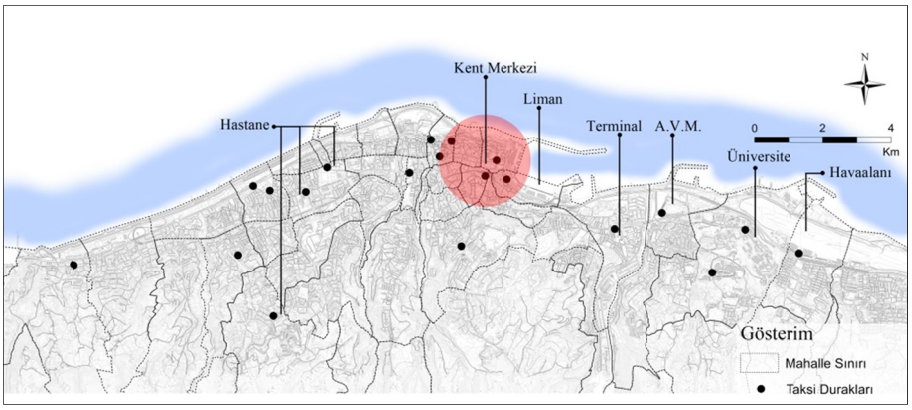
Tablo 21'de yer alan sorular saha çalışmalarıyla elde edilerek minibüslere ilişkin bazı bilgiler toplanmıştır. Sorular ile minibüs durağındaki toplam araç sayısı, minibüslerin sefer sıklığı, araç koltuk kapasitesi, ortalama yolcu sayıları gibi bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Her minibüs durağı için bir kişi ile görüşülmüştür. Görüşmeler genelde, duraktan sorumlu kişi ile yapılmıştır. Durak sorumlusuna erişilemediği durumlarda, minibüs şoförleri ile görüşülerek sorulara cevap aranmıştır. Görüşmeler, 2019 yılı haziran-temmuz döneminde yapılmıştır. Elde edilen bilgilere göre her bir minibüs hattının kendi içerisinde bir sistemde çalıştığı görülmüştür. Bazı minibüs hatları, günün belirli saatlerinde belirli zaman aralıklarına göre hareket programını takip ederken, diğer minibüsler genelde dolunca yâda belli bir yolcu sayısına ulaşınca hareket etmektedir. En fazla minibüsün çalıştığı hat Ortahisar- Akçaabat arasında bağlantıyı sağlayan Akçaabat Minibüs hattıdır. 67 plakanın bulunduğu hatta günlük ortalama 15000 civarı yolculuk akışı sağlanmaktadır. Akçaabat ile birlikte Yomra, Arsin, Araklı, Of ve Vakfıkebir ilçelerine bağlantıyı sağlayan hatlarda da yoğunluk görece olarak fazladır. Kullanılan minibüsler genellikle 16+1 koltuk kapasiteli araçlardan oluşmaktadır. Vakfıkebir minibüs hattında aynı zamanda 27 koltuk kapasiteli midibüslerde kullanılmaktadır. Benzer şekilde Çaykara ve Çarşıbaşı ilçelerine erişimi sağlayan hatlarda 27 koltuk kapasiteli midibüsler de kullanılmaktadır.

Tablo 21. Minibüs hatlarına ilişkin araştırma soruları

| | |
|---|---|
| **S.1.** | Minibüs Hattı: |
| **S.2.** | Toplam Araç Sayısı: |
| **S.3.** | Sabah Başlangıç Saati: İlçe: Merkez:<br>Hafta Sonu (HS) : Hafta Sonu : |
| **S.4.** | Son Sefer Saati: İlçe: Merkez :<br>Hafta Sonu : Hafta Sonu : |
| **S.5.** | Kalkış Saatleri (Düzen/Program)<br>İlçe: Merkezden:<br>HS : HS: |
| **S.6.** | Bir aracın günlük tur sayısı |
| **S.7.** | Koltuk Kapasitesi: |
| **S.8.** | Günde çalışan araç sayısı: Hafta içi:<br>Hafta sonu: |
| **S.9.** | Günlük taşınan ortalama yolcu sayısı:<br>Doluluk Oranı: |

Ortahisar kentinde toplam 169 ruhsatlı taksi bulunmaktadır. Kent genelinde 17 farklı taksi durak noktası belirlenmiştir. Taksi kullanımı kent genelinde yaygın olmayıp talep

anında çağrılarak hizmet vermektedirler. Taksi duraklarının kent genelindeki dağılımına bakıldığında hastane, alışveriş merkezi, otobüs terminali, havaalanı ve kent merkezi civarında yer seçtiği görülmektedir (Şekil 24).



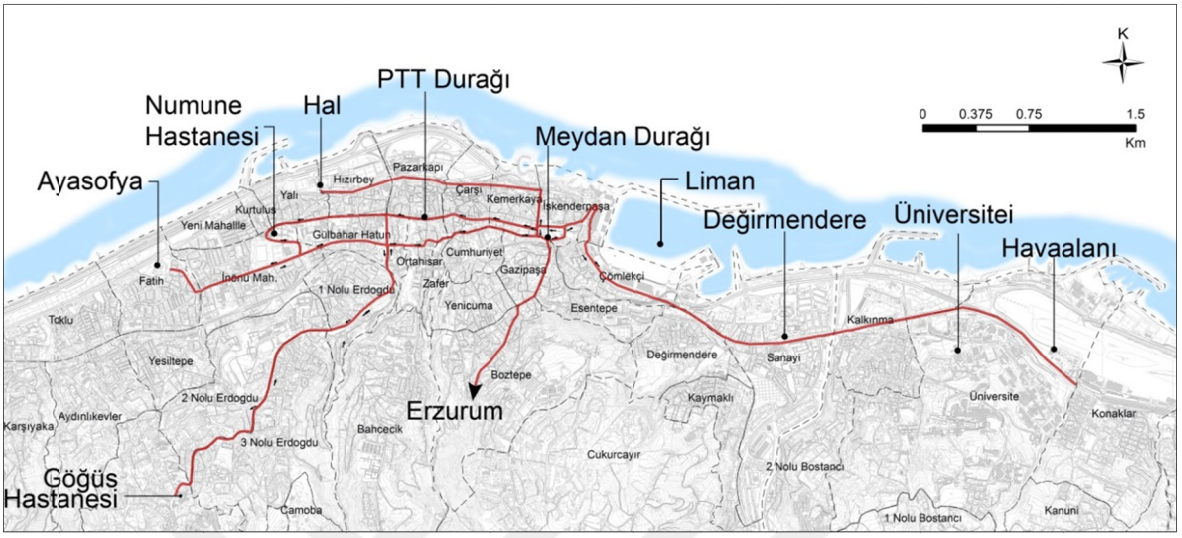

Şekil 24. Ortahisar kentindeki taksi durakları

### 2.3. Ortahisar Kentindeki Dolmuş Seyrinin İrdelenmesi

Dolmuş, dünyada, ülkemizde ve diğer pek çok kentte olduğu gibi, Ortahisar kentinde de toplu taşımada önemli bir yere sahiptir. Ortahisar'da dolmuşun ne zamandır kullanıldığına dair kesin bir bilgi olmamakla birlikte ilk uygulamaların taksi dolmuş şeklinde olduğu bilinmektedir. "SEHL 5020 Proje" ders notlarında (Erkan vd.,2017) 1957 yılında açılan havalimanına erişimi sağlayan ve meydandan kalkış yapan taksi dolmuşlardan bahsedilmektedir. Ayrıca Trabzon Kent İçi Ulaşım Etüdü (1994) final raporunda da, kentin batısında bulunan Ayasofya Mahallesi, Numune hastanesi, Tekel Binası; kentin güneyinde bulunan Erdoğdu Mahallesi ve Göğüs Hastalıkları hastanesi ile kentin doğusunda bulunan üniversite, üniversite hastanesi ve havalimanına taksi dolmuşların düzenli bir şekilde çalıştığından da bahsedilmektedir (Şekil 25).

Trabzon Kent İçi Ulaşım Etüdü (1994) final raporunda hizmet veren taksi dolmuş sayısındaki artışın trafikte olumsuzluklara neden olduğu vurgusu yapılmıştır. Bu kapsamda 02.04.1986 tarihli ve 86/10553 sayılı Bakanlar Kurulunun Ticari Plakaların Verilmesinde Uyulacak Usul ve Esaslar Hakkındaki Kararı'nca 1987 yılında taksi-dolmuş sayılarına sınırlandırma getirilerek araç sayısı 1567 olarak belirlenmiştir. Belirlenen taksi dolmuşların hatlara göre dağılımı Tablo 22'de verilmiştir. O dönemde Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası tarafından yapılan bir düzenleme ile taksi dolmuşların 1/5'i

dinlenmeye alınarak çalışmalarına izin verilmiştir. Taksi dolmuşların kent merkezinde duraklama yapması yasak olduğundan sürekli tur atarak hizmet vermiştir.




Şekil 25. Ortahisar kentinde taksi dolmuşların ilk güzergahları (Erkan vd., 2017 verileri kullanılarak yazar tarafından üretilmiştir.)

Trabzon Kent İçi Ulaşım Etüdü (1994) final raporunda, yolculara sağladığı etkin, hızlı, göreceli olarak konforlu ve güvenilir hizmet düzeyi ile Trabzon'da taksi-dolmuşların toplu taşımadaki önemine değinilmiştir. Kentin güney, güney-batı ve doğusundaki konut ve diğer arazi kullanımlar ile merkez bağlantısını kuran bu araçlar, belirlenmiş hatlarda, büyük bir kısmı sürekli tur atarak, bir kaç hat dışında sabit durakları olmadan ve kent merkezinde bekleme yapmadan hizmet verdiğine de vurgu yapılmıştır.

Tablo 22. Trabzon kent merkezinde hizmet vermiş (2002 yılına kadar) taksi-dolmuş hatları (Trabzon Kent İçi Ulaşım Etüdü, 1994)

| S. No | Hat Adı | Araç Sayısı | S. No | Hat Adı | Araç Sayısı |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | KTÜ Dolmuş Durağı | 41 | 17 | Çamlık Dolmuş Durağı | 38 |
| 2 | SSK Hastanesi Dolmuş D. | 2 | 18 | Çömlekçi Dolmuş Durağı | 11 |
| 3 | Kalkınma Dolmuş Durağı | 53 | 19 | HOS Dolmuş Durağı | 68 |
| 4 | Bahçecik Dolmuş Durağı | 35 | 20 | Cezaevi Dolmuş Durağı | 34 |
| 5 | Erdoğdu Dolmuş Durağı | 38 | 21 | Çatak Dolmuş Durağı | 34 |
| 6 | Fatih Dolmuş Durağı | 180 | 22 | Doğum Hastanesi D. D. | 12 |
| 7 | Toklu Dolmuş Durağı | 26 | 23 | Yavuz Selim Hastanesi D. D. | 5 |
| 8 | Site Dolmuş Durağı | 65 | 24 | Camiyanı Dolmuş Durağı | 27 |
| 9 | Numune Hastanesi Dolmuş D. | 17 | 25 | Yeşiltepe Dolmuş Durağı | 77 |

Tablo 22'nin devamı

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Boztepe Dolmuş Durağı | 32 | 26 | Yenimahalle Dolmuş Durağı | 22 |
| 11 | Kuran-Kursu Dolmuş Durağı | 123 | 27 | Değirmendere Dolmuş D. | 78 |
| 12 | Moloz Dolmuş Durağı | 36 | 28 | Trabzonspor Tesisleri D. D. | 15 |
| 13 | Kuruçeşme Dolmuş Durağı | 54 | 29 | Özel Karadeniz Hastanesi D. D. | 9 |
| 14 | Özen Dolmuş Durağı | 49 | 30 | Beşirli Dolmuş Durağı | 74 |
| 15 | Yıldız Dolmuş Durağı | 15 | 31 | Aydınlıkevler Dolmuş Durağı | 61 |
| 16 | Ayasofya Dolmuş Durağı | 117 | 32 | Çağlayan Dolmuş Durağı | 16 |
| | | | | **Toplam araç sayısı** | **1567** |

Ortahisar kentinde taksi-dolmuş araçlarının kullanımı 2002 yılına kadar devam etmiştir. İl Trafik Komisyonunun 12.07. 2002 tarih ve 2002/31 sayılı kararı doğrultusunda 1567 adet "D" tahdit plakalı 4 yolcu kapasiteli iki taksi dolmuş birleşerek "D" tahdit plakalı 729 adet dolmuşa dönüşmüştür. Güncel dolmuş hatları ve sayıları Tablo 23'te verilmiştir. Saha çalışmasının yapıldığı 2019 yılına göre, dolmuş olarak kullanılmaya başlanılan araçlar 10 yolcu kapasitesine sahip olup genel itibariyle çoğunluğu 20 yaş ve üzerindeki araçlardan oluşmaktadır. Bahsi geçen araçların kullanılmasına yakın tarihe kadar devam edilmiştir.

Tablo 23. Ortahisar kentinde hizmet veren güncel dolmuş hatları ve araç sayıları

| **S.No** | **Dolmuş Hattı** | **Dolmuş Sayısı** | **S.No** | **Dolmuş Hat** | **Dolmuş Sayısı** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aydınlıkevler Dolmuş D. | 42 | 12 | Karşıyaka Dolmuş D. | 34 |
| 2 | Bahçecik Dolmuş D. | 36 | 13 | Fatih-Ayasofya-Kurankursu D.D. | 105 |
| 3 | Batpazarı Dolmuş D. | 11 | 14 | Kuruçeşme Dolmuş D. | 33 |
| 4 | Beşirli Dolmuş D. | 50 | 15 | KTÜ Dolmuş D. | 24 |
| 5 | Boztepe Dolmuş D. | 57 | 16 | Moloz Dolmuş D. | 34 |
| 6 | Çamlık Dolmuş D. | 28 | 17 | Numune Dolmuş D. | 5 |
| 7 | Çatak Dolmuş D. | 25 | 18 | Tesisler Dolmuş D. | 9 |
| 8 | Camiyanı Dolmuş D. | 15 | 19 | Tıp Fakültesi Dolmuş D. | 34 |
| 9 | Çağlayan Dolmuş D. * | 15 | 20 | Yenimahalle Dolmuş D. | 27 |
| 10 | Değirmendere Dolmuş D. | 40 | 21 | Yeşiltepe Dolmuş D. | 36 |
| 11 | Havaalanı Dolmuş D. | 62 | 22 | Yenicuma Dolmuş D. | 7 |
| | | | | **Toplam araç sayısı** | **729** |

*Çağlayan dolmuş hattının kent merkezi dışında bir hizmet etki alanı olduğundan çalışma kapsamında irdelenmemiştir.

Trabzon Büyükşehir Belediye Başkanlığı Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) 25.12.2019 tarih ve 2019/072 sayılı yazı ile ve 05.03.2020 tarih ve 2020/017 sayılı kararları ile kullanılan dolmuş araçlarının yenilenmesi ve modernleşmesi için bir süreç başlatmıştır. Süreç tamamlanarak kullanılan araçlar yenilenmiştir. UKOME'nin 2020/017 sayılı kararında aşağıdaki belirtilen hususlar kabul edilerek uygulanmaya başlanmıştır:

"a) Mevcut "D" tahdit plakalı 10 koltuk kapasiteli dolmuşlar, "D" tahdit plakalı 12+1 koltuk kapasiteli dolmuşlara dönüştürülmüştür.

b) 12+1 koltuk kapasiteli araç modeli ile çalışacak hak sahipleri, mevcut araçlarını belirlenen özellikte araçlar ile değiştirerek mevcut plakaları ile durak/hatlarında çalışmaya devam edeceklerdir.

c) Yeni araçlar trafik tescil tarihine göre 2017 ve üstü model olacaktır. Yaş sınırı sıfır araçlar için 15 (on beş) diğerleri için 12 (on iki) dir.

ç) Araçlar 5378 sayılı Engelliler Hakkında Kanun hükümlerine uygun olacaktır.

d) Araçlar Belediyenin belirleyeceği renkte olacaktır.

e) Araçlar iklimlendirmeli (klimalı) olacaktır.

f) Araçlarda Belediyenin belirleyeceği özelliklerde kontak açıldığında kayda başlayan, dolmuşun şoför mahalli, yolcu bölümü ve dolmuşun seyir güzergahını görüp kayıt altına alan, gece ve gündüz HD ses ve görüntü alınabilen en az I ay süre ile kayıt yapabilen kamera sistemi ve araç takip sistemi kurulacaktır. Kurulacak sistemler Belediyenin Toplu Taşım Filo Yönetim Merkezine entegre olacaktır.

g) Koltuk boşluğu en az 65 cm. olacaktır.

ğ) Araçlar trafik için gerekli bütün teçhizat ile donatılmış olacaktır.

h) Araçlar otomatik kapılı olacaktır.

ı) Araçlarda yolcu verilerini saymak amacıyla uzak bağlantı sağlanabilen sistem kurulacaktır.

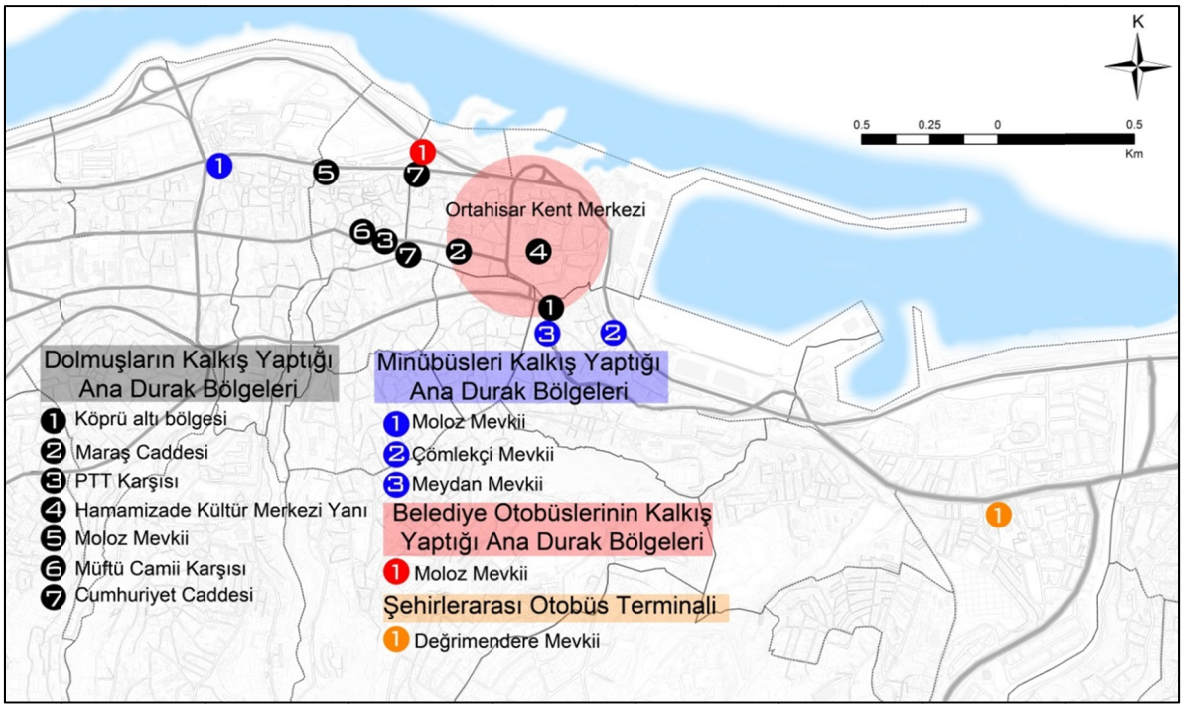
i) Araçlar trafiğe çıkmadan önce Belediyeden "uygunluk belgesi" almak zorundadır."

UKOME'nin kararları doğrultusunda dolmuş araçlarının dönüşümü ile konfor ve kullanım açısından daha nitelikli hizmet veren araçların kullanılmasına başlanması amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında saha çalışmaları UKOME'nin 2020/017 sayılı kararından önce tamamlanmış olduğundan, 10 yolcu kapasitesine sahip araçlara göre tespitler yapılmıştır.

### 2.3.1. Ortahisar Kentindeki Mevcut Dolmuş Sisteminin İrdelenmesi

Çalışma kapsamında irdelenecek dolmuş hatlarını belirlemeden önce Ortahisar kentinde hizmet veren tüm dolmuşların güzergâhları çıkartırmıştır. Bu bağlamda öncelikle kent merkezi ve civarında dolmuşların depolama yaptığı ve kalkış durak yerleri tespit edilmiştir. Tez kapsamında saha çalışmalarının yapıldığı 2019 yılına göre, kent merkezi ve civarında dolmuşların kalkış yaptığı 7 farklı durak bölgesi bulunmaktadır. Bunlar: 1- Meydan Köprü altı bölgesi; 2- Maraş Caddesi; 3-PTT Karşısı; 4- Hamamizade Kültür Merkezi Yanı; 5- Moloz Mevkii; 6- Müftü Camii Karşısı; 7- Cumhuriyet Caddesi (Şekil 26).

Dolmuşların önemli bir bölümü meydan köprü altı bölgesinden ve Maraş Caddesi (PTT karşısı) üzerinden kalkış yapmaktadır. Bazı dolmuş hatları sadece bir noktadan kalkış yaparken, bazı dolmuş hatları ise birden fazla noktadan da kalkış yapabilmektedir. Kalkış yapılan ana durak noktası aynı zamanda dolmuşun güzergâhını da belirlemektedir. Dolmuş hatlarına göre kalkış yaptıkları ana durak bölgeleri Tablo 24'te gösterilmiştir. Kullanılan durak noktaları dolmuşlar tarafından kiralanmakta ve UKOME'nin belirlediği sayıda araç durak noktalarında depolanmaktadır.




Şekil 26. Kent merkezi ve civarında otobüs, dolmuş ve minibüslerin kalkış yaptıkları noktalar

Çalışma kapsamında dolmuş hatlarının güzergâhları, farklı noktadan kalkış yapan dolmuş hatları da dikkate alınarak çıkartılmıştır. Bu aşamada GPS tabanlı bir cep telefonu uygulaması olan "Akıllı GPS Hız Kontrol Cihazı-Speedometer" programı kullanılmıştır. Programın kayıt ettiği veriler manuel olarak hâlihazır harita üzerine aktarılarak dijitalleştirilmiştir. Bazı dolmuş durakları varış noktasına göre farklı hatlara ve güzergâhlara ayrılabilmektedir. Çalışma kapsamında Ortahisar kentindeki tüm dolmuş duraklarının (çalışma kapsamı dışında tutulan Çağlayan-Meydan Dolmuş Durağı hariç) güzergâhları çıkarılmıştır. Ayrıca aynı dolmuş durağının farklı varış noktalarının olduğu hatları da tespit edilerek güzergâhları çıkarılmıştır.

Tablo 24. Kent merkezi ve civarında dolmuş hatlarının kalkış yaptıkları ana durak bölgeleri

| | | Kalkış Yapılan Ana Durak Bölgesi* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S.No** | **Dolmuş Hat** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| 1 | Aydınlıkevler D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 2 | Bahçecik D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 3 | Batpazarı D. D. | | | | | | ✓ | |
| 4 | Beşirli D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 5 | Boztepe D. D. | ✓ | | | | | | |
| 6 | Çamlık D. D. | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| 7 | Çatak D. D. | | ✓ | | | | | |
| 8 | Camiyanı D. D. | | ✓ | ✓ | | | | |
| 9 | Değirmendere D. D. | ✓ | | | | | | |
| 10 | Havaalanı D. D. | | | | ✓ | | | |
| 11 | Karşıyaka D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 12 | Fatih-Ayasofya-Kurankursu D. D. | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| 13 | Kuruçeşme D. D. | | ✓ | | | | | |
| 14 | KTÜ D. D. | | | | ✓ | | | |
| 15 | Moloz D. D. | | | | | ✓ | | |
| 16 | Numune D. D. | | | | Ring | | | |
| 17 | Tesisler D. D. | | | | | | | ✓ |
| 18 | Tıp Fakültesi D. D. | ✓ | | | | | | |
| 19 | Yenimahalle D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 20 | Yeşiltepe D. D. | ✓ | | ✓ | | | | |
| 21 | Yenicuma D. D. | ✓ | | | | | | |

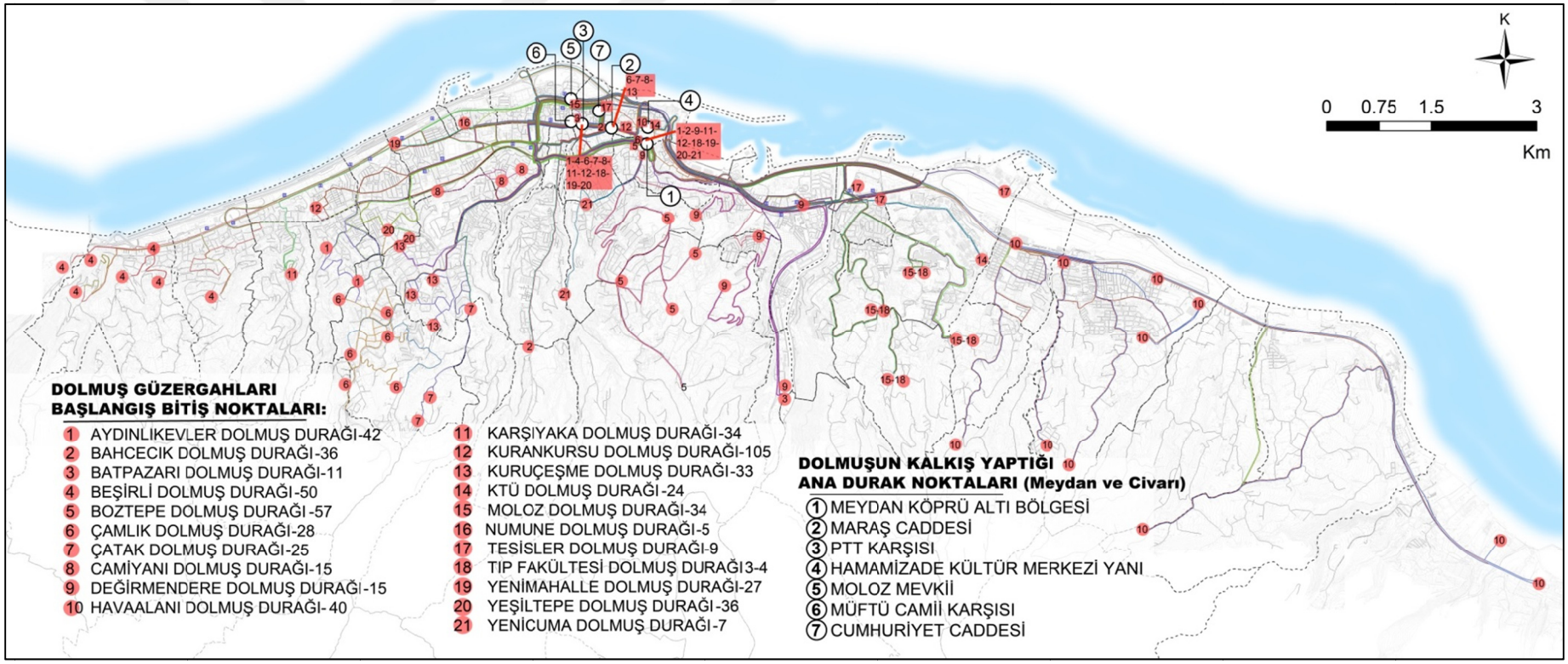
Güzergâhlar boyunca yolcu potansiyeli yüksek noktalarda işaretlenmiştir. Ayrıca dolmuş şoförü ile de konuşularak tanımlı güzergâh dışında kullandıkları yollar var ise

tespit edilerek haritaya aktarılmıştır. Hat dışı kullanılan yollar genellikle tıkanıklık anında, güzergâh üzerinde yolcu indirme-bindirme olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Dolmuş hatlarının güzergâhlarının çıkarılması 2019 yılı haziran temmuz döneminde yapılmıştır. Tezde verilen güzergâhlar 2019 yılı verilerine aittir. Duraklara göre üretilen güzergâh haritaları Ek Şekil 1-18'de verilmiştir. Ortahisar kentindeki tüm dolmuşlar tek harita üzerinde Şekil 28'de gösterilmiştir.



Şekil 27. Meydan köprü altı bölgesi dolmuş durakları

Dolmuşların hareket ettikleri güzergâhlar ve durak noktaları (ilk durak ve son durak) tespit edildikten sonra sistemin işleyişine ilişkin detaylı bilgiler toplamak amacıyla her bir dolmuş hattından sorumlu başkanlar ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ek Tablo 2'de yer alan sorular hat başkanlarına sorularak sistemin işleyişi hakkında detaylı bilgiler elde edilmiştir. Görüşmeler çalışma alanındaki tüm dolmuş durakları için yapılmıştır.




Şekil 28. Çalışma alanındaki tüm dolmuşların izledikleri güzergahlar

Dolmuş durağı başkanlarıyla yapılan görüşmelere göre çalışma alanındaki dolmuşlara ilişkin açıklayıcı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Dolmuşların kalkış yaptığı ana durak noktalarında (kent merkezi ve mahallede) görevli "değnekçi", "kahya", "simsar", "durak sorumlusu" olarak adlandırılan kişi/kişiler bulunmaktadır. Bu kişilerin; araçların kalkış zamanını belirlemek, zaman çizelgesi oluşturmak, yolcuları yönlendirmek ve yoğunluğa göre dolmuşları planlamak gibi görevleri bulunmaktadır. Bazı dolmuş hatlarında güzergâh boyunca da yolcuyu veya dolmuşu yönlendiren görevliler de bulunmaktadır. Dolmuşlar genelde dol-kalk yöntemiyle hareket etse de her biri kendi içerisinde bir sistem geliştirmiştir. Dol-kalk yönteminin yanı sıra dakikaya göre, belirli yolcu sayısına göre veya günün farklı saatlerinde farklı kalkış planı izlenmekte yolcu potansiyeline bağlı olarak anlık değişimlerde uygulanmaktadır.




Şekil 29. Dolmuş duraklarında bulunan görevli (12.07.2019)

Dolmuşlar kent genelinde mahallelere göre hatlara ayrılmış ve güzergâhları belirlenmiştir. Dolmuş durakları aynı zamanda mahalle adına göre adlandırılmıştır. Mahalle sınırları dikkate alındığında bazı dolmuşlar belirli güzergâhlarda kesişmektedir. Böyle durumlarda öncelik ilgili mahallenin dolmuşuna verilmekte yolcu alımına sınırlandırma getirilmektedir. Dolmuşların güzergâhları her ne kadar belli olsa da bazen güzergâhlarının dışına çıktığı durumlarda olmaktadır. Genelde trafiğin yoğun olduğu saatlerde daha az yoğun yolu seçecek şekilde yâda yolcunun özel talebi olduğu durumlarda güzergâhlarının dışına çıktıkları da görülmektedir.

Dolmuş güzergâhları kademesi yüksek yollardan ziyade yolcu talebi yüksek güzergâhlara göre belirlenmiştir. Özellikle yolcu talebi yüksek arazi kullanımların (hastane, okul, kamu binası gibi) güzergâh dâhilinde olduğu görülmektedir.

Dolmuşların mahallelerde birden fazla son durak noktaları da olabilmektedir. Ayrıca mahallelerde birden fazla farklı noktadan da Meydan yönüne kalkış yapabilmektedir. Mahalle sınırları içerisinde yolcu talebi yüksek arazi kullanımlara göre dolmuş, mahalle içerisinde farklı hatlara ayrılmaktadır. Burada ifade edilen hat, aynı dolmuş durağının mahalle içerisinde izlediği farklı güzergâhı ifade etmektedir. Havaalanı-Meydan dolmuş durağı 11 hattan, Çamlık-Meydan dolmuş durağı 5 hattan Beşirli-Meydan dolmuş durağı 5 hattan; Boztepe- Meydan dolmuş durağı 5 hattan oluşurken diğer duraklar genellikle 1 yâda 2 hattan oluşmaktadır.

Dolmuş güzergâhlarının uzunlukları hatlara göre değişkenlik gösterse de ortalama 4 - 7 km (tek yön) aralığındadır. En kısa güzergâha Yenicuma- Meydan dolmuş durağı (2,2 km) ile Erdoğdu-Meydan dolmuş durağı (2,8 km) sahiptir. En uzun güzergâha ise Havaalanı-Meydan dolmuş durağı (10-12 km) ile Beşirli-Meydan dolmuş durağı (8-10 km) sahiptir.

Dolmuş ücreti 3 TL olup (sivil, 2019 yılı için) mesafesi daha kısa olan Yenicuma-Meydan, Erdoğdu Meydan, Bahçecik Meydan, Numune Hastanesi-Meydan dolmuş duraklarında 2.75 TL (2019 yılı için); mesafesi daha uzun olan Beşirli-Meydan ile Havaalanı-Meydan dolmuş duraklarının bazı hatlarında 3,5 TL'dir (2019 yılı için).

En fazla araç Fatih-Ayasofya-Kurankursu –Meydan dolmuş durağında (105 araç) bulunmaktadır. Duraklarda bulunan dolmuşların tamamı gün içerisinde çalışmamakta, belirli bir bölümü dinlendirilmektedir. Her dolmuş haftada bir gün dinlendirilmektedir ve çalışmamaktadır. Böylece tüm dolmuşlar aynı anda trafikte yer almamaktadır. Saha çalışmalarında Boztepe-Meydan dolmuş durağında yeteri sayıda araç olmaması belirtilmiştir. Diğer duraklardan kiralık araç kullanılarak soruna geçici çözüm arayışına gidilmiştir.

Dolmuşlar gün içerisinde genellikle 07:00 ile 20:00 saatleri arasında çalışmaktadır. Ancak sabah erken saatlerde ve akşam/gece geç saatlerde de hizmet vermeleri amacıyla nöbet sistemi de bulunmaktadır. İlk sefer 06:00 saatinde başlamaktadır. Saat 20:00'den sonra dolmuşların büyük bir bölümü paydos ederek geriye kalanlar gece 23:00'e kadar hizmet vermektedir. Bazı dolmuş duraklarında (Havaalanı-Meydan dolmuş durağı gibi ) yolcu potansiyeline göre gece geç saatlerde de hizmet devam etmektedir.

Durağın sahip olduğu toplam dolmuş sayısı ile yolcu potansiyeline bağlı olarak bir dolmuşun gün içerisindeki ortalama sefer sayısı 5 ila 20 arasında değişmektedir. Bu sayı dolmuşçular arasında "kısa çalışanlar" (07:00 ile 20:00 saatleri arasında) olarak tanımlı dolmuşlar için belirtilmiştir.

Güzergâhlar boyunca yolcu indirme bindirme amacıyla dolmuşlar için tanımlı özel durak noktaları bulunmamaktadır. Yolcu indirme ve bindirmenin yasak olduğu noktalar dışında yolcunun talebine göre indirme ve bindirme yapılmaktadır. Yolcular el kaldırma vb. şekilde sisteme dahil olmaktadır.

Dolmuşların bazıları, kent merkezi ve civarında, mahallede yâda bazı hastane, okul, kamu kurumu ve alışveriş merkezinin önünde belirli bir süre yolcu için bekleme yapmaktadır.

Dolmuşların gün içerisinde en fazla yolcu taşıdıkları saatler genellikle sabah 07:00-11:00 saatleri arasında ve öğleden sonra 15:00-18:00 saatleri arasındadır. Bu saatler aynı zamanda trafiğinde daha yoğun olduğu saatleri de göstermektedir.

Dolmuşlarda gün içerisinde taşınan yolcu sayısını hesaplayan teknolojik sistemler bulunmamaktadır. Bu doğrultuda günlük taşınan ortalama yolcu sayısı bulmak amacıyla yapılan görüşmelere ek olarak Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası'ndan da bilgi alınmıştır. Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası'na göre dolmuşların günlük ortalama sefer sayıları, ortalama doluluk oranlarını dikkate alındığında ve tam kapasite yolcu taşıdıkları varsayıldığında Tablo 25'te verilen değerler elde etmiştir. Tablo 25'e göre duraktaki araçların minimum ve maksimum ortalama günlük sefer sayıları dikkate alındığında yaklaşık 148770 ila 206800 arasında yolcu taşıdığı hesaplanmıştır. Eğer dolmuşların yüzde 70 doluluk kapasitesine göre çalıştıkları varsayılırsa 104000 ila 144000 arasında yolcu taşınacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yolculuk sayıları yaz ayalarında genellikle azalırken okulların açık olduğu dönemlerde görece daha yüksektir.

Dolmuş güzergâhları ile otobüs güzergâhları kent genelinde büyük oranda çakışık haldedir. Bu çakışıklık aynı zamanda bir rekabete de yol açmaktadır. 65 ve üzeri yaştaki bireylerin otobüsler tarafından ücretsiz taşınması, otobüslerde ayakta yoluculuğun yapılabilmesi, otobüs seyahat ücretlerinin daha ucuz olması dolmuşlar için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Ancak otobüslerin sefer sıklığının seyrek oluşu, iki otobüsün kalkışı arasındaki zaman farkının dolmuşa kıyasla daha fazla oluşu, dolmuşta oturarak seyahat

etmenin getirdiği konfor, indirme- bindirme noktalarının serbestliği de dolmuşlar için avantaj oluşturmaktadır.

Tablo 25. Trabzon Şoförler ve Otomobilciler Odası verilerine göre dolmuşların günlük taşıdıkları ortalama yolcu sayısı

| S.No | Dolmuş Hat | Araç Sayısı | Min. Sefer | Taşınan yolcu sayısı | Max. Sefer | Taşınan yolcu sayısı |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aydınlıkevler D. D. | 42 | 10 | 8400 | 15 | 12500 |
| 2 | Bahçecik D. D. | 36 | 9 | 6500 | 15 | 10800 |
| 3 | Batpazarı D. D. | 11 | 8 | 1760 | 9 | 1980 |
| 4 | Beşirli D. D. | 50 | 10 | 10000 | 11 | 11000 |
| 5 | Boztepe D. D. | 57 | 10 | 12200 | 15 | 19000 |
| 6 | Çamlık D. D. | 28 | 12 | 7000 | 14 | 7480 |
| 7 | Çatak D. D. | 25 | 12 | 6000 | 15 | 7500 |
| 8 | Camiyanı D. D. | 15 | 10 | 2600 | 15 | 3300 |
| 9 | Değirmendere D. D. | 40 | 10 | 8000 | 12 | 9600 |
| 10 | Havaalanı D. D. | 62 | 10 | 12400 | 15 | 18600 |
| 11 | Karşıyaka D. D. | 34 | 11 | 7480 | 14 | 9520 |
| 12 | Fatih-Ayasofya-Kurankursu D. D. | 105 | 8 | 16500 | 12 | 24480 |
| 13 | Kuruçeşme D. D. | 33 | 9 | 6300 | 12 | 7920 |
| 14 | KTÜ D. D. | 24 | 12 | 6000 | 16 | 10560 |
| 15 | Moloz D. D. | 34 | 15 | 10500 | 24 | 16320 |
| 16 | Numune D. D. | 5 | 10 | 850 | 12 | 900 |
| 17 | Tesisler D. D. | 9 | 9 | 1620 | 15 | 2700 |
| 18 | Tıp Fakültesi D. D. | 34 | 16 | 10560 | 19 | 12960 |
| 19 | Yenimahalle D. D. | 27 | 7 | 5000 | 13 | 8320 |
| 20 | Yeşiltepe D. D. | 36 | 10 | 7200 | 11 | 8000 |
| 21 | Yenicuma D. D. | 7 | 10 | 1900 | 24 | 3360 |
| | | | **Toplam** | **148770** | | **206800** |

Dolmuşlar kamusal toplu taşıma hizmeti vermelerinin yanı sıra bir tür ticaret işlevi olan işletmelerdir. Bu sektörde dolmuşçuluk yapılabilmesi için "D" tahkimli plakaya ihtiyaç duyulmaktadır. Plaka sayıları Bakanlar Kurulu kararıyla belirlendiğinden sınırlıdır. Bu kapsamda dolmuş plaka değerleri de oldukça yüksek değerlerdedir. Hattın yolcu potansiyeli, hattaki dolmuş sayısı bu değeri etkilemektedir. Buna göre dolmuş plaka değerleri 1-1,5 milyon TL (2019 yılı için) arasında değişmektedir.

## 2.4. Çalışmada Seçilen Dolmuş Duraklarının Belirlenmesi

Ortahisar kent merkezinde hizmet veren dolmuşlara ilişkin detaylı bilgiler (kalkış/bekleme yaptıkları durak noktaları, izledikleri güzergâhlar, araç sayıları, çalışma sistemi gibi) saha çalışmalarıyla elde edilerek değerlendirildiğinde, çalışmanın amacı uygun olarak seyahat süresi tahmininde sayım yapılacak dolmuş duraklarının belirlenmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

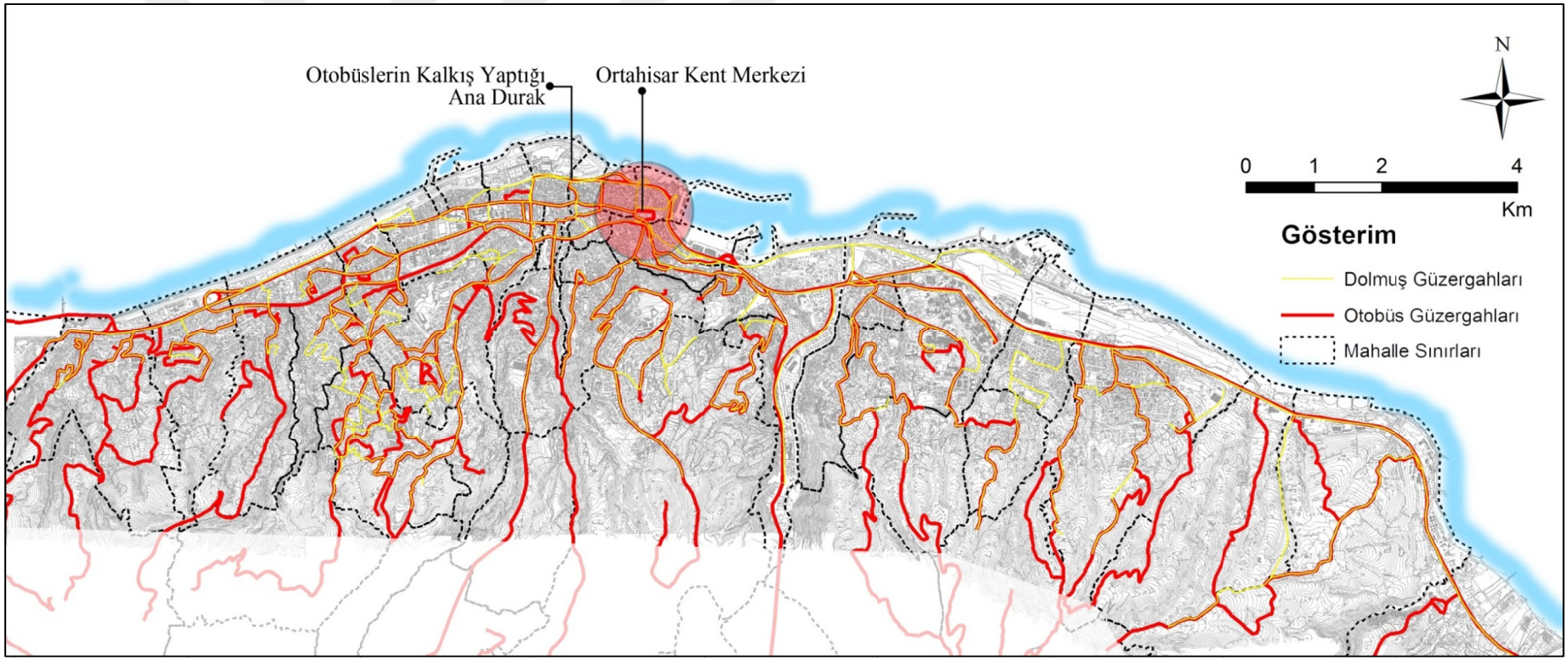
- Güzergâhının karmaşık olmaması, tanımlı, net bir güzergâhın olması,
- Mahalledeki varış noktasının çok alternatifli olmaması,
- Hat sayısının az olması (mahalle içindeki güzergah çeşitliliği),
- Dolmuşların kalkış sıklığı,
- Dolmuşlara binişlerdeki kolaylık,
- Güzergâhı boyunca alternatif arazi kullanımlarının olması,
- Kentin farklı yönlerine giden duraklardan olması,

Yukarıdaki kriterlere göre kentin doğu, batı ve güney yönünde hizmet veren; güzergâhı boyunca alternatif arazi kullanım türleri olan üç farklı dolmuş durağı belirlenmiştir. Bunlar:

1) Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı (1 Nolu durak)
2) Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya- Meydan Dolmuş Durağı (2 nolu durak)
3) Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağı (3 nolu durak)

Çalışmanın bundan sondaki bölümlerinde Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı için: 1 Nolu durak; Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya- Meydan Dolmuş Durağı için: 2 nolu durak ve Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağı için: 3 nolu durak ifadeleri kullanılacaktır.

Belirlenen durakların genel özelliklerine bakıldığında, 2 nolu dolmuş durağı; kentin batı yönüne doğru hizmet vermekte, güzergâhında kamusal arazi kullanımlar ( hastane, eğitim ve idari yapılar ) yoğun olarak bulunmaktadır. 1 nolu dolmuş durağı da kentin güney yönüne doğru hizmet vermekte, kamusal arazi kullanımların dışında konut alanlarının yoğun olduğu bölgelere erişim sağlamaktadır. 3 nolu dolmuş durağı ise kentin doğu yönüne doğru hizmet vermekte, küçük sanayi sitesi, üniversite hastanesi, terminal alanı gibi iş alanlarına erişimde önemli bir role sahiptir.




Şekil 30. Ortahisar kentindeki otobüs ve dolmuş güzergahlarının çakışıklık haritası

## 2.5. Seyahat Süresi Tahmininde Kullanılacak Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Literatürde, ara toplu taşımayla ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen seyahat süresinin tahminine yönelik yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle tez kapsamında kullanılacak girdilerin belirlenmesinde otobüs seyahat süresinin tahmininde kullanılan girdiler üzerinde durulmuştur. Toplu taşımada kullanılan otobüslerde genellikle GPS veya otomatik yolcu sayaçları gibi teçhizatlar bulunmakta bunlarda araştırmacılara önemli veri kaynağı sağlamaktadır. Ancak, benzeri teçhizatlar ara toplu taşımada kullanılan araçlarının çoğunda yer almamaktadır. Bu durum çalışma alanındaki dolmuşlar için de geçerlidir. Ara toplu taşıma araçlarının teknolojik teçhizatlardan yoksun olması veri alt yapısı oluşturulmada önemli bir sorun teşkil etmektedir. Sorunun çözümü ancak arazi çalışmalarıyla giderilebilmektedir. Tez çalışmasında da veri alt yapısı arazi çalışmalarıyla elde edilmiştir.

YSA yöntemi kullanılarak otobüs seyahat süresinin tahmininin yapıldığı çalışmalar da dikkate alınarak, çalışma alanındaki dolmuşların özellikleri, çalışma sistemi, girdilerin arazi çalışmalarıyla toplanabilirliği, ölçülebilirliği ve elde edilebilirliği dikkate alınarak 18 farklı girdi belirlenmiştir. Girdilerin 14'ü alan çalışmasıyla elde edilebilir verileri kapsamaktadır. Arazi kullanımı ile ilgili olan girdiler ise arazi kullanım haritaları (Şekil 34,35,36) kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca belirlenen girdilerin 9'u daha önceki çalışmalarda denenmemiş olup yazar tarafından ilk kez önerilmiştir. (Tablo 26). Dolmuşun seyahat süresinin tahmininde kullanılacak girdiler ve bu girdileri otobüs seyahat süresi tahmininde kullanmış çalışmalar Tablo 26' da verilmiştir.

Tablo 26. Dolmuşun seyahat süresinin tahmininde kullanılacak girdiler ve bu girdileri otobüs seyahat süreside kullanmış çalışmalar

| No | Girdi değişkeni | Girdiyi daha önce kullanmış çalışmalar | Veri kaynağı |
|---|---|---|---|
| 1 | Hattın adı (G1) | Gurmu ve Fan, 2014; Jiang, 2017 | Alan çalışması |
| 2 | Tarih/haftanın günü (G2) | Chen vd,2004; Zaki vd., 2013; Altınkaya ve Zontul, 2013 | Alan çalışması |
| 3 | Başlangıçtaki yolcu sayısı (G3) | * | Alan çalışması |
| 4 | Yolcu indirme/bindirmedeki durma sayısı (G4) | Comi vd., 2017; Chien vd., 2002 ; Gurmu ve Fan, 2014 | Alan çalışması |

Tablo 26'nın devamı

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | İnen/ binen toplam yolcu sayısı (G5) | Wang vd., 2014; Amita vd., 2014(b) | Alan çalışması |
| 6 | Yolcu indirme/bindirmede geçen toplam süre (G6) | Wang vd., 2014; Jeong ve Rilett, 2004; Amita vd., 2014(a) ;Amita vd., 2014(b) | Alan çalışması |
| 7 | Yolculuğun başlama saati (G7) | Chen vd., 2004; Altınkaya ve Zontul, 2013; Chen vd., 2007; Gurmu ve Fan, 2014; Jiang, 2017 | Alan çalışması |
| 8 | Ortalama hız (G8) | Chien vd., 2002; Amita vd., 2014(a); Wang vd., 2014; Jiang , 2017 | Alan çalışması |
| 9 | En yüksek hız (G9) | * | Alan çalışması |
| 10 | Yolculuk güzergâh uzunluğu (G10) | Comi vd., 2017; Wang vd., 2014; Chien vd., 2002; Amita vd., 2014(a) | Alan çalışması |
| 11 | Kayıp süre (G11) | * | Alan çalışması |
| 12 | Tıkanıklık (G12) | Jeong ve Rilett, 2004; Chien vd., 2002 Gurmu ve Fan, 2014 Amita vd., 2014(a) | Alan çalışmasından elde edilen veriler kullanılarak üretilmiştir. |
| 13 | Arazi kullanım (konut) (G13) | * | Arazi kullanım haritasından |
| 14 | Arazi kullanım (ticaret ) (G14) | * | Arazi kullanım haritasından |
| 15 | Arazi kullanım (kamu) (G15) | * | Arazi kullanım haritasından |
| 16 | Arazi kullanım (ulaşım alt yapısı) (G16) | * | Arazi kullanım haritasından |
| 17 | Arazi kullanım (Endüstriyel-KSS) (G17) | * | Arazi kullanım haritasından |
| 18 | Arazi kullanım (Üniversite (hastane)) (G18) | * | Arazi kullanım haritasından |

* Bu değerler dolmuş ile ilgili tanımlayıcı olması ve seyahat süresi üzerinde etkili olabileceği düşülerek yazar tarafından eklenmiştir.

Çalışmada "Toplam yolculuk süresi" çıktı değişkeni olup tahmin edilecek veriyi belirtmektedir.

### 2.5.1. Seyahat Süresi Tahmininde Kullanılacak Girdilerin Açıklanması

Seyahat süresi tahmininde kullanılmak üzere belirlenen girdi değişkenlerinin içerikleri aşağıda açıklanmıştır.

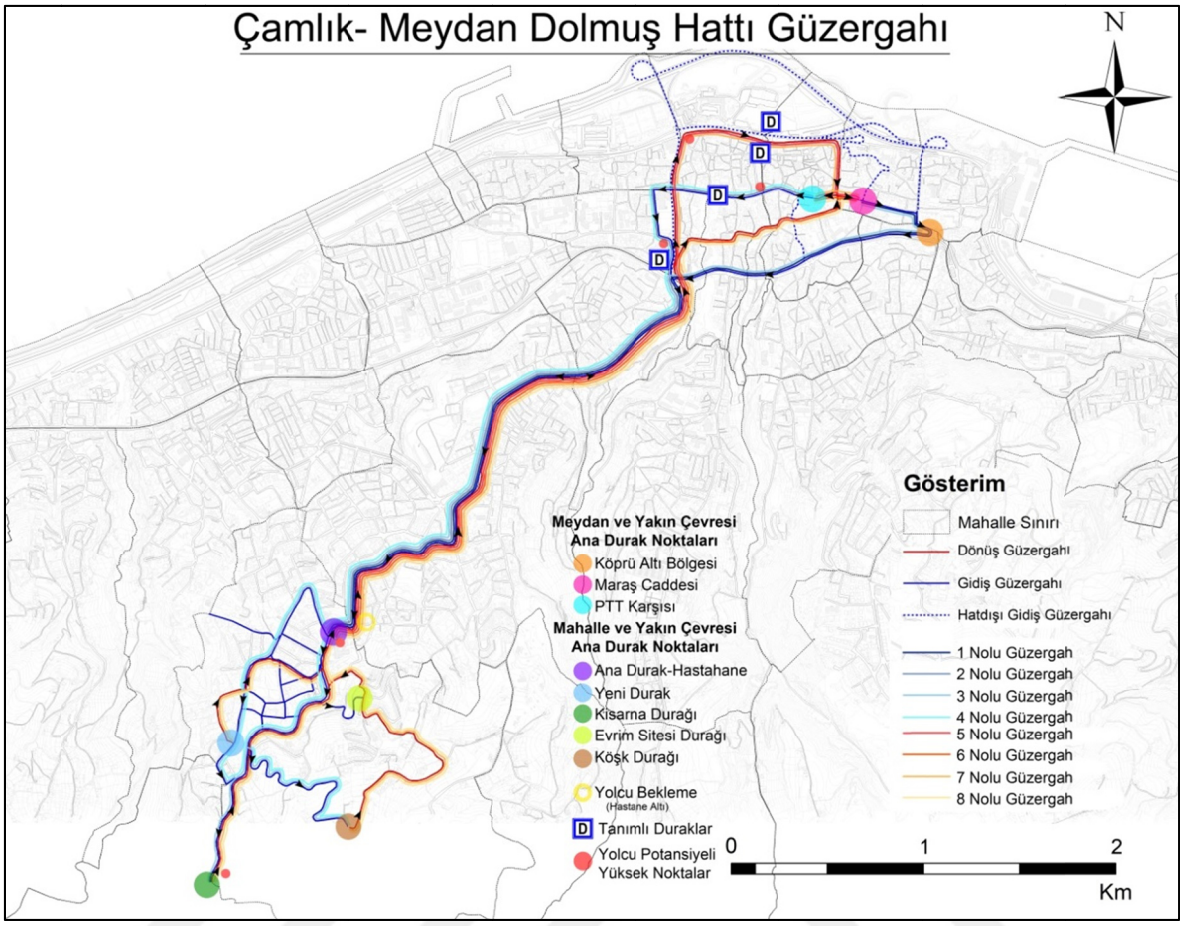
1) Hattın adı (G1): Dolmuşlar meydan ve civarından mahalledeki varış noktasına giderken; dönüşte de mahalleden meyana gelirken belirli bir güzergâhı takip etmektedir.

Sayım yapılırken seçilen üç duraktaki dolmuşlara rastgele binildiğinden güzergâhları tanımlayan bir sınıflandırma yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Burada bahsedilen hat adı aynı dolmuş durağında bulunan dolmuşların izledikleri farklı güzergâhlara ayrılmasını amaçlamaktadır.

1 nolu durağın dolmuşları köprü altı bölgesi yâda Maraş Caddesi'nden hareket ettiklerinde Tanjant yolunu kullanarak; Postane karşısından hareket ettiklerinde ise Maraş Caddesi'ni (batı istikametine doğu) kullanarak mahalleye varmaktadır. Mahallede birden fazla varış noktası bulunmaktadır. Aynı dolmuşlar mahalleden Meydana gelirken Tabakhane yolu üzerinden veya sahil yolunu kullanarak Meydan'a ulaşmaktadır. İzlenilen güzergâhlar dikkate alındığında Çamlık- Meydan dolmuşları hat adına göre sekiz sınıfa ayrılmıştır (Tablo 27). Belirlenen hatlara göre 1 nolu durağın dolmuşlarının izledikleri güzergâhları gidiş ve dönüş olarak Şekil 31'de gösterilmiştir.

Tablo 27. 1 nolu durağın dolmuşlarının güzergâhlarına göre tanımlanan hatları

| Kalkış yaptığı yer | Yönü | İzlenilen yol | Varış yeri | Sınıfı |
|---|---|---|---|---|
| -Köprü altı bölgesi -Maraş Caddesi | Mahalleye | Tanjant yolu güzergâhı | Çamlık hastanesi | 1 |
| Postane karşısı | Mahalleye | Maraş Caddesi (batı istikametinde) | Çamlık hastanesi | 2 |
| -Köprü altı bölgesi -Maraş Caddesi | Mahalleye | Tanjant yolu güzergâhı | Yeni durak, Kisarna, köşk, evrim sitesi | 3 |
| Postane karşısı | Mahalleye | Maraş Caddesi (batı istikametinde) | Çamlık hastanesi | 4 |
| Çamlık hastanesi | Meydana | Sahil yolu güzergâhı | Meydan | 5 |
| Çamlık hastanesi | Meydana | Tabakhane yolu güzergâhı | Meydan | 6 |
| Yeni durak, Kisarna, köşk, evrim sitesi | Meydana | Sahil yolu güzergâhı | Meydan | 7 |
| Yeni durak, Kisarna, köşk, evrim sitesi | Meydana | Tabakhane yolu güzergâhı | Meydan | 8 |

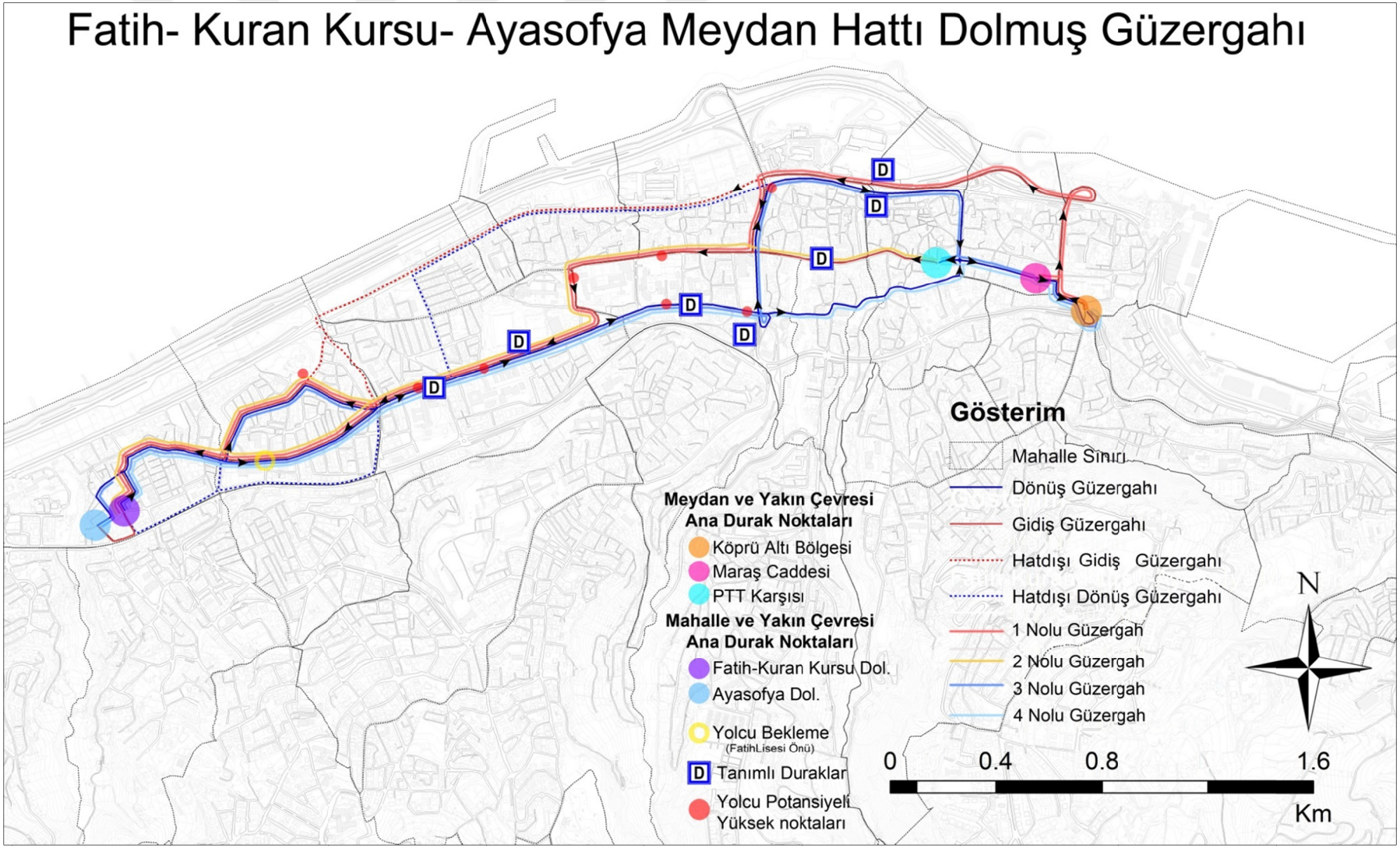



Şekil 31. Hatlara göre 1 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar

2 nolu durağın dolmuşları köprü altı bölgesi yâda Maraş Caddesinden hareket ettiklerinde Sahil yolunu kullanarak; Postane karşısından hareket ettiklerinde ise Maraş Caddesini (batı istikametine doğu) kullanarak mahalleye varmaktadır. Aynı dolmuşlar mahalleden Meydana gelirken Tabakhane yolu üzerinden veya sahil yolunu kullanarak Meydan'a varmaktadır. İzlenilen güzergâhlar dikkate alındığında 2 nolu durağın dolmuşları hat adına göre dört sınıfa ayrılmıştır (Tablo 28). Belirlenen hatlara göre 2 nolu durağın dolmuşlarının izledikleri güzergâhları gidiş ve dönüş olarak Şekil 32'de gösterilmiştir.

Tablo 28. 2 nolu durağın dolmuşlarının güzergahlarına göre tanımlanan hatları

| Kalkış yaptığı yer | Yönü | İzlenilen yol | Sınıfı |
|---|---|---|---|
| -Köprü altı bölgesi<br>-Maraş Caddesi | Mahalleye | Sahil yolu güzergâhı | 1 |
| Postane karşısı | Mahalleye | Maraş Caddesi (batı istikametinde) | 2 |
| Mahalle | Meydana | Sahil yolu güzergâhı | 3 |
| Mahalle | Meydana | Tabakhane yolu güzergâhı | 4 |




Şekil 32. Hatlara göre 2 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar

3 nolu durağın dolmuşları Moloz bölgesinden hareket ettiklerinde eski Devlet Kara Yolunu yâda Karadeniz sahil yolunu kullanarak Tıp Fakültesi Hastanesine yâda mahalleye varırlar. Aynı dolmuşlar Tıp Fakültesi Hastanesinden yâda mahalleden Moloz mevkiine gelirken eski evlet Kara Yolunu yada Karadeniz sahil yolunu kullanırlar. İzlenilen güzergâhlar dikkate alınarak 3 nolu durağın dolmuşları hat adına göre sekiz sınıfa ayrılmıştır (Tablo 29). Belirlenen hatlara göre 3 nolu durağın dolmuşların izledikleri güzergâhları gidiş ve dönüş olarak Şekil 33'te gösterilmiştir.

Tablo 29. 3 nolu durağın dolmuşlarının güzergahlarına göre tanımlanan hatları

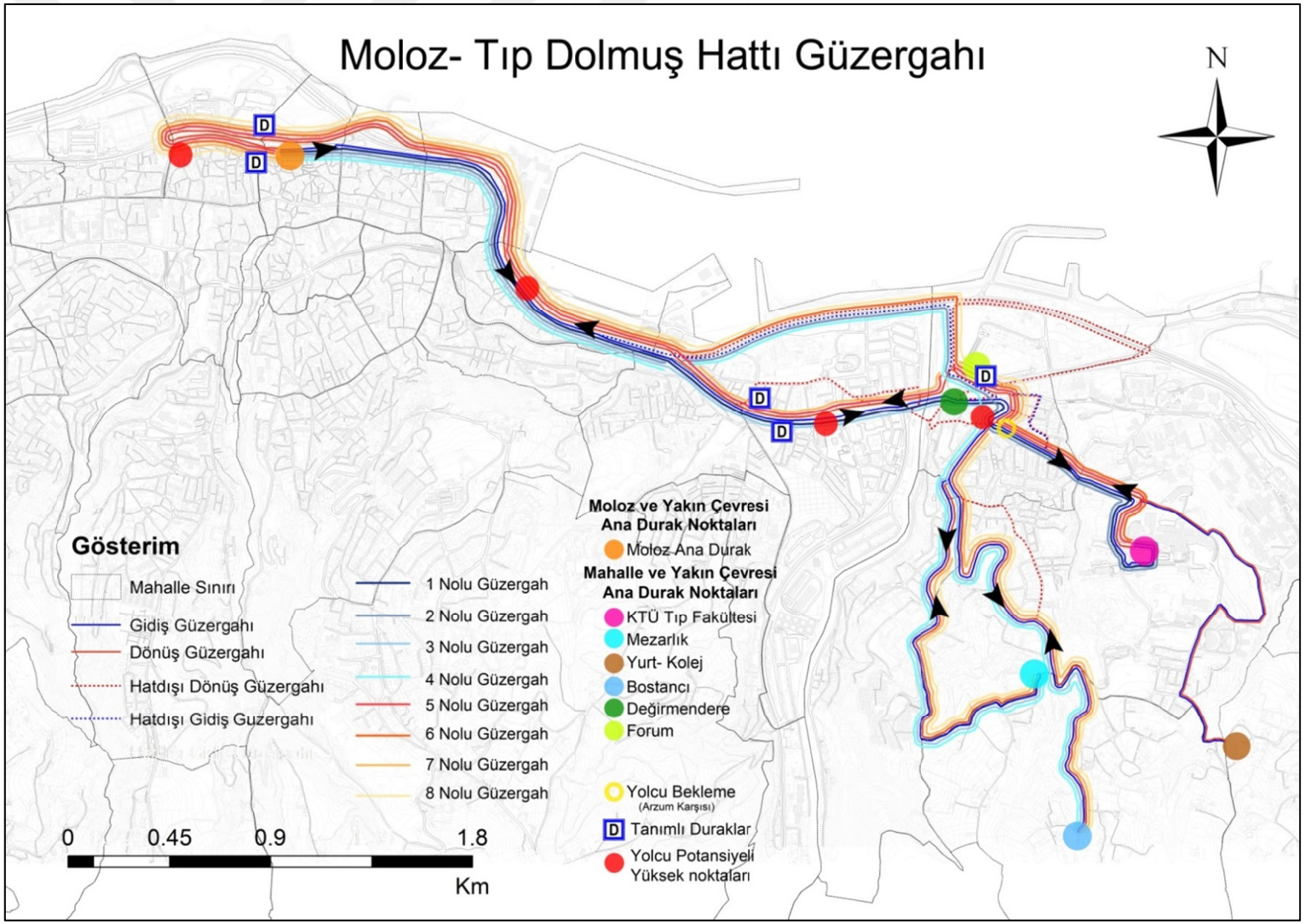
| Kalkış yaptığı yer | Yönü | İzlenilen yol | Varış yeri | Sınıfı |
|---|---|---|---|---|
| Moloz Mevkii | Mahalleye | Eski Sahil yolu | Tıp Fakültesi Hastanesi | 1 |
| Moloz Mevkii | Mahalleye | Karadeniz Sahil Yolu | Tıp Fakültesi Hastanesi | 2 |
| Moloz Mevkii | Mahalleye | Eski Sahil yolu | TRT, Bostancı, Mezarlık | 3 |
| Moloz Mevkii | Mahalleye | Karadeniz Sahil Yolu | TRT, Bostancı, Mezarlık | 4 |
| Tıp Fakültesi Hastanesi | Meydana | Eski Sahil yolu | Moloz Mevkii | 5 |
| Tıp Fakültesi Hastanesi | Meydana | Karadeniz Sahil Yolu | Moloz Mevkii | 6 |
| TRT, Bostancı, Mezarlık | Meydana | Eski Sahil yolu | Moloz Mevkii | 7 |
| TRT, Bostancı, Mezarlık | Meydana | Karadeniz Sahil Yolu | Moloz Mevkii | 8 |

Sayımlarda, her bir yolculukta, dolmuşun izlediği güzergâh anket formu üzerinde not alınmış, tahminde kullanılmak üzere yukarıdaki gibi kodlandırılmıştır.

2 ) Tarih/haftanın günü (G2): Ölçümün yapıldığı tarih ile gün not alınmıştır. Ölçümler üç farklı dolmuş hattında da hafta içi günleri ile cumartesi günlerinde iki hafta boyunca; pazar günlerinde ise bir hafta boyunca yapılmıştır. Günlere göre yapılan sınıflandırma Tablo 30'da gösterilmiştir.

Tablo 30. Haftanın günleri ve sınıflandırılması

| Haftanın günü | Sınıflandırılması |
|---|---|
| Pazartesi | 1 |
| Salı | 2 |
| Çarşamba | 3 |
| Perşembe | 4 |
| Cuma | 5 |
| Cumartesi | 6 |
| Pazar | 7 |




Şekil 33. Hatlara göre 3 nolu duraktaki dolmuşların izledikleri güzergâhlar

3) Başlangıçtaki Yolcu Sayısı (G3): Çalışma alanındaki dolmuş araçları "on" koltuk kapasitesine sahiptir. Dolmuş, her ne kadar literatürde "dolunca kalkan ara toplu taşıma aracı" olarak tanımlansa da çalışma alanındakiler için bu durum kısmen geçerlidir. Çalışma alanındaki dolmuşlar, güzergahı boyunca yolcu potansiyeli de dikkate alınarak: on yolcusu olunca (yani dolunca), dakikalı (belirli bir süre sonra), belli yolcu sayısına erişince yâda depodaki araç sayısına göre kalkış yapmaktadırlar. Bu durum hem Meydan ve civarında hem de mahallede kalkış yapılan ana durak noktaları için de geçerlidir. Özel sektörce işletilen bu araçlar, tam kapasiteyle yolcu taşıyarak kârını maksimize etme eğilimi içerisindedir. Özellikle güzergâhı boyunca yolcu toplamak için yavaş seyirleri bu duruma bir örnektir. Başlangıçtaki yolcu sayısı doğrudan seyahat süresine etkili olacağı düşünülerek, yolculuğun başladığı an itibariyle araçta bulunan anketör dâhil ve şoför hariç kişi sayısı olarak not alınarak modele dahil edilmiştir.

4) Yolcu İndirme-Bindirme Sayısı (durma sayısı)(G4): Otobüsler güzergâhı boyunca sabit duraklara uğrayarak indirme yâda bindirme yaparlar. Dolayısıyla uğrayacakları duraklar ile durma sayılar bellidir. Ancak dolmuşlar için yolcu indirme yâda bindirmeye göre durma sayısı yolcuların talebine göre şekillenmektedir. Bazı yolculuklarda durma olmaksızın son durağa gelinirken bazı yolculuklarda ise çok kısa mesafelerde bile sürekli indi-bindi olabilmektedir. Dolayısıyla bu durum doğrudan seyahat süresini de etkilemektedir. Tahmin modelinde kullanılan yolcu indirme-bindirme sayısı, yolculuğun başladığı andan varış noktasındaki son durağa gelinceye kadar güzergâhı boyunca kaç kez yolcu indirme, bindirme veya hem indirme hem bindirme yapmak amacıyla durduğu sayıyı ifade etmektedir.

5) İnen/binen toplam yolcu sayısı (G5): Binen yolcu sayısı, yolculuğun başladığı andan varış noktasına gelinceye kadar (başlangıçtaki ilk yolcular hariç) dolmuşa binen yolcu sayısını ifade etmektedir. İnen yolcu sayısı da yolculuğun başladığı andan varış noktasına gelinceye kadar dolmuştan inen yolcu sayısını ifade etmektedir. Varılan son ana durakta dolmuştan inen yolcular bu değere dâhil değildir "inen/ binen toplam yolcu sayısı= binen yolcu sayısı+ inen yolcu sayısı" şeklinde hesaplanarak modelde kullanılmıştır.

6) Yolcu indirme yâda bindirmede geçen toplam süre (G6): Dolmuşun başlangıçtaki durak noktasından varış noktasına gelinceye kadar ki seyahati boyunca yolcu alım ve indirmelerde geçen toplam süreler ölçülmüştür. Anketör, dolmuşun hareketinden sonra yolcu alma yada indirmek için durduğu anda kronometre ile ölçümü başlatmıştır. Tekrar hareket etmeye başlayınca kronometreyi durdurmuştur. Her indi/bindi de bu süreç

tekrarlatılmıştır. Dolmuşun güzergâhı boyunca yolcu değişimlerinde harcadığı toplam süre esas olduğundan yolcuların iniş ve biniş yaptıkları ilk ve son ana duraktaki süreler bu süreye dâhil değildir. Ölçüm "dakika+saniye" olarak not alınmış modelde kullanılmak üzere saniye cinsine çevrilmiştir. Genel olarak yaşlı, çocuklu, eşyalı ve hasta yolcular ile inerken veya binerken ücret ödeyen yolcuların bu süreyi uzattığı görülmüştür.

7) Yolculuğun Yapıldığı Saat: Dolmuşun ana duraktan hareket etmeye başladığı an yolculuğun başlangıç saati (10:25 gibi) olarak not alınmıştır. Dolmuşun varış noktasına ulaştığı an da, yolculuğun bitiş saati olarak not alınmıştır. Chen vd. (2004), As ve Mine, (2016) yolculuğun yapıldığı saati üç dilimli (sabah, öğle, akşam) sekiz kategoriye ayırarak seyahat süresi tahmininde kullanmıştır. Çalışma alanındaki pik saatler de dikkate alınarak benzer bir sınıflama yapılmış ve modelde kullanılmıştır (Tablo 31).

Tablo 31. Yolculuğun yapıldığı saat ve sınıflaması

| Zaman (Saat olarak) | Zaman periyodu | Sınıflaması |
|---|---|---|
| 05:00:00 - 07:29:00 | Sabah erken | 1 |
| 07:30:00 - 09:29:59 | Sabah zirve saat | 2 |
| 09:30:00 - 11:59:59 | Sabah geç | 3 |
| 12:00:00 - 12:59:59 | Gün ortası | 4 |
| 13:00:00 - 15:29:59 | Erken öğleden sonra | 5 |
| 15:30:00 - 18:29:59 | Öğleden sonra zirve | 6 |
| 18:30:00 - 19:29:59 | Akşam | 7 |
| 19:30:00 - sonrası | Akşam geç saatler | 8 |

8) Ortalama hız (G8) : Dolmuşun başlangıç noktasından varış noktasına gelinceye kadar harcadığı süre aracın hızına değişkenlik gösterebilmektedir. Dolmuşun hızı ise trafik yoğunluğu, günün saati, izlenilen güzergâhın kademesi, araçtaki yolcu sayısı gibi durumlara bağlı olarak değişebilmektedir. Otobüs seyahat süresi tahmininde kullanılan pek çok girdi otobüste bulunan GPS , AVL ve APC gibi cihazlar aracılığıyla temin edilmektedir. Bazı çalışmalarda bu cihazlardan elde edilen bilgiler kullanılmıştır (Chen vd., 2007; Chen vd.,2004; Chien vd., 2002; Amita vd., 2014(a); Wang vd., 2014; Jiang , 2017).

Çalışma alanındaki dolmuşlarda GPS gibi veri depolamaya ve konum göstermeye yarayan cihazlar bulunmamaktadır. Dolmuşun seyahat süresi tahmini için yapılan bu çalışmada GPS gibi veri depolamaya yarayan aletler yerine GPS tabanlı bir telefon

uygulaması olan “Akıllı GPS Hız Kontrol Cihazı-Speedometer” uygulaması lisansı satın alınarak kullanılmıştır. Farklı dolmuş araçlarına binilerek ölçümlerin yapılabilmesi, birden fazla anketörün aynı anda ölçüm yapabilmesi, GPS gibi cihazların yüksek maliyetleri ile çalışma için gerekli olan verileri depolayabilme yeteneğine sahip olması dikkate alındığında bu uygulama cazip gelerek tercih edilmiştir. Uygulama ayrıca her türlü akıllı cep telefona kolayca yüklenebilmektedir. Speedometer uygulaması seyahat boyunca en yüksek hızı, ortalama hızı, seyahat süresini, yolculuğun güzergâhını, güzergâhın uzunluğunu da ölçebilmektedir. Güzergâhı hıza göre tematik harita yaparak çizme özelliği, bilgileri saklaması, düşük ücretle telefona kurulabilmesi ve anketörler tarafından kolayca kullanılabilmesi, deneme ölçümlerde iyi sonuçlar vermesi bu uygulamanın tercih edilmesinde etken olan diğer unsurlardandır. Otobüsün seyahat süresinin tahmin edildiği çalışmalarda da benzeri GPS tabanlı cep telefon uygulamaları kullanılmıştır (Woodard vd., 20017; Zhou vd., 2014).

Çalışmada, dolmuş hareket ettiği anda uygulama çalıştırılmış ve yolculuk sonlandığı anda da uygulama durdurulmuştur. GPS destekli bu uygulama programı kullanılarak yolculuk esnasındaki ortama hız bilgisi km/s (kilometre/saat) cinsinden not alınmıştır.

9) En yüksek hız (G9) : hız ölçümünde olduğu gibi Speedometer uygulaması kullanılarak ölçülen en yüksek hız değeri km/s (kilometre/saat) cinsinden not alınmıştır.

10) Yolculuk güzergâh uzunluğu ( G10): Dolmuşların başlangıç noktasından varış noktasına kadar izleyecekleri güzergâhlar önceden belli olmasına rağmen bazı durumlarda güzergâhların dışına çıkabilmektedirler. Özellikle trafiğin yoğun olduğu durumlarda ya da güzergâh üzerinde yolcu indirme bindirme yapmayacağı durumlarda alternatif güzergâhlara yönelmektedir. Bu durum yolculuk süresinin arttırmakta yâda azaltmaktadır. Bir yolculukta izlenilen güzergâhın mesafesini ölçmek için Speedometer uygulaması kullanılmıştır. Yolculuğun başladığı anda çalıştırılan program yolculuk sonunda durdurulduğunda ölçmüş olduğu mesafe kilometre cinsinden not alınmıştır.

11) Kayıp süre (kırmızı ışık+yolcu bekleme): Trafik ışıklarının varlığı dışsal bir etken olarak seyahat süresini arttırabilmektedir. Yolculuk boyunca kırmızı ışıklarda geçen toplam süre anketörlerde bulunan kronometreler aracılığıyla ölçülmüştür. Araç kırmızı ışığa denk geldiği ve durduğu anda kronometre ile süre ölçümü başlatılmış yeşil ışık ile birlikte tekrar hareket etmesiyle kronometre durdurulmuştur. Böylece yolcuğun başından sonuna kadarki süreçte kırmızı ışıkta beklenen toplam bekleme süreler not alınmıştır.

Ölçüm dakika+saniye olarak not alınmış modelde kullanılmak üzere saniye cinsine çevrilmiştir.

Ayrıca dolmuşlar güzergâhı boyunca bazı noktalarda yolcu olmasa bile belirli bir süre yolcu alabilmek için bekleme yapabilmektedir. Bekleme zamanı anketörlerde bulunan diğer bir kronometre aracılığıyla ölçülmüş ve yolcu bekleme süresi olarak not alınmıştır. Burada belirtilen yolcu bekleme süresi dolmuşun seyahati esnasındaki yolcu indirme/bindirme sürelerinden ayrı olarak tutulmuştur. Ölçüm dakika+saniye olarak not alınmış modelde kullanılmak üzere saniye cinsine çevrilmiştir. "Kayıp süre ise= Kırmızı ışıklarda geçen toplam süre + yolcu bekleme süresi" şeklinde hesaplanmıştır.

12) Tıkanıklık (G12): Trafik sıkışıklığı yolculuk süresini uzatan dışsal bir durumdur. Akıllı ulaşım terimleri sözlüğünde tıkanıklık, "Araçların belli sürelerde durmak zorunda kaldığı sıkışık trafik" olarak tanımlanır. Amita vd., 2014(a) ve Jeong ve Rilett, 2004 otobüs seyahat süresi tahmininde tıkanıklığı, planlanmış süreden sapma olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada da trafik tıkanıklığı girdi değişkeninin bulunmasında planlanmış süreden sapma değerinden yararlanılmıştır. Öncelikle, ele alınan üç farklı dolmuş hatları izledikleri güzergâhlara göre, serbest trafik akım süreleri irdelenmiştir. Serbest trafik akım süresini bulabilmek için "hattın adı" girdi değişkeninin her bir sınıfındaki seyahatlerin pik saat aralığı dışındaki ortalamaları bulunmuştur. Şayet yolcu beklemek için bir süre geçmişse yolcu bekle süresi çıkarılarak ortalama alınmıştır. Bu değerler aynı zamanda güzergâh için planlanmış süreyi ifade etmektedir. Yani, trafiğin normal seyir ettiği durumlarda gerçekleşen ortalama seyahat süresi planlanmış süre olarak kabul edilmiştir. Ölçülen toplam seyahat süresine göre planlanmış süreden sapmalar bulunarak tıkanık girdi değişkeninin değerleri üretilmiştir. Değerin pozitif çıkması, seyahatin planlanmış süreden daha uzun gerçekleştiğini, negatif çıkması ise daha erken bir sürede varış yerine gelindiğini belirtmektedir.

"Tıkanıklık süresi (sn.) = Toplam seyahat süresi (sn.) - dolmuşun serbest trafik akım süresi (planlanmış süre)" şeklinde hesaplanmıştır.

13) Arazi kullanımı (konut) (G13): Öncelikle arazi kullanım–konut girdi değişkeninin değerinin hesaplanmasından önce genel bilgilendirme yapılmıştır.

Arazi kullanım türü yolculuk talebini etkileyen önemli unsurlardandır. Ancak otobüs seyahat süresi tahminlerinde bu değerin modele dâhil edildiği çalışmalara rastlanılmamıştır. Yu vd., (2016) yolculuk akımı tahmininde arazi kullanımı 3 kategoride (konut, ticaret, endüstriyel) ele almıştır. Ortahisar'da dolmuşlar farklı bölgedeki kentlilere

hizmet vermektedir. Böylece güzergâhları boyunca arazi kullanım türüne göre farklı yolculuk talepleri ortaya çıkmaktadır.

Litman (2005a) ve Litman (2005b) arazi kullanım kararlarının ulaşım sistemleri üzerindeki etkilerini beş temel arazi kulanım sınıfında ele almıştır: Bunlar "konut", "ticaret", "kamu kurumları", "endüstriyel alanlar", "ulaşım olanakları (terminal vs.)"dır. Bu tez çalışmasında da seyahat süresi tahmininde söz konusu arazi kullanım kararları kullanılmıştır.

Arazi kullanımıyla ilgili girdi değişkenlerinin değerlerini hesaplayabilmek için, öncelikle her bir dolmuşun, gidiş ve dönüş güzergâhlarına göre etkileşimde olduğu alanları tespit edilmiştir. Altlık harita olarak Ortahisar ilçe merkezi arazi kullanım haritası kullanılmıştır. Söz konusu harita 1/5000 ölçekli Ortahisar Nazım İmar Planı temin edilerek gerekli düzenlemeler yazar tarafından yapılmıştır.

Toplu taşımada otobüsler için bir durağın etki alanı yâda duraklar arası mesafe yaklaşık 200-500 metre olarak kabul edilmektedir (Babalık, 2012). Ortahisar kentinde bu mesafenin ortalama 250-300 metre civarında olduğu uydu görüntüsü üzerinden yapılan ölçümlerden anlaşılmaktadır. Çalışmada da dolmuşun etki alanı 250 metre olarak kabul edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle dolmuş güzergâhının her iki yönünde (sağlı-sollu) 250 metre ve toplam 500 metre olacak şekilde etki alanını gösterir bir koridor belirlenmiştir. Hesaplamalarda gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adlarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sonrasında topoğrafik eşiklerde dikkate alınarak, dolmuşunun yolcu alımının yasak olduğu alanlar varsa etki alanında çıkarılmıştır. Yine etki alanına göre sadece ilgili dolmuş yolcu alabiliyorsa etki alanı genişleterek dâhil edilmiştir. Böylece yolcu etkileşimi olabilecek düzeltilmiş etki alanı belirlenmiştir.

Çalışmada sayım yapılan dolmuş duraklarının düzeltiliş etki alanları ile arazi kullanım türleri Şekil 34, 35 ve 36'da gösterilmiştir.

Arazi kullanım–konut girdi değişkeninin değeri düzeltilmiş etki alanındaki konut alanlarının brüt nüfus yoğunluğunu (kişi/ha) ifade etmektedir. Her bir yolculuk için gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adları dikkate alınarak ayrı hesaplanmıştır. Eğer güzergâh boyunca etkileşimde olduğu konut alanlarına birden fazla dolmuş ile erişim mümkün ise erişilebilecek dolmuş sayısına bölünerek brüt nüfus yoğunluğu elde edilmiştir.

14) Arazi kullanımı (ticaret) (G14) : Alış veriş merkezleri, konut altı ticaret alanları, merkezi iş alanları, toptan ticaret alanları gibi ticari faaliyetlerin olduğu alanlar arazi kullanımı–ticaret girdisi kapsamında ele alınmıştır. Dolmuşun güzergâhı boyunca, 500

metre genişliğindeki etki alanında topoğrafk eşikler ve yolcu alımının yasak olduğu bölgelerin çıkarılarak elde edilen düzeltilmiş etki alanına göre dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu ticaret alanları belirlenerek metrekare cinsinden brüt toplam alansal büyüklükleri hesaplanmıştır. Eğer dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu ticaret alanına birden fazla dolmuş ile erişim mümkün ise, ticaret alanı erişilebilecek dolmuş sayısına bölünerek hesaba katılmıştır. Hesaplamalarda gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adlarına göre ayrı ayrı yapılmıştır.

15) Arazi kullanımı (kamu) (G15) : Kamu hizmet alanları sosyal alt yapı alanları ( eğitim, sağlık, sosyal ve kültürel alanlar) arazi kullanım-kamu girdi değişkeni kapsamına ele alınmıştır. Dolmuşun güzergâhı boyunca, 500 metre genişliğindeki etki alanında topoğrafk eşikler ve yolcu alımının yasak olduğu bölgelerin çıkarılarak elde edilen düzeltilmiş etki alanına göre dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu kamusal alanlar belirlenerek metrekare cinsinden brüt toplam alansal büyüklükleri hesaplanmıştır. Eğer dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu bir kamusal yapıya birden fazla dolmuş ile erişim mümkün ise, kamusal yapının alanı erişilebilecek dolmuş sayısına bölünerek hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalarda gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adlarına göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

16) Arazi kullanımı (ulaşım olanakları) (G16): Terminal alanları (şehirlerarası otogar, ilçelere ve mahallelere giden minibüslerin kalktığı yerel terminal alanları ile belediye otobüsleri terminali dâhil) arazi kullanım-ulaşım olanakları girdi değişkeni kapsamında ele alınmıştır. Dolmuşun güzergâhı boyunca, 500 metre genişliğindeki etki alanında topografik eşikler ve yolcu alımının yasak olduğu bölgelerin çıkarılarak elde edilen düzeltilmiş etki alanına göre dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu terminal alanları belirlenerek metrekare cinsinden brüt toplam alansal büyüklükleri hesaplanmıştır. Eğer dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu bir terminal alanına birden fazla dolmuş ile erişim mümkün ise, terminalin alanı erişilebilecek dolmuş sayısına bölünerek hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalarda gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adlarına göre ayrı ayrı ele alınmıştır.

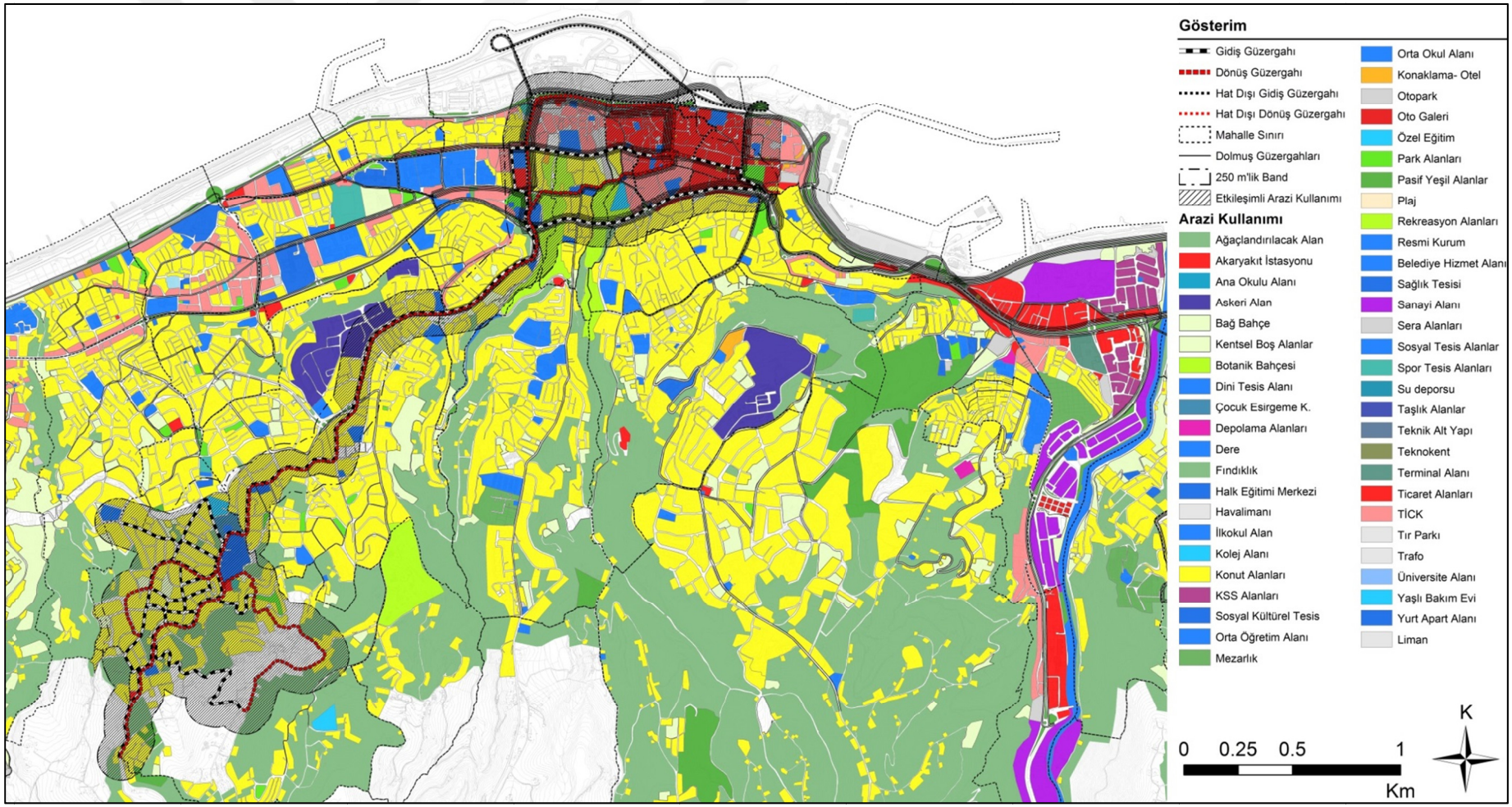
17) Arazi kullanımı (endüstriyel) (G17): Sanayi alanları ve küçük sanayi tesisleri endüstriyel arazi kullanım türünde ele alınmıştır. Düzeltilmiş etki alanına göre dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu endüstriyel alanlar belirlenerek metrekare cinsinden brüt toplam alansal büyüklükleri hesaplanmıştır. Eğer dolmuşun güzergâhı boyunca etkileşimde olduğu bir endüstriyel alana birden fazla dolmuş ile erişim mümkün ise,

endüstriyel alanın büyüklüğü erişilebilecek dolmuş sayısına bölünerek hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalarda gidiş ve dönüş güzergâhları ile hat adlarına göre ayrı ayrı ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan dolmuş duraklarından sadece Moloz–Üniversite (Tıp Hastanesi) Dolmuş Durağının etki alanında endüstriyel alanlar bulunmaktadır.

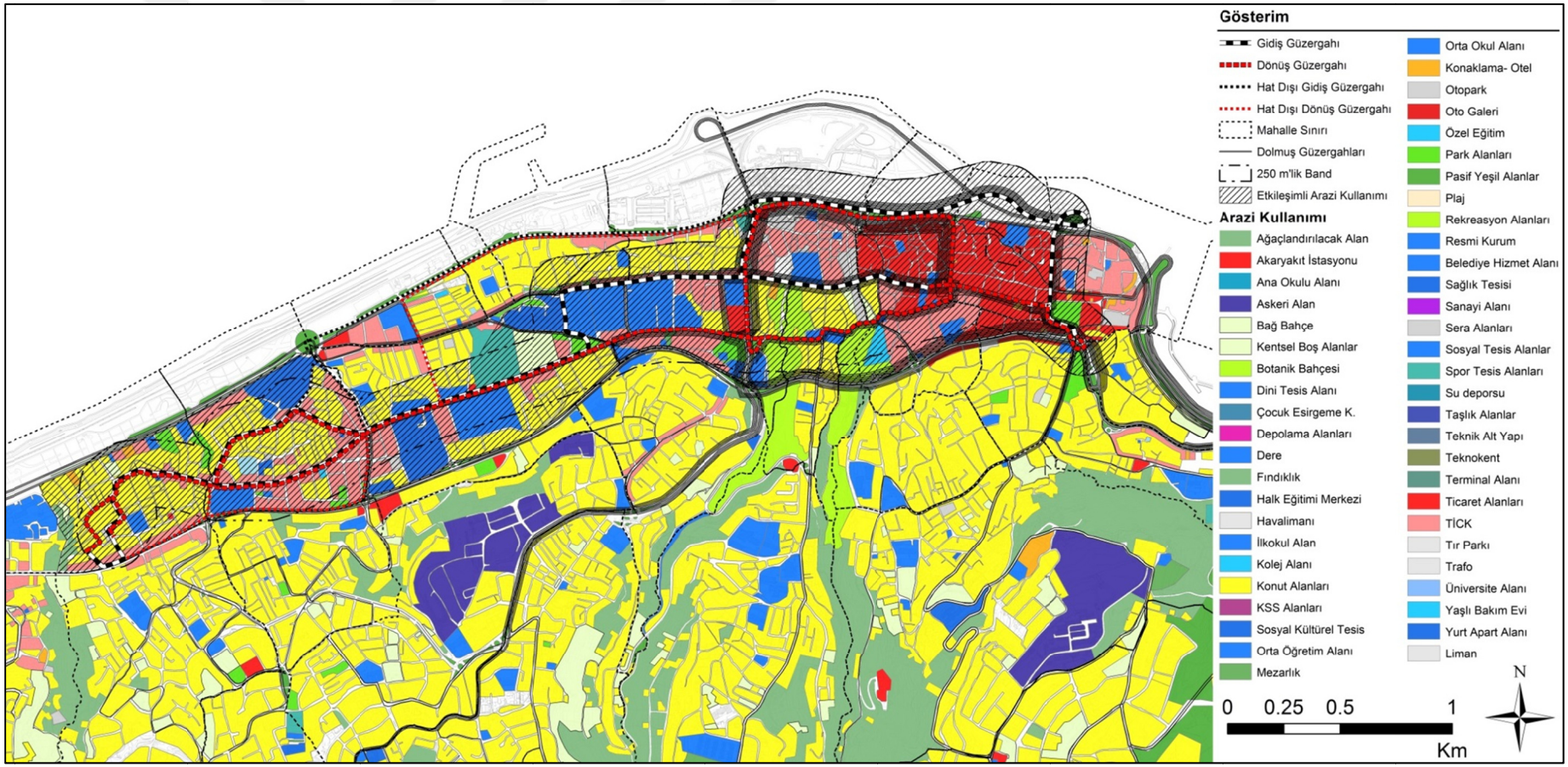
18) Arazi kullanımı (üniversite hastanesi) (G18): Diğer arazi kulanım türlerinden farklı olarak yolcu talebi yüksek olan üniversite hastanesi ayrı bir girdi olarak ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan dolmuş duraklarından sadece Moloz–Üniversite (Tıp Hastanesi) Dolmuş Durağının etki alanında üniversite hastanesi bulunmaktadır. Yolculuğun başlangıç yâda bitiş noktası üniversite hastanesinde başlıyor yada bitiyor ise girdinin değeri "1"; mahalle içine doğru yolculuk gerçekleşmişse girdinin değeri "0" olarak tanımlanmıştır.

19) Toplam yolculuk süresi: Çalışmada "toplam yolculuk süresi" çıktı değişkeni yani tahmin edilen değerdir.

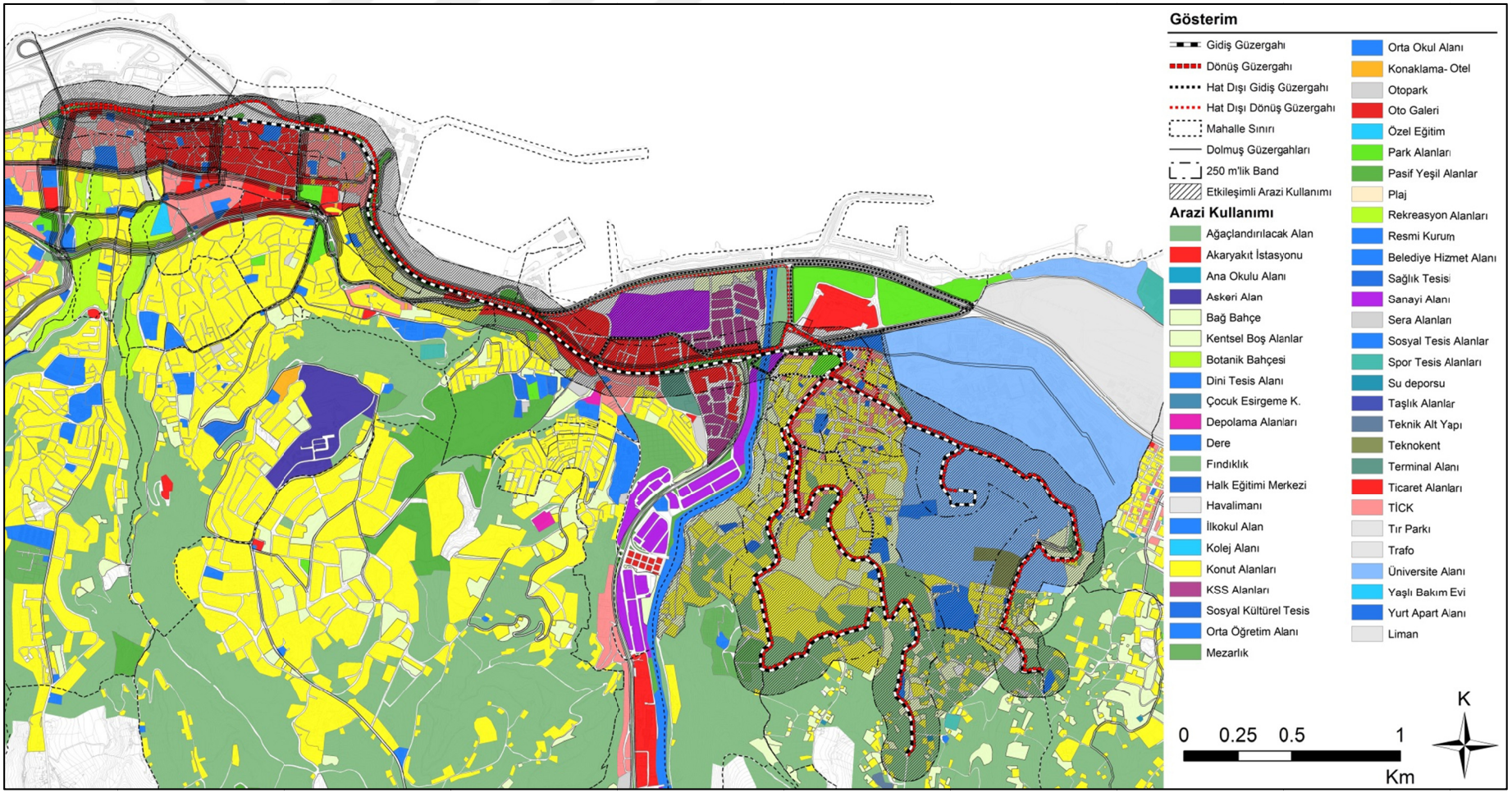
Yapılan sayımlarda dolmuşun başlangıçtaki durak noktasından ilk hareket ettiği an ile varış noktasına geldiği ana kadar geçen süre toplam seyahat süresi olarak not alınmıştır. Toplam süreyi ölçmek için "Speedometer" programından faydalanılmıştır. Yolculuğun başladığı anda çalıştırılan program yolculuk sonunda durdurulmuştur. Programın ölçmüş olduğu değer dakika+saniye olarak not alınmış modelde kullanılmak üzere saniye cinsine çevrilmiştir. Toplam seyahat süresi indi-bindide geçen toplam süre ile kırmızı ışıklarda geçen toplam süreyi de kapsamaktadır. Ayrıca arazi çalışmalarında yolcu değişimlerinde geçen toplam süre ile kayıp süreler de (kırmızı ışık+yolcu bekleme) tespit edildiğinden hareket halindeki net sürenin elde edilmesi de mümkündür.




Şekil 34. 1 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı




Şekil 35. 2 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı




Şekil 36. 3 nolu dolmuş durağı düzeltişmiş etki alanı ve etkileşimli arazi kullanımı

### 2.6. Alan Çalışması

Çalışmada, tahmin modelinde kullanılacak girdi değişkenleri ve veriyi toplama yöntemleri belirlendikten sonra saha çalışmasına geçilmiştir. Öncelikle nihai alan çalışmasından önce ön çalışma yapılarak girdi değişkenleri ve veri toplama yöntemleri test edilmiştir. Ön çalışma 30.07.219; 31.07.219; 01.08.2019 ve 06.08.2019 tarihlerinde dört gün sürmüştür. Çalışma 3 anketör ölçüm yapmıştır. Ön çalışmada Karşıyaka-Meydan dolmuş durağında 20; Çamlık- Meydan dolmuş durağında 22; Fatih-Kuran Kursu-Meydan dolmuş durağında 18; Meydan-tıp-bostancı dolmuş durağında 20 ve Meydan-Beşirli dolmuş durağında 12 ölçüm yapmıştır.

Anketör, Meydan ve civarında dolmuşa binerek ölçümü başlatmış, mahalleye varınca ölçümü tamamlamıştır. Sonrasında mahalleden dolmuşa binerek meydana geri dönüş yapmıştır. Ölçümler 08:00-08:30 ile 18:30-19:00 saatleri arasında yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen deneyimler dikkate alınarak Ek arazi çalışma föyü oluşturulmuştur. Tahmin modelinde kullanılacak girdi değişkenleri ve veriyi toplama yöntemlerinin saha çalışmalarıyla toplanılabileceği ve ölçümlerde kullanılacak "Speedometer" programının etkin çalıştığı görülmüştür. Ayrıca ölçümlerde dikkat edilmesi gereken hususlar belirlenerek nihai alan çalışması safhasına geçilmiştir.

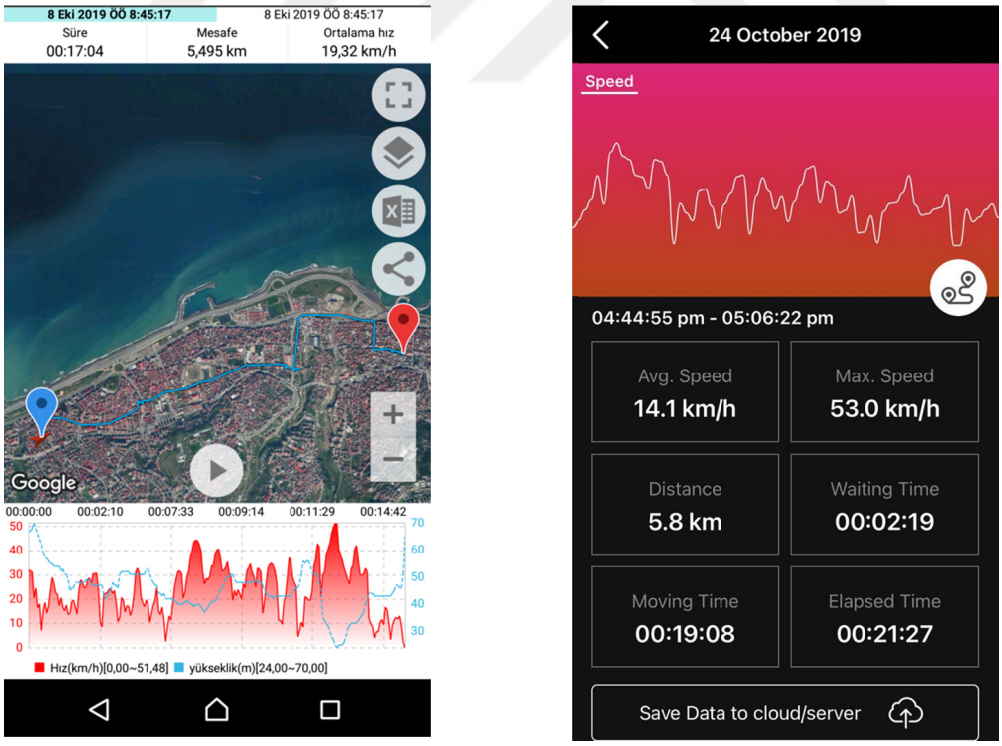
Alan çalışması 07.10.2019-28.10.2019 tarihleri arasında 22 gün olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 16 farklı anketör ile ölçüm yapılmıştır. Ölçümler hafta içi ve cumartesi günlerinde iki haftada iki kez sayım yapacak şekilde gerçeklemiştir. Pazar günü içinse tek bir hafta ölçüm yapılmıştır. Böylece tüm duraklar için farklı iki haftada hafta içi günleri ile hafta sonu cumartesi günleri için iki gün boyunca sayım yapılmıştır. Sayımlarda, anketörlerin uygunluğuna göre bir program çıkartılmıştır. Aynı gün içerisinde farklı duraklarda farklı anketörler sayım yapılmıştır ancak aynı durakta farklı iki haftada sayım yapılmıştır. Bir anketör bir günde, bir durakta ortalama otuz ölçüm yapabilmiştir. Bu sayı duraklara göre değişkenlik göstermektedir.

İki hafta içerisinde, hafta içi ile hafta sonu cumartesi günleri ve pazar günü için sadece bir haftada yapılan ölçümler e göre Çamlık-Meydan dolmuş durağında 354, Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya Meydan dolmuş durağında 333 ve Moloz- Üniversite-Tıp hastanesi dolmuş durağında 328 ölçüm olmak üzere toplamda 1015 ölçüm yapılmıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Dolmuş duraklarına göre yapılan ölçümler

| Sayım yapılan durak | Gerçekleştirilen ölçüm sayısı |
|---|---|
| 1 nolu durak | 354 |
| 2 nolu durak | 333 |
| 3 nolu durak | 328 |
| Toplam | 1015 |

Ölçümler saat 07:00-8:00 arasında başlanmış 18:30-19:30 arasında sonlandırılmıştır. Sayımı yapan anketör ilk olarak Meydan bölgesindeki dolmuşların kalkış yaptığı ana durak noktalarından ilgili dolmuşa binerek sayımı başlatmıştır. Mahalledeki dolmuşların bekleme yaptığı ve depolandığı son durak noktasında da inmiştir. Aynı kişi mahalledeki durak noktasından sıradaki dolmuşa binerek geri dönmüştür. Sayımlar dolmuş hareket ettiği andan itibaren başlatılmıştır. Gidiş ve geliş bir tur olarak kabul edildiğinde, hatlara göre değişkenlik gösterse de, bir anketör günde ortalama olarak yaklaşık on beş tur (otuz ölçüm) yapabilmiştir. Ölçümlerde kullanılan "Speedometer" programının yolculuk sonrası çıktı örnekleri şekil 37'de gösterilmiştir.




Şekil 37. GPS tabanlı Speedometer programı çıktı örneklerinden

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde arazi çalışmalarıyla elde edilen veriler kullanılarak YSA ile dolmuşun seyahat süresinin tahmini ve sonuç çıktıları incelenerek değerlendirilecektir.

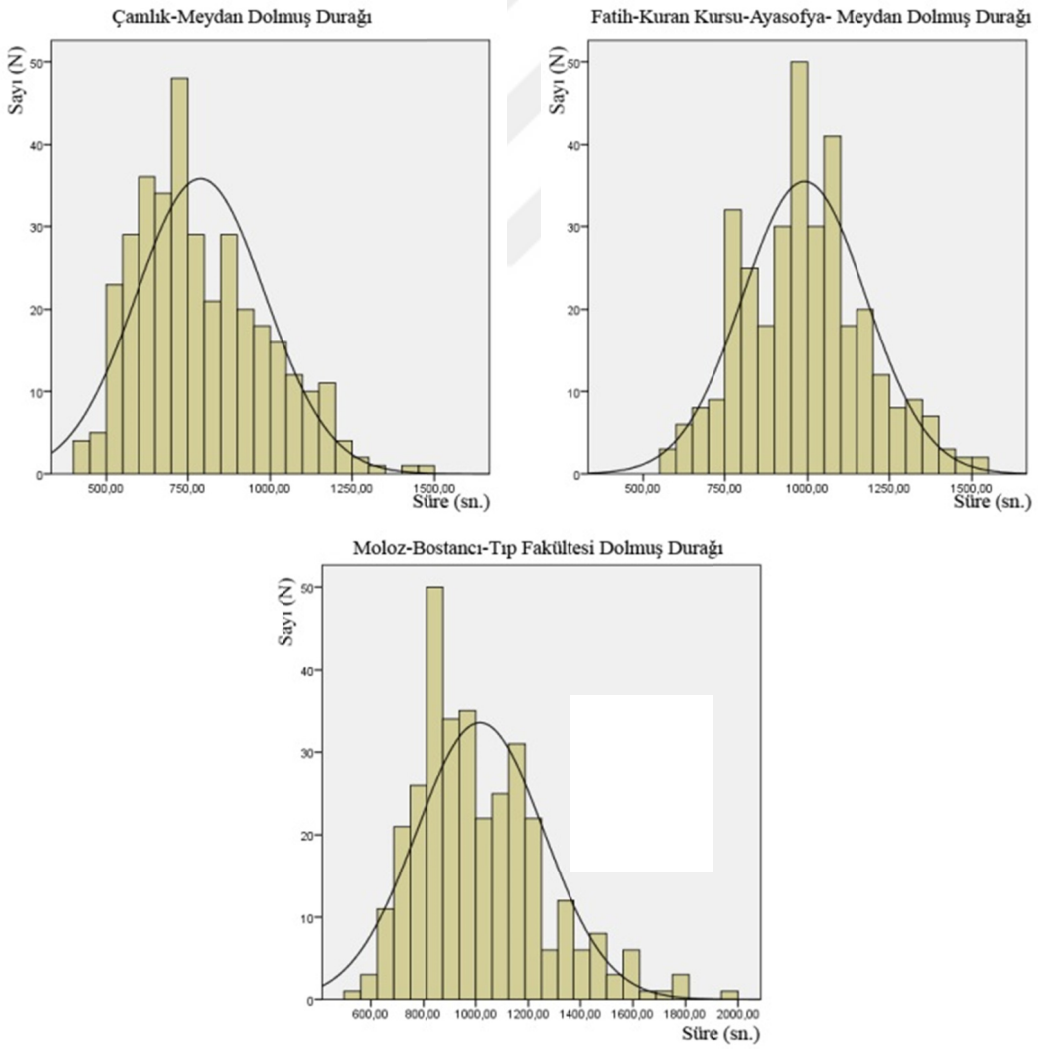
### 3.1. Temel İstatistiki Değerlendirme

YSA tahmin modellerinde kullanılmak üzere çalışmanın amacına uygun olarak toplanan girdi değişkenlerinin değerleri bazı istatistik analizlere göre değerlendirilmiştir (Tablo 33 ). Buna göre, en kısa seyahat süresi ölçümü 1 nolu durak için gerçekleşirken (428 sn.) en uzun süre ölçümü 3 nolu durakta (1966 sn.) gerçekleşmiştir. Ortalama seyahat süresi 1 nolu durak, 2 nolu durak ve 3 nolu durak için sırasıyla 788,37 (sn.); 990,74 (sn.) ve 1016,51 (sn.) şeklinde gerçekleşmiştir. Duraklara göre ölçülen seyahat süresinin standart sapması 1 nolu durak, 2 nolu durak ve 3 nolu durak için sırasıyla 197,38 (sn.) 187,48(sn.) ve 243,71(sn.) olup birbirlerine yakın oldukları söylenebilir. Duraklara göre ölçülen seyahat süresinin 1 nolu durak, 2 nolu durak ve 3 nolu durak için sırasıyla medyan değerleri sırasıyla 745,50 (sn.), 983 (sn.) ve 971 (sn.); mod değerleri ise sırasıyla 591(sn.), 961(sn.) ve 861 (sn.) olarak gerçekleşmiştir. 1 nolu durak için ölçülen medyan ve mod değerleri 2 ve üç nolu durağa kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 33).

Tablo 33. Duraklara göre seyahat süresine (sn.) ilişkin istatistiki değerler

| | Durak Adı | | |
|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak |
| Frekans | 354 | 333 | 328 |
| Minimum | 428 | 558 | 541 |
| Maksimum | 1492 | 1523 | 1966 |
| Ortalama | 788,37 | 990,74 | 1016,51 |
| Medyan | 747,50 | 983 | 971 |
| Mod | 591 | 961 | 861 |
| Varyans | 38955,43 | 35146,99 | 59390,36 |
| Standart sapma | 197,38 | 187,48 | 243,71 |
| Ortalama güzergâh uzunlukları (km) | 5,22 | 4,97 | 6.48 |
| Bir km'de ortalama süre | 151,39 | 201,15 | 162,18 |

Çalışmanın ikinci bölümünde de izah edildiği üzere dolmuş durakları kendi içerisinde alt hatlara ayrılmaktadır (Bölüm 2.2.1.). Dolayısıyla aynı dolmuş durağında farklı alt hatlara göre farklı güzergâhlar ortaya çıkmaktadır. Bu güzergâhların uzunlukları, araç ve yolcu yoğunluğu ile arazi kullanım ilişkisi de değişkenlik göstermektedir. Duraklara göre seyahat sürelerini karşılaştırabilmek için km'de ki ortalama süreleri hesaplanmıştır. Yapılan ölçümlere göre 2 nolu durak için bir km'deki ortalama seyahat süresi diğer duraklara kıyasla daha fazla olurken (201,15 sn.) 1 nolu durak için bu süre en az (151, 39 sn.) olmuştur. 3 nolu durak için bir km'deki ortalama seyahat süresi ise 162,18 sn. olarak gerçekleşmiştir. Ölçüm yapılan dolmuş durakları için ortalama güergah uzunluları ise 1 nolu durak için 5,22 km, 2 nolu durak için 4,97 km ve 3 nolu durak için 6,48 km olarak tespit edilmiştir (Tablo 33).




Şekil 38. Duraklara göre seyahat süresinin (sn.) histogram grafiği

Yapılan ölçümlerden duraklara göre seyahat süresinin medyan değeri 2 nolu durak için (983 sn.) ve 3 nolu durak için (971 sn. ) 1 nolu durağa (747,5 sn.) göregörece daha fazladır. Benzer şekilde duraklara göre seyahat süresinin mod değeri 2 nolu durak (961 sn.) ile 3 nolu durağın (861 sn.) 1 nolu durağa göre (591 sn.) görece daha fazladır (Şekil 38).

### 3.2. Seyahat Süresi Tahmin Analizi

Çalışmada dolmuşun seyahat süresi tahmin etmek için YSA modellerinde farklı sayıda girdi değişkenleri denenmiştir. Özellikle, seyahat süresi tahmininde arazi kullanım ile ilgili girdilerin yalın halde kullanılması yâda diğer girdiler ile birlikte kullanılması durumunda tahmin modelinin başarısı irdelenmiştir. Çalışmada, konut alanları, ticaret alanları, kamusal alanlar ( okul, hastane vb.), terminal alanları kullanılan başlıca arazi kullanım türlerindendir. Böylece, farklı sayıda girdiler kullanılarak modelin yeteneğine göre ideal girdi sayısı saptanmaya çalışılmıştır. YSA kullanılarak gerçekleştirilen tahmin analizinde girdi sayılarına göre beş model denenmiştir:

- Birinci modelde tüm girdi değişkenleri kullanılarak tahmin yapılmıştır.
- İkinci modelde girdi değişkenlerinden ikisi ( hattın adı (G1), en yüksek hız (G9)) çıkartılarak tahmin yapılmıştır.
- Üçüncü modelde girdi değişkenlerinden dördü (başlangıçtaki yolcu sayısı (G3), inen/ binen toplam yolcu sayısı (G5), yolcu indirme/bindirmedeki geçen toplam süre (G6), kayıp süre (G11)) daha çıkartılarak tahmin yapılmıştır.
- Dördüncü modelde sadece arazi kullanım ile ilgili girdiler kullanılarak tahmin yapılmıştır.
- Beşinci modelde ise arazi kullanım ile birlikte deneme yanılma yoluyla tespit edilen ve YSA'nın tahmin yeteneğini en iyi şekilde gerçekleştiren iki girdi değişkeni (tıkanıklık (G12), ortalama hız (G8)) dikkate alınarak tahmin gerçekleştirilmiştir.

Modellerin tümünde, öncelikle çalışma kapsamında ele alınan üç dolmuş durağı için ayrı ayrı tahmin modeli kurularak sonuçlar elde edilmiştir. Sonrasında üç dolmuş durağına ait girdiler birlikte kullanılarak modelin başarısı sınanmıştır.

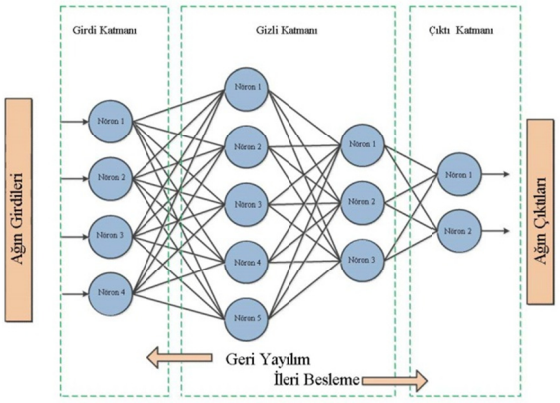
Çalışanın bundan sondaki bölümlerinde yapılacak değerlendirmelerde Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı için: "1 Nolu dolmuş durağı", Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya-Meydan Dolmuş Durağı için: "2 nolu dolmuş durağı", Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi

Dolmuş Durağı için: “3 nolu dolmuş durağı” ve bu üç durak verilerinin birlikte kullanıldığı durumlarda ise “bütünleşik model” ifadeleri kullanılacaktır. Çalışmada, ikinci ve üçüncü modeldeki girdi değişkenleri elenirken, değişkenin barındırdığı bilginin dolaylı olarak diğer bir değişken tarafından da barındırıyor olması düşünülerek yapılmıştır. Her bir modelde kullanılan girdi değişkenleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Beşinci modelde arazi kullanım girdilerinin yanına diğer girdiler tek tek eklenmiştir. Eklenen değişkene göre modelin tahmin başarısı ölçülmüş, tahmini en başarılı kılan girdi değişkeni tespit edilmiştir. Arazi kullanım girdileri ile tespit edilen girdi, diğer girdilerle denenerek tahmin soncunu başarılı kılan ikinci girdi değişkeni belirlenmiştir. Böylece arazi kulanım girdileriyle birlikte iki farklı girdi değişkeni belirlenerek ideal sayıda model yapısı oluşturulmuş, çoklu regresyon yöntemiyle de tahmin yapılmış ve YSA ile karşılaştırılmıştır.

### 3.2.1. Seyahat Süresi Tahmin Analizinde Kurulan YSA Mimarisinin Yapısı

Yukarıda tarif edilen modellerin tamamında YSA yöntemi kullanılmıştır. YSA için Matlab programı kullanılmıştır. Programda ara yüz olarak değil kodlama ile tahmin yapılmıştır. YSA mimarisi oluşturulurken ise aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır (Ek Tablo 16).

Ağın tipi: Tahmin modeli çok katmanlı bir yapıda olduğu için ileri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bir ağ (feed forward back propagation) kullanılmıştır. Chien vd., (2002), Mazloumi vd., (2009), Yin vd., (2017), Jabamony ve Shanmugavel, (2019), otobüs seyahat süresi tahminine yönelik yaptığı çalışmalarda ileri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bu ağ tipini kullanmışlardır. Örnek bir ileri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bir ağın yapısı Şekil 39’da gösterilmiştir. Bu ağ yapısında iki temel aşama bulunmakta olup bunlar: ileri besleme ve geri yayılımadır. Çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda nöronlar arasındaki bilgi akışı girişten çıkışa doğru tek yönlüdür Süreçte bir katman sadece kendinden sonraki katmana bağlanır ve sadece kendinden sonra gelen nörona girdi olabilir (Uğur ve Kınacı, 2006). Ağın probleme uygun çözüm üretebilmesi için eğitim, doğrulama ve test veri kümlerinin tanıtılması gerekmektedir. Geri beslemeli ağlarda katmanlar arasında sinir hücreleri birbiriyle bağlantılıdır.




Şekil 39. İleri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bir ağın yapısı

Nöronlarda bir hafız vardır ve ileri beslemeli ağlardaki gibi sadece kendinden sonraki katmana bilgi vermez. Bu aşamada bir nöron kendi katmanındaki bir nörona yâda kendinden önceki katmandaki bir nörona girdi olarak bağlanabilir (Ülker ve Civelek, 2002). Ağ geri besleme sayesinde ortaya çıkan her türlü hatayı belirleyerek geriye dönük hata düzeltmesi yapmaktadır. Bu sayede aynı hataları önlemesi kolaylaşmaktadır. Bu aşamanın sonunda elde edilen çıkış değerleri hata fonksiyonuna aktarılır. Hatalar geriye yayılarak ağırlıklar güncellenir ve toplam hata minimize edilene kadar süreç devam eder (Haykin 1999).

Eğitim algoritması ve öğrenme algoritması: YSA, kendisine verilen girdi değişkenleri ile bu girdilere karşılık gelen çıktı değişkenleriyle öğrenmeyi ve eğitimini gerçekleştirmektedir. Öğretmenli eğitim olarak adlandırılan bu yapıya göre ileri besleme aşamasında ağın oluşturduğu çıktıya göre oluşan hataların geriye doğru yayılmasında öğrenme algoritması oldukça önem taşımaktadır. Levenberg–Marquardt (trainlm) öğrenme algoritması ağırlık ve bias değerlerini güncelleyen bir ağ eğitim fonksiyonu olması ve geri yayılımlı ağ yapısında başarılı olmasından dolayı çalışma kapsamında eğitim algoritması olarak seçilmiştir. Öğrenme fonksiyonu olarak Adaptif öğrenme algoritması (traingdm) kullanılmıştır. YSA modellerinde öğrenme oranı “0.01” ve momentum katsayısı “0.9” olarak alınmıştır.

Girdi katmanındaki nöron sayısı: Girdi katmanında kullanılan nöron sayısı/girdi değişkeni sayısı her bir modelde farklılık göstermektedir. Modellere göre kullanılan girdi sayıları aşağıdaki ilgili bölümlerde açıklanmıştır.

Ara/gizli Katman Sayısı: Çalışma kapsamında oluşturulan YSA modellerinde bir gizli katman kullanılarak gizli katmandaki hücre/nöron sayısı deneme-yanılma yoluyla

belirlenmiştir. Nöron sayısı belirlenirken ağın performansı dikkate alınmıştır. Ağın performansı da tahmin sonuçları ile ölçülen gerçek değerler arasındaki sapmaya göre farklı yöntemlerle belirlenmiştir. Kullanılan performans ölçütleri: "MAPE"; "MPE"; "MSE"; "RMSE"; "SSE"; "MAD"; "Korelasyon"; "NS" Modelin performansını en iyi gerçekleştiren ara katmandaki nöron sayısı tespit edilerek ara katman sayısına karar verilmiştir.

Performansın belirlenmesi: Kurulan modellerde ağın eğitim performansını ölçen ölçüt "SSE" olarak belirlenmiştir. Ağın genel performansını ise gerçekleşen değerler ile ağın ürettiği çıktı değerleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Sıklıkla kullanılan performans ölçütlerinden "MAPE"; "MPE"; "MSE"; "RMSE"; "SSE"; "MAD"; "Korelasyon"; "NS (Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı) " kullanılmıştır. Bu ölçütlerin hesaplama formülleri Tablo 17'de verilmiştir. Bu ölçütlerden MAPE, korelasyon katsayısı ve NS modellerin performansı yorumlamada kullanılmıştır. Diğer ölçütler ise karşılaştırmalarda kullanılmıştır.

MAPE tahmin hatalarını yüzde olarak ifade etmektedir. İstatistiki değerlendirmelerde MAPE değerinin tek başına anlamlı olması çokça tercih edilmesine neden olmaktadır (Akgül, 2003). MAPE değeri %10'un altında olan modeller "çok iyi", % 10 ile % 20 arasında olan modeller "iyi", % 20 ile % 50 arasında olan modeller "kabul edilebilir" ve % 50'nin üzerinde olan modeller ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırılmıştır (Lewis, 1982).

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NS-E), Nash ve Sutcliffe (Nash ve Sutcliffe, 1970) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Gözlenen ve hesaplanan verilerin birbirlerine yaklaşma oranlarını ifade etmektedir. Değer $-\infty$ ile 1 arasında değişmekte olup 1'e ne kadar yaklaşırsa modelin o derece iyi performans gösterdiği anlamına gelmektedir. NSE=1 olması durumunda modelin mükemmel çalıştığı ve çok iyi oranda sonuç ürettiği kabul edilmektedir (Nash ve Sutcliffe, 1970).

Eğitim, doğrulama ve test veri kümesi: YSA modellerinde veriler ağa sunulurken genelde eğitim, doğrulama ve test kümeleri olarak sınıflandırılır. Böylece bağımlı ve bağımsız verilerin ağa tanıtılmasının yanı sıra verilerin ne kadarlık kısmının eğitim, doğrulama ve test amacıyla kullanması gerekeceği de ağa tanıtılır. Eğitim kümesi ağın öğrenmesini, doğrulama kümesi eğitim sürecinin durdurulacağı zamanın belirlenmesini ve test kümesi sonuçların genelleştirilmesi için kullanılır. Yapılan çalışmalarda eğitim, doğrulama ve test kümeleri %80, %10, %10 veya %70, %15, %15 veya %60, %20, %20

olarak ayrılak model kurgulanmıştır (Hamzaçebi, 2021). Çalışma kapsamında kurulan YSA modellerinde, verilerin yaklaşık % 70'i eğitim, %15'i, doğrulama ve %15'i test veri kümesinde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Doğrulama ve test kümesinde verilerin rastgele seçilmesine ve genel verilerin bütün özelliklerini taşıyor olmasına dikkat edilmiştir.

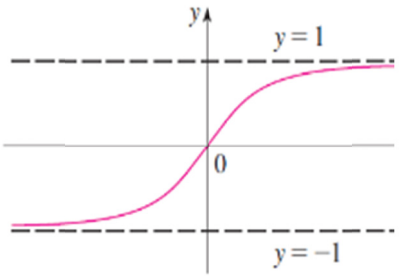
Verilerin normalleştirilmesi: YSA'da girdi verileri programa tanıtılırken, değerleri (0-1) veya (-1,1) aralığında olacak şekilde dönüştürülmesi gerekmektedir. Ayrıca YSA'da ağın çıktısı ile gerçekleşen değerlerin aynı aralıkta olması için de normalleştirilmiş girdi değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Normalleştirme için aşağıdaki denklem kullanılmıştır. İşlem Matlab programında gerçekleştirilerek verilerin (0-1) aralığında normalize edilmiştir.

$$x_n = \frac{x_0 - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \tag{22}$$

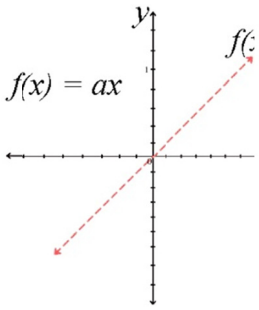
Burada, $x_n$ normalleşmiş veriyi, $x_0$ orijinal veriyi $x_{min}$ ve $x_{max}$ girdi seti içerisinde yer alan en küçük ve en büyük sayıyı ifade etmektedir.

Ağın durdurulması: YSA'da ağın mimarisi ve eğitilmesi kadar sürecin ne zaman sonlanacağının da belirtilmesi gerekmektedir. Durdurma kriterlerinin uygun tanımlanmaması yâda ulaşamayacağı kriterlerin tanımlanması durumunda ağ sürekli iterasyon yapmaya devam edecektir. Ağ tanımlanan durdurma kriterleri: "belirli iterasyon sayısın ulaşınca durulması"; "belirli bir sürenin sonunda durulması" ve "belirli bir hata düzeyine ulaşınca durması" şeklinde tanımlanmaktadır. Üç kriterden herhangi biri gerçekleştiği anda ağ eğitimi tamamlanmaktadır. Kurulan modellerde; maksimum iterasyon sayısı = "10000" ; performans hedefine göre istenilen en düşük hata düzeyi (sıfıra oldukça yakın olması önemli) = "1e-500000" , maksimum süre = "3600" (sn.) olarak tanımlanmıştır.

Aktivasyon fonksiyonu: YSA'da tahmin problemlerinde ağın başarısını etkileyen önemli faktörlerden biride aktivasyon fonksiyonudur. Çalışmada kurulan modellerin tamamında, tahmin amaçlı kurulan çok katmanlı ağlarda olduğu gibi, "hiperbolik tanjant fonksiyonu" (1) gizli katman aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Çıktı katman aktivasyon fonksiyonu olarak doğrusal bir fonksiyon olan "özdeşlik fonksiyonu" kullanılmıştır (Şekil 40).




$$f(x)\frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}} \quad (23)$$




$$f(x) = x \quad (24)$$

Şekil 40. Aktivasyon fonksiyonu grafiği

Tahmin Modelinde Kullanılan Girdiler: Tez çalışmanın ikinci bölümünde arazi çalışmalarıyla elde edilen girdi değişkenlerinin neler olduğu ve ne tür bilgiyi barındırdıkları aktarılmıştır. YSA tahmin modellerinde kullanılacak olan her bir değişken için sırasıyla bir kısaltma tanımlanmıştır. Tablo 34'te modellerde kullanılan girdilerin kısaltmalar verilmiştir.

Tablo 34. Tahmin modelde kullanılan girdiler

| No | Girdi değişkeni | Kısaltması | No | Girdi değişkeni | Kısaltması |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Hattın adı | G1 | 10 | Yolculuk güzergâh uzunluğu | G10 |
| 2 | Tarih/haftanın günü | G2 | 11 | Kayıp süre | G11 |
| 3 | Başlangıçtaki yolcu sayısı | G3 | 12 | Tıkanıklık | G12 |
| 4 | Yolcu indirme/bindirmedeki durma sayısı | G4 | 13 | Arazi kullanım (konut) | G13 |
| 5 | İnen/ binen toplam yolcu sayısı | G5 | 14 | Arazi kullanım (ticaret) | G14 |
| 6 | Yolcu indirme/bindirmedeki geçen toplam süre | G6 | 15 | Arazi kullanım (kamu) | G15 |
| 7 | Yolculuğun başlama saati | G7 | 16 | Arazi kullanım (ulaşım alt yapısı) | G16 |
| 8 | Ortalama hız | G8 | 17 | Arazi kullanım (endüstriyel-KSS) | G17 |
| 9 | En yüksek hız | G9 | 18 | Arazi kullanım (üniversite (hastane)) | G18 |

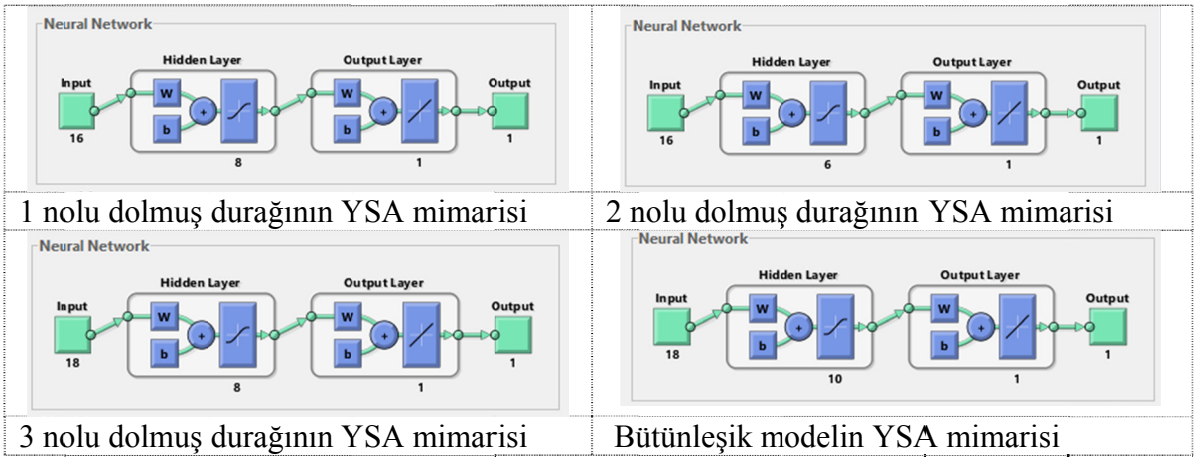
### 3.2.2. Birinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar

Birinci modelde arazi çalışmalarıyla elde edilen tüm girdi değişkenleri kullanılarak tahmin analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında sayım yapılan üç farklı durak için tahmin analizi ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca üç farklı duraktan elde edilen veriler birleştirilerek tek bir analiz ile de test edilmiştir. Birinci modelde her bir durak için kullanılan girdi değişkenleri Tablo 35' te verilmiştir.

Tablo 35. Birinci tahmin modelinde kullanılan girdiler

| | Durak adı | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik model |
| Kullanılan girdi değişkenleri | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16 | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16 | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18 | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18 |

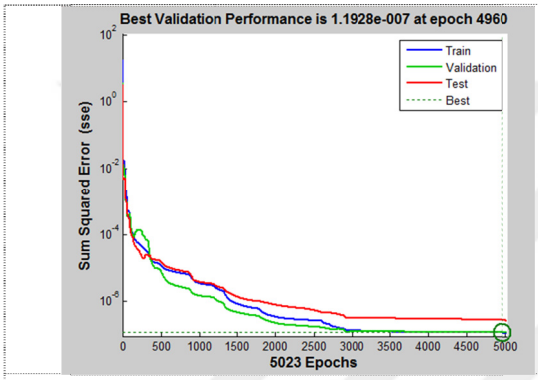
Tahmin analizinde kurulan dört farklı YSA mimarilerinin yapıları, deneme-yanılma yoluyla belirlenen gizli katmandaki nöron sayıları Şekil 41'de verilmiştir. Mimaride gizli katmandaki nöron sayısı 1 nolu dolmuş durağı için 8, 2 nolu dolmuş durağı için 6, 3 nolu dolmuş durağı için 8 ve bütünleşik model için 10 olarak belirlenmiştir.



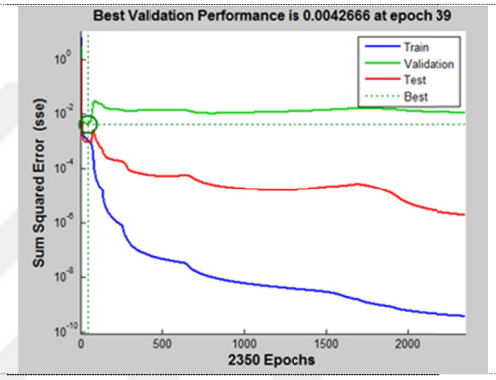

Şekil 41. Matlab programında kurulan birinci modellere ilişkin YSA mimarileri

Seyahat süresi tahmininde YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafikleri Şekil 42'de toplu olarak verilmiştir. Şekil 42'ye göre 1 nolu dolmuş durağı, 2 nolu dolmuş

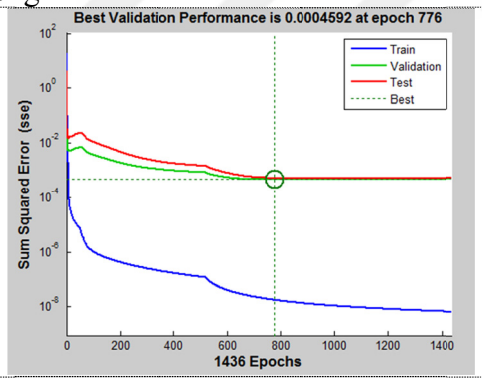
durağı, 3 nolu dolmuş durağı ve bütünleşik model için kurulan ağların eğitilmesi sırasıyla 5023., 2350., 1436. ve 382. iterasyon sonrası tamamlanmıştır. Süreçte eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin (SSE) değişiminin gösterildiği grafikten en iyi performansın 1 nolu dolmuş durağı, 2 nolu dolmuş durağı, 3 nolu dolmuş durağı ve bütünleşik model için sırasıyla 4960., 39., 776. ve 222. iterasyonda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Devamında tüm veri kümeleri için hata değerleri azalarak optimum seviyeye inmiştir. Eğitimin sonundaki ağırlık değerleri en iyi değerler olarak program tarafından atanmıştır.



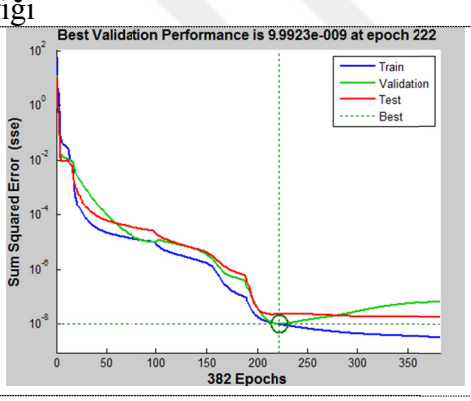

1 nolu dolmuş durağının hata- performans grafiği




2 nolu dolmuş durağının hata- performans grafiği




3 nolu dolmuş durağının hata- performans grafiği



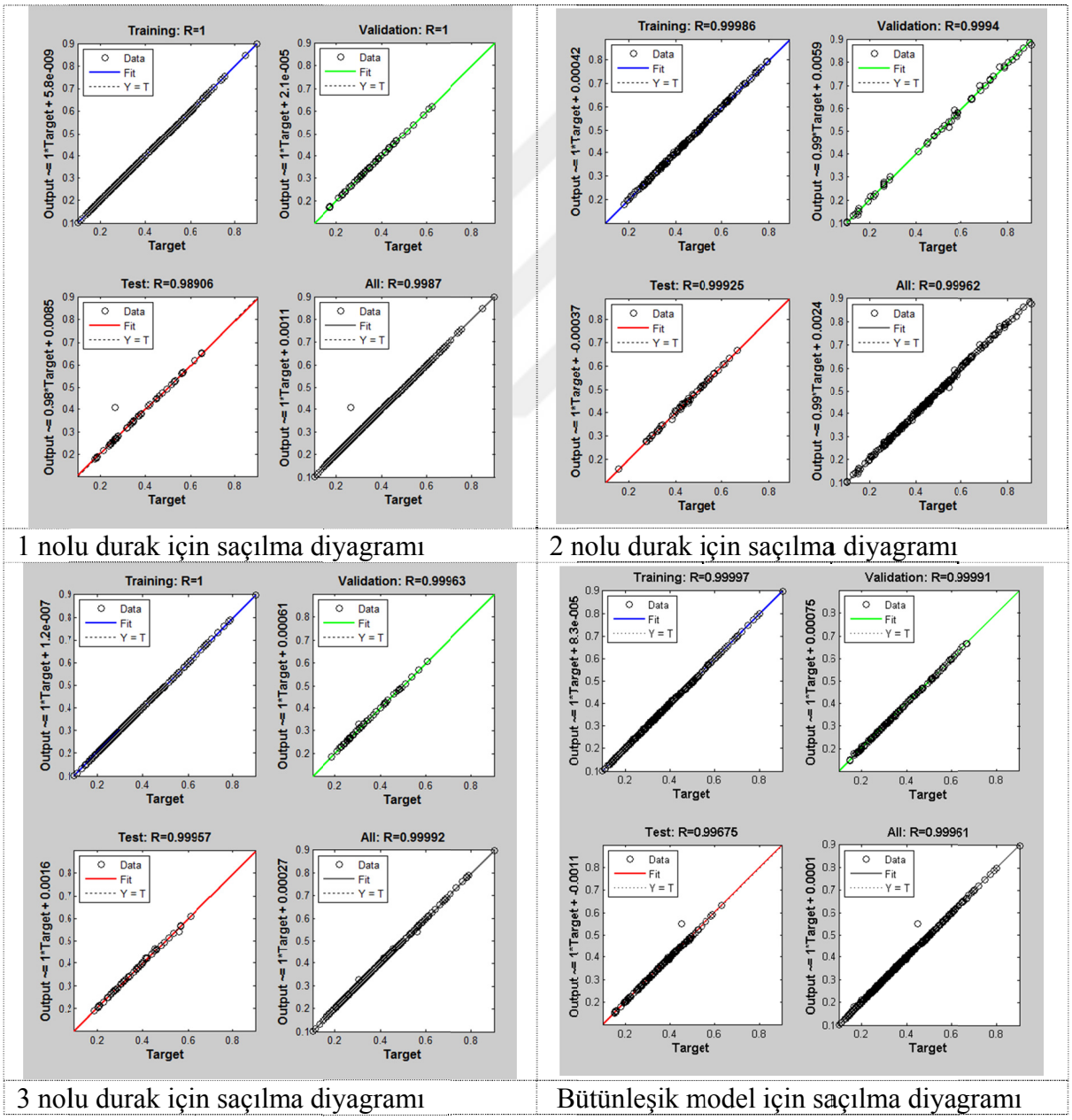

Bütünleşik modelin hata- performans grafiği

Şekil 42. Birinci YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği

Tahmin analizinde ağın eğitim, doğrulama ve test verileri üzerindeki tahmin başarısı ile toplam başarısını gösteren regresyon katsayısı ve regresyon grafikleri Şekil 43'de verilmiştir. Regresyon katsayısı hedef değerler/ölçülen gerçek değerler (x düzlemi) ile ağın ürettiği çıktı değerleri (y düzlemi) arasındaki ilişkiyi, başka bir ifade ile korelasyonu göstermektedir. Hedef değerler ile ağın ürettiği çıktı değerlerine göre oluşan doğru ise "Fit" olarak gösterilmiştir. 45°'lik açıyla çizilmiş olan "Y=T" doğrusu ile hedef ve çıktı

değerlerinin tahmin modeline ilişkin doğrusunun (Fit) aynı hizada olması tahminin doğruluğunu ve iyi bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

1 nolu dolmuş durağı için kurulan ağın eğitim, doğrulama, test ve toplamı için R değerlerinin 0,98'dan büyük ve 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir (Şekil 43). 2 nolu durak, 3 nolu durak ve bütünleşik model için kurulan ağlarda da benzer sonucun ortaya çıktığı, R değerlerinin 1 ve 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir. Kurulan modellerin toplam başarıya göre $R^2$ değerleri 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 0,98, 1, 1, 0,99 olarak hesaplanmıştır.




1 nolu durak için saçılma diyagramı

2 nolu durak için saçılma diyagramı

3 nolu durak için saçılma diyagramı

Bütünleşik model için saçılma diyagramı

Şekil 43. Birinci YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

$R^2$ değerlerinin 1 ve 1'e oldukça yakın olması ağın öğrenme işlemini başarı ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Dolayısıyla belirlenen bağımsız değişkenlerin yaklaşık % 98 ve üzeri bir oranında seyahat süresini açıkladığı anlaşılmaktadır. Toplam başarıya göre oluşan "y=ax + b" şeklindeki regresyon grafiklerinin denklemleri:

1 nolu durak için y=1x + 0,0011;

2 nolu durak için y=0,099x + 0,0024;

3 nolu durak için y=1x + 0,00027;

Bütünleşik model için y=1x + 0,0001;

olduğu görülmektedir. Burada a'nın (x katsayısının) 1'e ve b'nin 0'a yakın olması YSA için giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki betimlememi en iyi şekilde yapıldığını göstermektedir.

YSA modellerinin tahmin analizindeki başarı performansı ağın ürettiği çıktı verileri ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasıyla da yapılmıştır. Tablo 36'da literatürde yaygın olarak kullanılan performans ölçütlerine göre ağların tahmindeki başarıları ölçülmüştür. Performans ölçütlerine göre dört ağın da korelasyon katsayısı ile Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısının 1'e çok yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ağın ürettiği çıktı değerleri ile gerçekleşen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca MAPE değerlerinin %10'un altında olması modelin çok iyi çalıştığını, güvenilir ve tutarlı olduğu göstermektedir.

Tablo 36. Birinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans çıktıları

| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 0,0076 | 0,1038 | 0,1045 | 0,3235 |
| MPE | -2,30E-03 | 8,85E-04 | -8,80E-03 | -6,52E-02 |
| MSE | 0,0089 | 15,2232 | 29,2567 | 234,752 |
| RMSE | 0,0943 | 3,9017 | 5,4089 | 15,3216 |
| SSE | 0,000397 | 15,2232 | 29,2567 | 234,752 |
| MAD | 0,0601 | 0,9645 | 1,26 | 3,1704 |
| Korelasyon | 0,999 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9968 |
| NS | 0,999 | 0,999 | 0,9991 | 0,9934 |

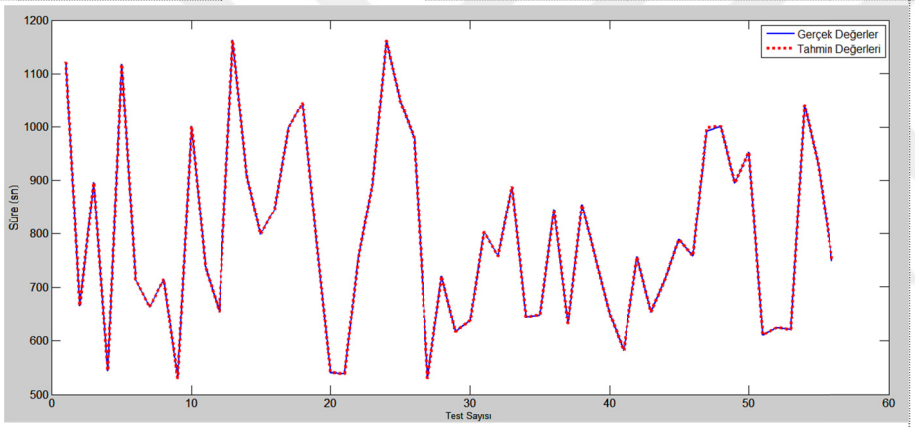
YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafiği Şekil 44'te gösterilmiştir. Grafiklerde, gerçekleşen değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Gerçekleşen değerler ile ağın tahmin ettiği değerler ise Ek Tablo 4 ve Ek Tablo 5'te verilmiştir.

Birinci modelde, arazi çalışmalarıyla elde edilen tüm girdi değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilen tahmin analizinde YSA'nın oldukça başarılı olduğu, gerçeğe yakın tahminler de bulunduğu, tanımlanan girdi değişkenleriyle çıktı değerleri arasındaki betimlemenin başarılı bir şekilde gerçekleştiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda ara toplu taşıma sistemlerinin seyahat sürelerinin tahmin edilebileceği anlaşılmakta olup çalışmanın hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, çalışma kapsamında elde edilen girdi değişkenlerinin seyahat süresi tahmininde kullanılabileceği görülmektedir.

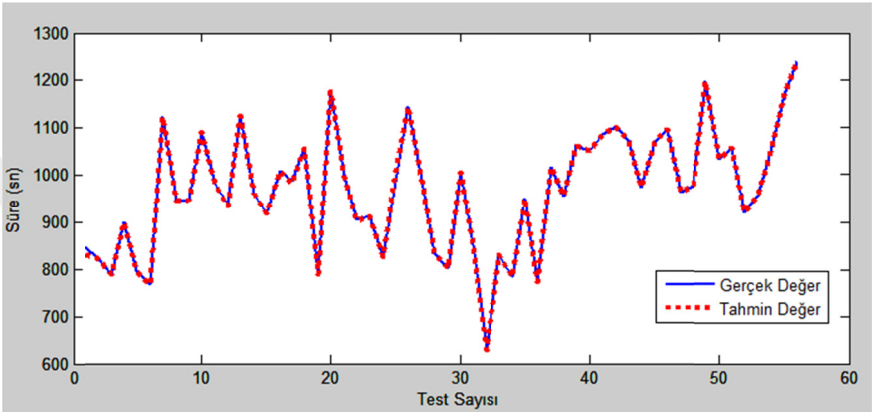
### 3.2.3. İkinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçları

Çalışma kapsamında elde edilen ve üretilen tüm girdi değişkenleri kullanıldığında YSA'nın çok iyi çalıştığını ve istenilen düzeyde tahmin sonuçları ürettiği görülmüştür. Ancak daha az sayıda girdi ile de aynı başarının elde edilebilirliğinin sorgulanması, sonraki çalışmalara yön vermesi bakımından önemlidir. Çalışmada, sınırlı zaman aralığında ve maliyetli bir şekilde veriler toplandığından bazı verilerin diğer veriler ile kesişebileceği durumu ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bazı girdi değişkenlerinin barındırdığı bilgiyi aslında başka bir girdi ile de sağlanabileceği varsayılabilmektedir. Dolayısıyla bazı girdi değişkenlerin elenerek tahmin modelinin başarısının tekrar sınanması gerekmektedir.

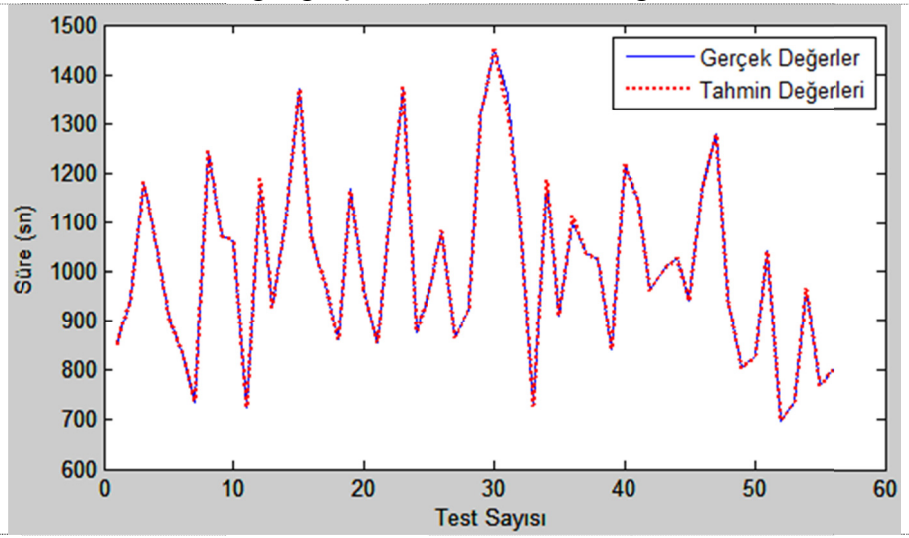
İkinci modelde iki girdi değişkenin elenmesine karar verilmiş hattın adı (G1) ve en yüksek hız (G9) olan girdiler çıkarılmıştır. Ortahisar kentindeki dolmuşlar aynı durak içerisinde farklı güzergâhları izleyerek sefer yapabilmektedir. Birinci modelde, kullanılan her bir güzergâh bilgisi ayrı bir girdi olarak modelde kullanılmıştı. Ayrıca her bir yolculuk için güzergâh uzunluğu bilgisi de modele dâhil edilmişti. Aynı dolmuş durağında izlenilen farklı güzergâhlar dikkate alındığında, aslında, ölçülen güzergâh uzunluğu bilgisi dolaylı olarak "Hattın adı (G1)" girdi değişkeni bilgilerini de temsil edeceği düşünülmektedir. Dolayısıyla hattın adı (G1) girdisinin elenerek sadece güzergâh uzunluğu (G10) girdisinin kullanılması modelde yeterli olacağı düşülmektedir. Yine dolmuşun seyir halindeki ortalama hızı ile en yüksek hızı mukayese edildiğinde hız ile ilgili sadece "ortalama hız (G8)" girdisinin kullanılarak denenmesine ve en yüksek hız (G9) girdisinin elenmesine karar verilmiştir.



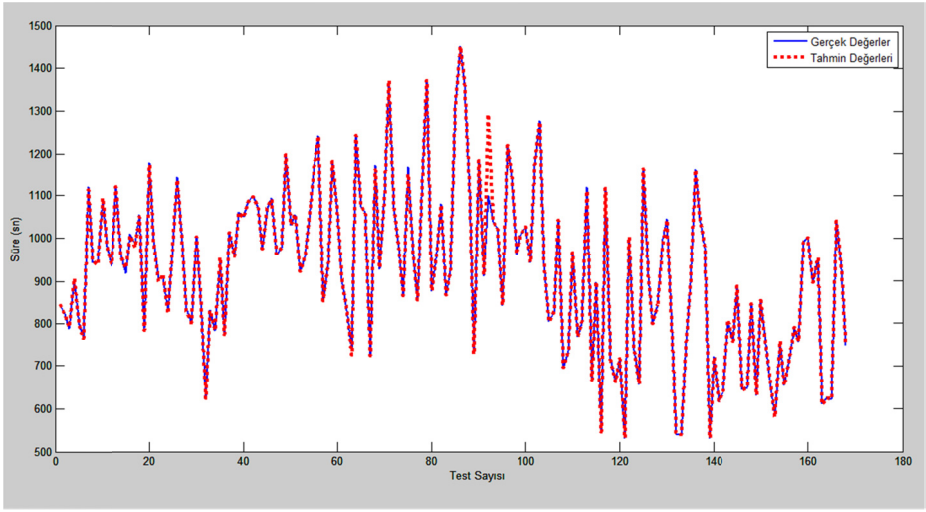

1 nolu durağın gerçek ve YSA verilerine göre salınımı




1 nolu durağın gerçek ve YSA verilerine göre salınımı




3 nolu durağın gerçek ve YSA verilerine göre salınımı




Bütünleşik modelin gerçek ve YSA verilerine göre salınımı

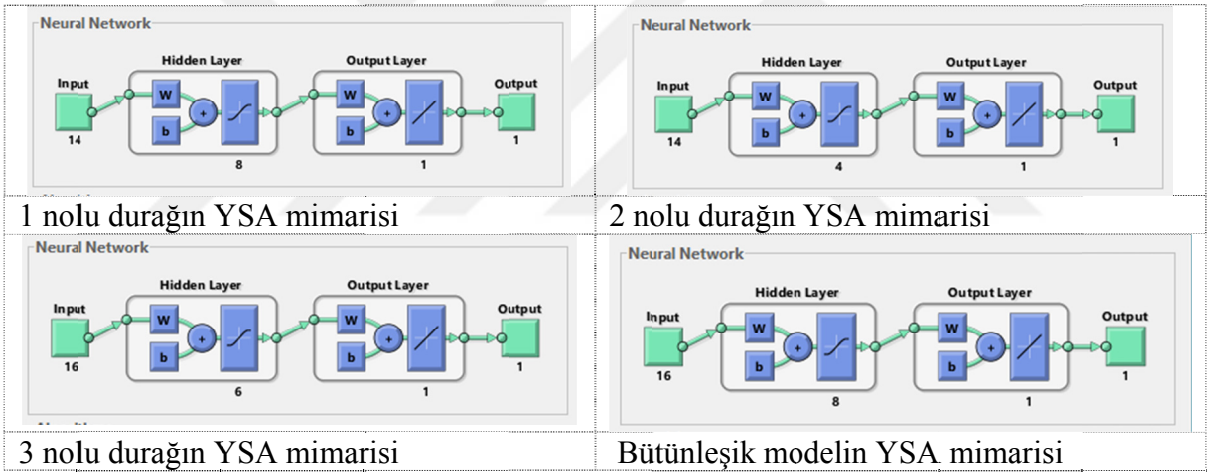
Şekil 44. Birinci modellere göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi

İkinci modelde kullanılan girdi değişkenleri Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. İkinci tahmin modellerinde kullanılan girdiler

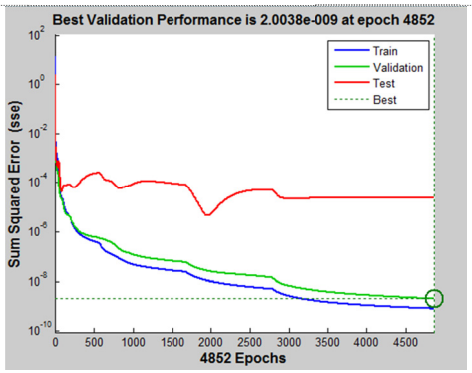
| | Durağın adı | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik model |
| Kullanılan girdi değişkenleri | G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16 | G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16 | G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, | G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, |

İkinci modelde kurulan YSA mimarilerinin yapıları, deneme yanılma yoluyla belirlenen gizli katmandaki nöron sayıları Şekil 45'te verilmiştir. YSA'da gizli katmandaki nöron sayısı 1 nolu durak için 8, 2 nolu durak için 4, 3 nolu durak için 6 ve bütünleşik model için 8 olarak belirlenmiştir.

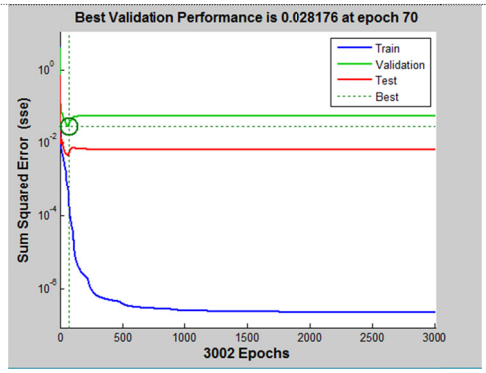



Şekil 45. Matlab programında kurulan ikinci modellere ilişkin YSA mimarisi

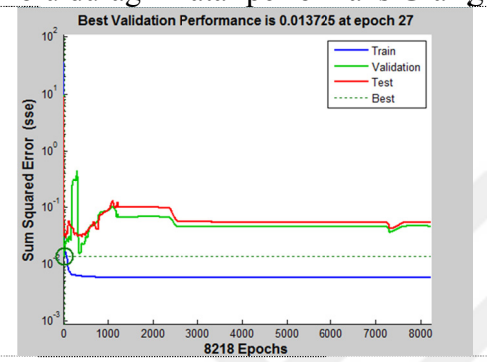
İkinci modeldeki YSA'ların eğitim sonrası performans grafikleri Şekil 46'da verilmiştir. Şekil 46'ya göre 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için kurulan ağların eğitilmesi sırasıyla 4852, 3002, 8218 ve 10000 iterasyon sonunda tamamlanmıştır. Süreçte eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin (SSE) değişiminin gösterildiği grafikten en iyi performansın 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 4852., 70., 27. ve 402. iterasyonda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 1 nolu durak için kurulan YSA hariç diğer YSA modellerinde en iyi performansın ölçülmesinin devamında hata değerleri azalarak optimum seviyeye indiği görülmektedir.



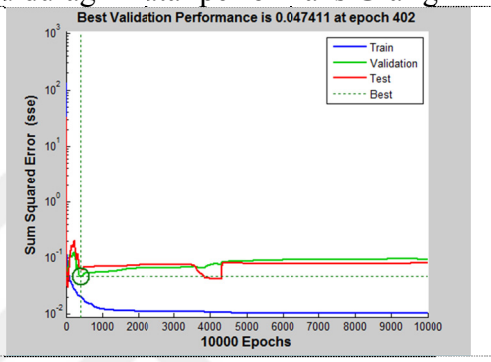

1 nolu durağın hata- performans Grafiği




2 nolu durağın hata- performans Grafiği




3 nolu durağın hata- performans Grafiği



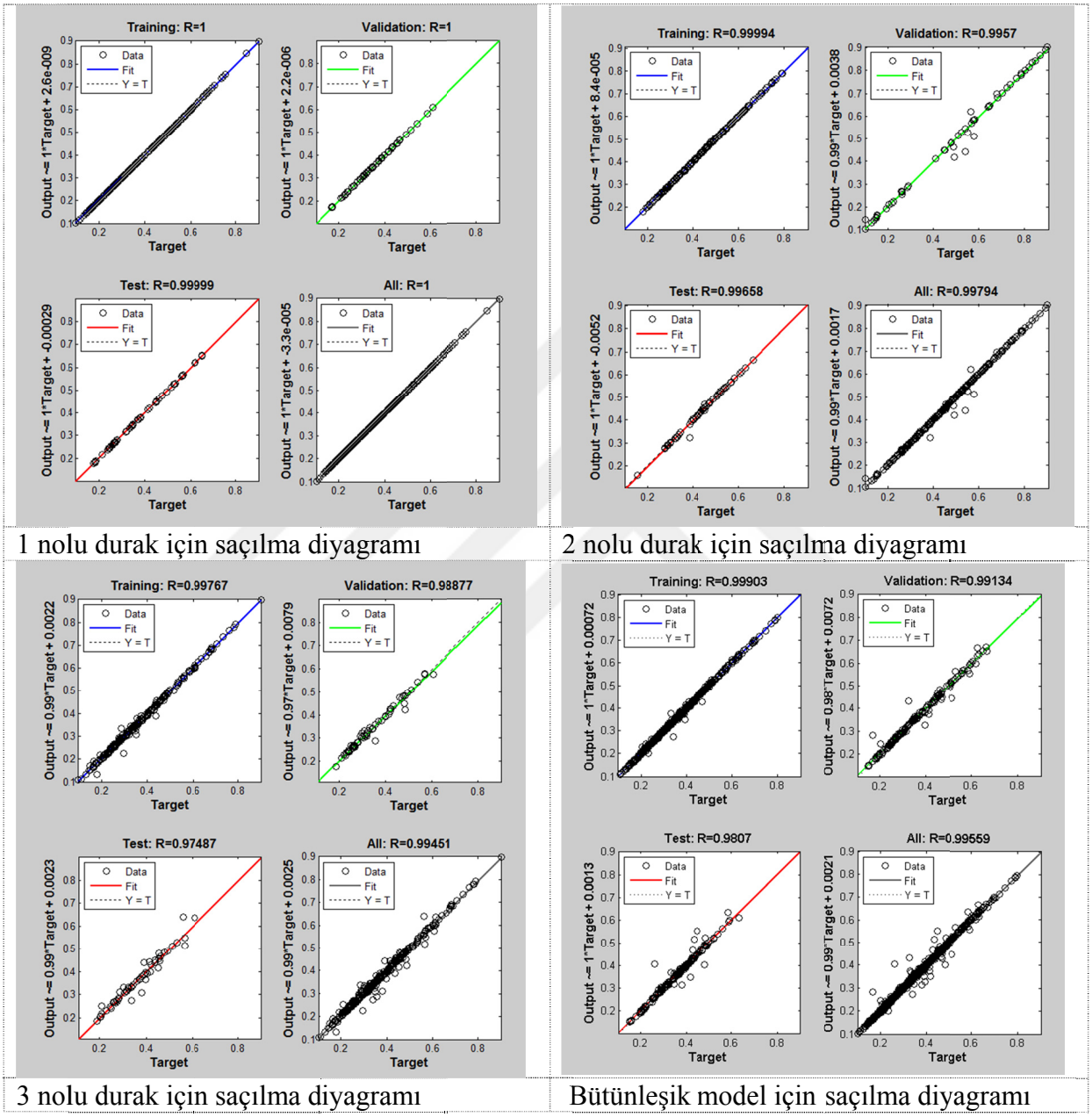

Bütünleşik modelin hata- performans Grafiği

Şekil 46. İkinci YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği

Tahmin analizinde ağın eğitim, doğrulama, test verileri ile toplam başarısını gösteren regresyon katsayısı ve saçılma diyagramı Şekil 47'de verilmiştir. Buna göre kurulan ağların eğitim, doğrulama, test ve toplamı için regresyon değerlerinin genel itibariyle 0,98'den büyük ve 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir (Şekil 47). Tüm girdiler kullanılarak oluşturulan birinci modellerdeki regresyon değerlerine benzer sonuçların ikinci modelde de ortaya çıkmıştır. 45$^{o}$'lik açıyla çizilmiş olan "Y=T" doğrusu ile hedef ve çıktı değerlerinin tahmin modeline ilişkin doğrusunun (Fit) aynı hizada olması tahminin doğruluğunu ve iyi bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

1 nolu durak için kurulan ağın eğitim, doğrulama, test ve toplamı için regresyon değerlerin 0,99'dan büyük ve 1 veya 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir. 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için kurulan ağlarda da benzer sonucun ortaya çıkmıştır. "R" değerlerin 1 ve 1'e oldukça yakındır. Kurulan modellerin toplam başarıya göre $R^2$ değerleri 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 0.99, 1, 1, 0.99 olarak hesaplanmıştır.

$R^2$ değerlerinin 1'e oldukça yakın olması ağın öğrenme işlemini başarı ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Dolayısıyla belirlenen bağımsız değişkenlerin yaklaşık % 99 ve üzeri bir oranında seyahat süresini açıkladığı anlaşılmaktadır.




1 nolu durak için saçılma diyagramı

2 nolu durak için saçılma diyagramı

3 nolu durak için saçılma diyagramı

Bütünleşik model için saçılma diyagramı

Şekil 47. İkinci YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

Bu bakımdan elenen iki girdi değişkenin doğru seçildiği, ağın performansının birinci modele göre değişmediği ve yını başarıyı sergilediği söylenilebilir. Toplam başarıya göre oluşan "y=ax + b şeklindeki regresyon grafiklerinin denklemleri:

1 nolu durak için y=1x + 3,3e-005;

2 nolu durak için y=0,099x + 0,0017;

3 nolu durak için y=0.099x + 0,0025;

Bütünleşik model için y=0.099x + 0,0021;

olduğu görülmektedir. Burada a'nın 1'e ve b'nin 0'a yakın olması YSA için giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki betimlemenin en iyi şekilde yapıldığını göstermektedir.

Kurulan ikinci YSA modellerinin ürettiği çıktı değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasıyla yapılan başarı sınanması Tablo 38'de verilmiştir. Performans ölçütlerine göre dört farklı YSA modelinin korelasyon katsayısı ile Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısının 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ağın ürettiği çıktı değerleri ile gerçekleşen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca MAPE değerlerine göre modelin çok iyi çalıştığı, güvenilir ve tutarlı olduğu görülmektedir.

Tablo 38. İkinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans çıktıları

| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 0,0145 | 0,3644 | 2,2857 | 1,5766 |
| MPE | -1,39E-02 | 1,86E-01 | -5,69E-02 | -2,71E-01 |
| MSE | 0,7349 | 116,0495 | 1732,6 | 1416,6 |
| RMSE | 0,8573 | 10,7726 | 41,6249 | 37,638 |
| SSE | 0,7349 | 2,7196 | 1732,6 | 1416,6 |
| MAD | 0,1456 | 3,3617 | 24,2545 | 14,8533 |
| Korelasyon | 1 | 0,9966 | 0,9749 | 0,9807 |
| NS | 1 | 0,9927 | 0,9484 | 0,9601 |

İkinci modellerde YSA nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafikleri Şekil 48'de gösterilmiştir. Grafiklerden, gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin tıpkı birinci modelde olduğu gibi birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Birinci modele kıyasla 1 nolu durak ile bütünleşik modelin salınım grafiğinde gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği değerler arasındaki sapmaların daha fazla olduğu noktalar olsa da ikinci modelinde oldukça başarılı tahmin gerçekleştirebildiğini söyleyebiliriz. Ağın tahmin ettiği değerler ile ölçülen gerçek değerler ve farkları Ek Tablo 6 ve Ek Tablo 7'de verilmiştir.

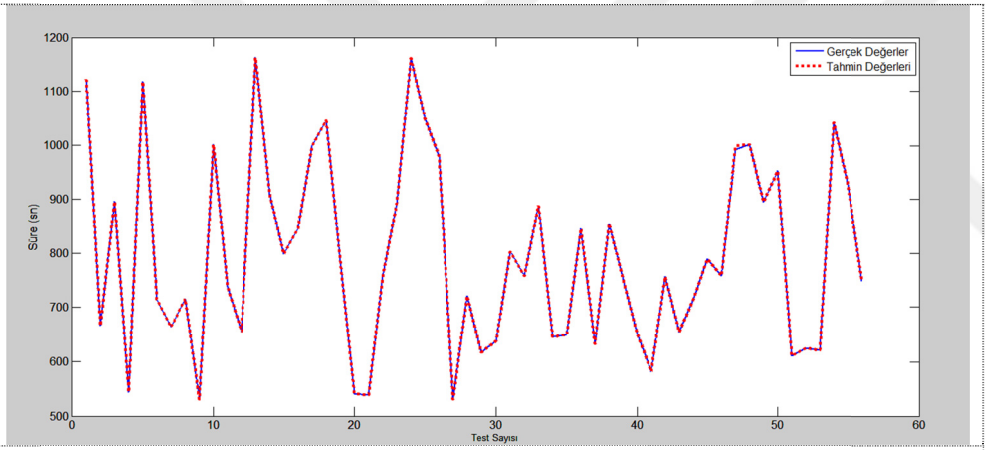
### 3.2.4. Üçüncü Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar

Üçüncü modelde dört girdi değişkenini daha eleyerek YSA'nın tahmin yeteneğindeki başarısının sınanmasına karar verilmiştir. "Başlangıçtaki yolcu sayısı (G3)", "İnen/ Binen toplam yolcu sayısı (G5)", "Yolcu indirme/bindirmedeki geçen toplam süre (G6)", "Kayıp süre (G11)" üçüncü modellerdeki elenen girdi değişkenleridir. Böylece, üçüncü modelde, seyahatin başladığı andaki yolcu sayısı, seyahat boyunca gerçekleşen yolcu değişimleri ve bu değişimlerde harcanan zaman ile kayıp süre verileri kullanılmadan tahmin yapılmıştır. Yolcu indirme/bindirmedeki geçen toplam süre ile kırmızı ışıkta bekleme veya yolcu almak için bekleme gibi seyahat dışı beklemelerin tutulduğu kayıp süre verileri aynı zamanda toplam süre içerisinde de yer aldığı düşünülerek bu girdilerin elenmesine karar verilmiştir. Seyahate başlandığı andaki yolcu sayısı ile seyahat boyunca gerçekleşen yolcu değişimleri yolcu indirme/bindirmedeki durma sayısıyla ilişkili olduğu düşünülerek bu girdiler elenmiştir. Değerlendirme sonrası üçüncü modelde kullanılan girdi değişkenleri Tablo 39'da verilmiştir.

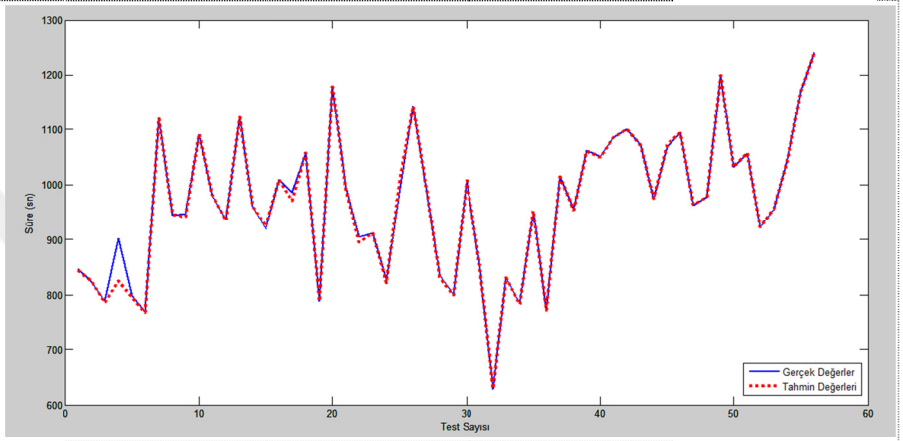
Tablo 39. Üçüncü tahmin modelinde kullanılan girdiler

| | Durağın adı | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
| Kullanılan girdi değişkenleri | G2, G4, G7, G8, G10, G12, G13, G14, G15, G16 | G2, G4, G7, G8, G10, G12, G13, G14, G15, G16 | G2, G4, G7, G8, G10, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, | G2, G4, G7, G8, G10, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, |

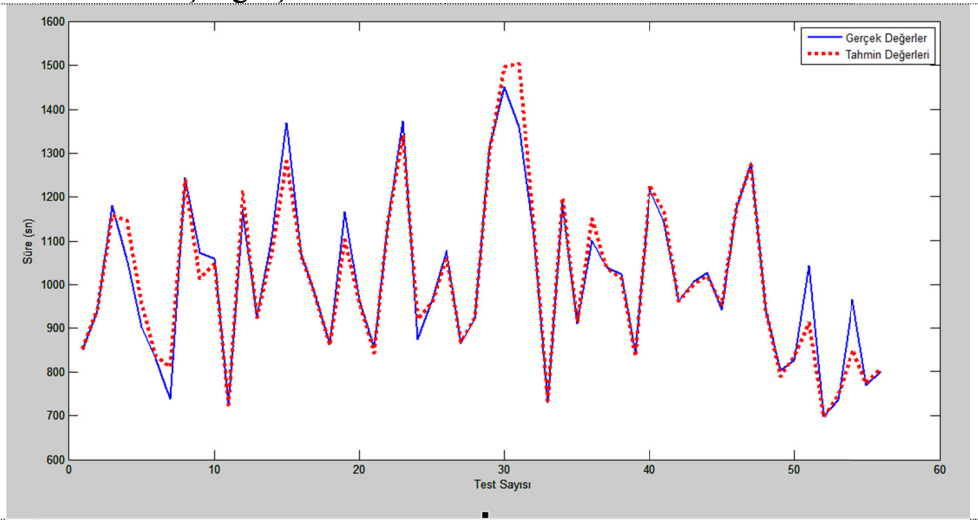
Üçüncü modelde kurulan dört ağların mimari yapıları, deneme yanılma yoluyla belirlenen gizli katmandaki nöron sayıları Şekil 49'da verilmiştir. Mimaride gizli katmandaki nöron sayısı 1 nolu durak için 4, 2 nolu durak için 6, 3 nolu durak için 4 ve bütünleşik modelde 6 olarak belirlenmiştir.



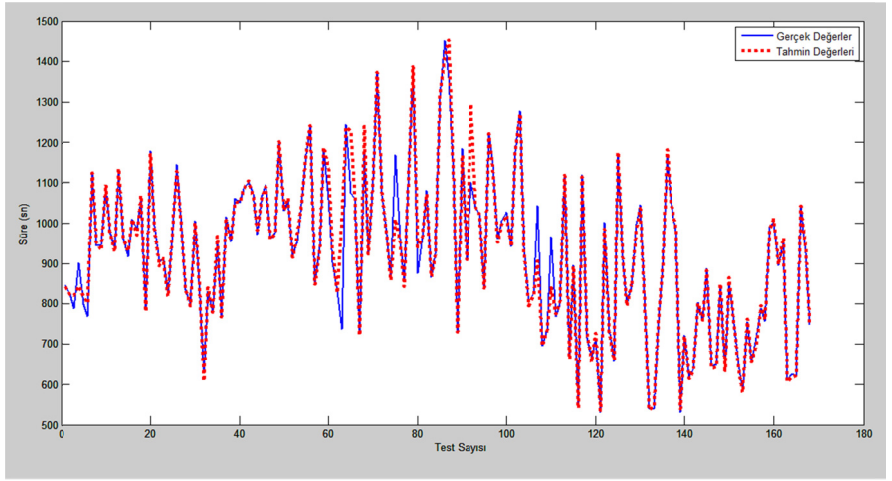

1 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı




2 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı

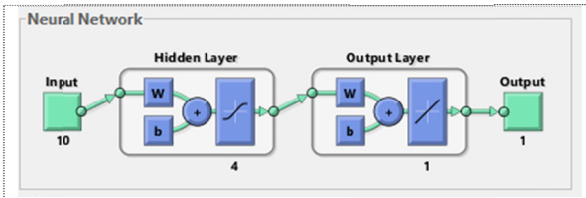



3 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı

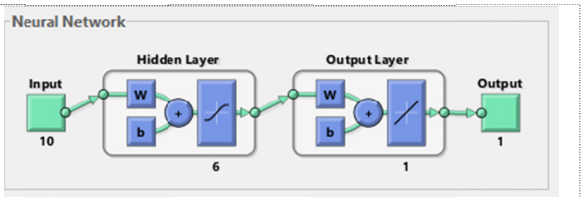



Bütünleşik model içingerçek ve YSA verileri salınımı

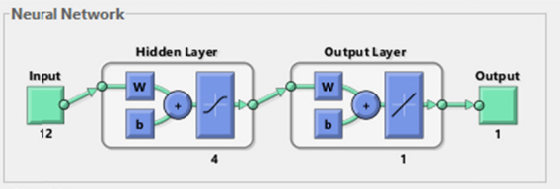
Şekil 48. İkinci YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi



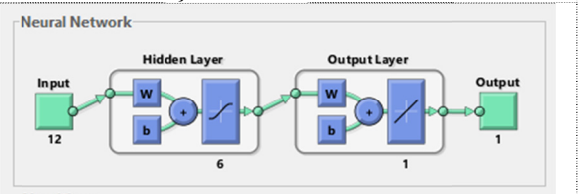

1 nolu durak için YSA mimarisi




2 nolu durak için YSA mimarisi



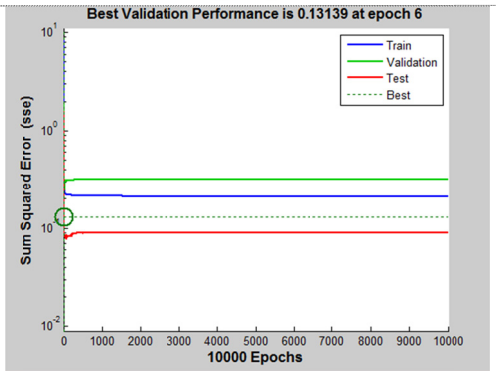

3 nolu durak için YSA mimarisi



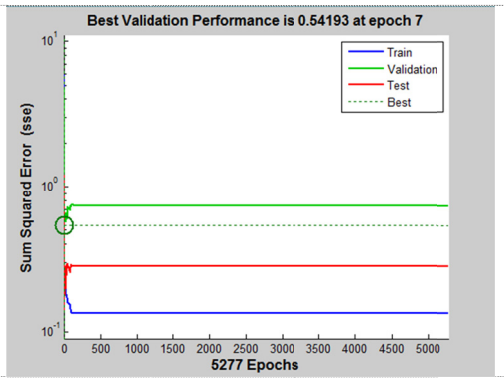

Bütünleşik model için YSA mimarisi

Şekil 49. Matlab programında kurulan üçüncü modellere ilişkin YSA mimarisi

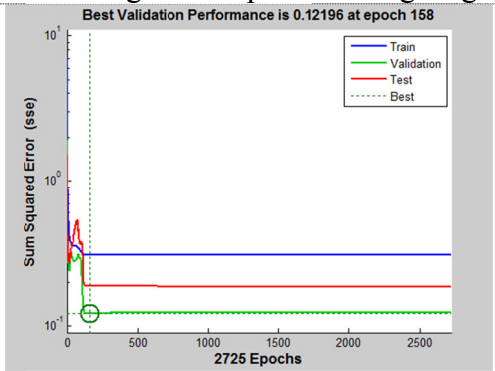
Kurulan YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafikler Şekil 50'de toplu olarak verilmiştir. Şekil 50'ye göre Ç-M-DD, F-KK-M-DD, M-Ü-DD ve bütünleşik model için kurulan ağların eğitilmesi sırasıyla 1000, 5277, 2725 ve 10000 iterasyon sonrası tamamlanmıştır. Süreçte eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin (SSE*)* değişiminin gösterildiği grafikten en iyi performansın 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için sırasıyla 6., 7., 158. ve 14. iterasyonda gerçekleştiği anlaşılmaktadır.



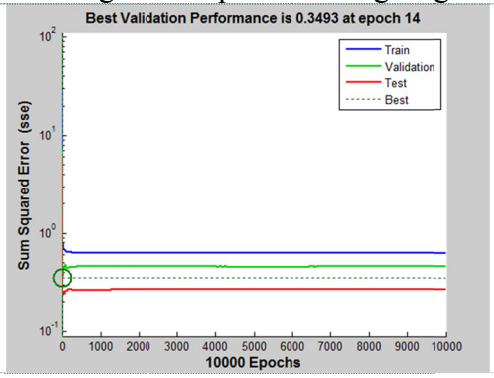

1 nolu durağın hata- performans grafiği




2 nolu durağın hata- performans grafiği




3 nolu durağın hata- performans grafiği




Bütünleşik modelin hata- performans grafiği

Şekil 50. Üçüncü YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği

YSA modellerinde en iyi performansın ölçülmesinin devamında hata değerleri azalarak optimum seviyeye inmiştir. Eğitimin sonundaki ağırlık değerleri en iyi değerler olarak program tarafından atanmıştır. Üçüncü modelde kurulan ağlarda, eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin en iyi performanstan sonra genel itibari ile çok az bir miktarda azaldığı görülmektedir. Ayrıca 1 nolu durak ile bütünleşik model için kurulan ağda, istenilen hata düzeyine inilemediği, modelde tanımlanan 10000. İterasyonda eğitimin sonlandığı görülmektedir.

Tahmin analizinde ağın eğitim, doğrulama, test verileri üzerindeki tahmin başarısı ile toplam başarısını gösteren regresyon katsayıları ve salınım grafikleri Şekil 51'de verilmiştir. Kurulan dört YSA mimarisinde ağın eğitim, doğrulama, test ve toplamı için R katsayısının 3 nolu durağa ait test verileri için R=0,84 ve 2 nolu durağa ait test verileri için R=0,86 gerçekleşse de genel itibariyle R katsayısının 0,90'den büyük ve 1'e yakın olduğu görülmektedir (Şekil 51). Birinci ve ikinci modellerin R değerlerine göre kısmen daha düşük değerler elde edilse de genel itibariyle 0,90'den büyük $R^2$ değerlerinin elde edilmesi, modelin halen hatırı sayılır bir başarıyla tahminini gerçekleştirdiğini göstermektedir. $45^o$'lik açıyla çizilmiş olan "Y=T" doğrusu ile hedef ve çıktı değerlerinin tahmin modeline ilişkin doğrusunun (Fit) aynı hizada ve yakın olması tahminin doğruluğunu ve iyi bir şekilde yapıldığını göstermektedir. Kurulan modellerin toplam başarıya göre $R^2$ değerleri 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 0,91, 0,88, 0,90, 0,90 olarak hesaplanmıştır.

$R^2$ değerlerinin 1'e yaklaşması ağın öğrenme işlemini başarı ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Dolayısıyla belirlenen bağımsız değişkenlerin yaklaşık % 90 ve üzeri bir oranında seyahat süresini açıkladığı anlaşılmaktadır. Bu bakımdan elenen dört girdi değişkenin doğru seçildiği de değerlendirilebilir.

Toplam başarıya göre oluşan "y=ax + b şeklindeki regresyon grafiklerinin denklemleri:

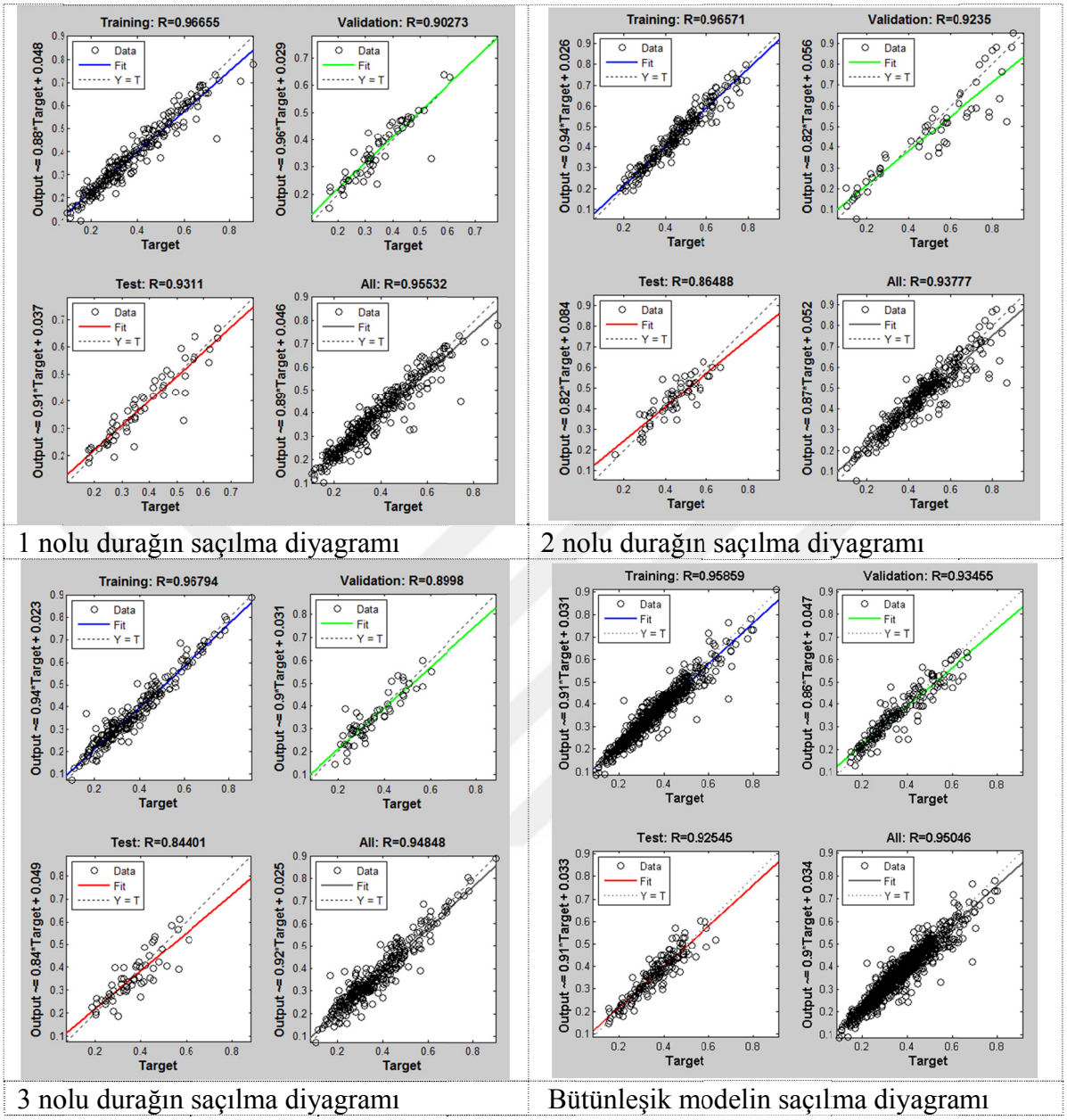
1 nolu durak için y=0,89x + 0,046;

2 nolu durak için y=0,87x + 0,052;

3 nolu durak için y=0.92x + 0,025;

Bütünleşik model için y=0.9x + 0,034;

olduğu görülmektedir. Üçüncü modelde de YSA için giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki betimlemenin iyi şekilde yapıldığını görülmektedir.




1 nolu durağın saçılma diyagramı

2 nolu durağın saçılma diyagramı

3 nolu durağın saçılma diyagramı

Bütünleşik modelin saçılma diyagramı

Şekil 51. Üçüncü YSA modellerinin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

Üçüncü YSA modellerinin ürettiği çıktı değeri ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasıyla yapılan başarı sınanması Tablo 40'da verilmiştir. Performans ölçütlerine göre 1 nolu durak (0.9311) ve bütünleşik model (0.9254) için korelasyon kat sayısı 2 nolu durak (0.8649) ve 3 nolu durağın (0.844) değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı içinde geçerlidir. 1 nolu durak için (0,8643) ve bütünleşik model için (0,8529) Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı 2 nolu durak (0,7406) ve 3 nolu durağa (0,6803) göre daha yüksek

gerçekleşmiştir. Bu değerler birinci ve ikinci modellerde olduğu gibi 1'e çok yakın gerçekleşmiş olmasa da yine de 1'e yaklaşmış durumdadır. Bu durumda üçüncü YSA modellerinde ağın ürettiği çıktı değerleri ile gerçekleşen değerlerin birbirine yakın sayılabilecek düzeyde olduğu yorumu ortaya çıkmaktadır. MAPE değerlerine göre modellerin %10 ve altında olması ağın halen iyi çalıştığı, güvenilir ve tutarlı olduğu göstermektedir.

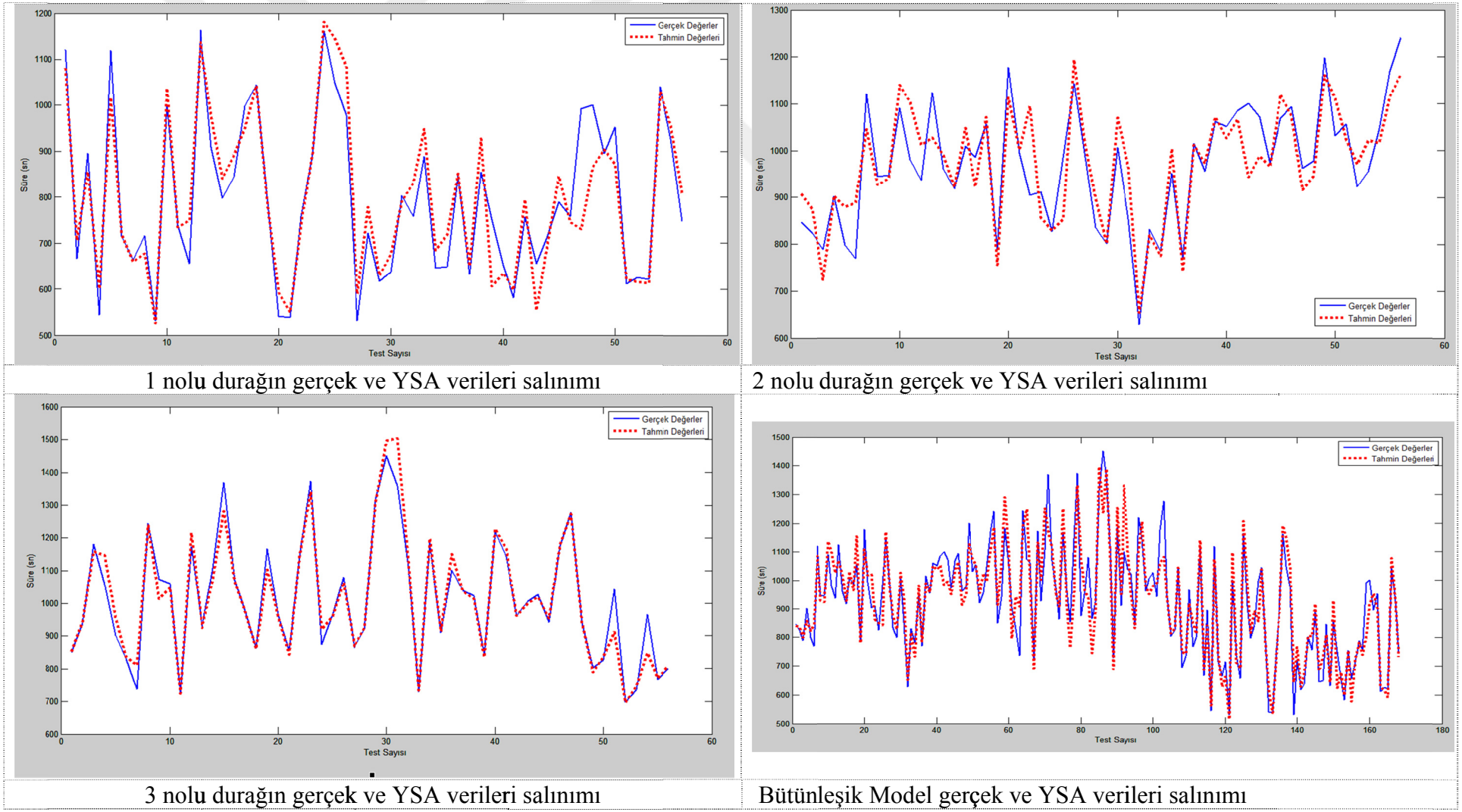
Tablo 40. Üçüncü YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri

| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 5,6778 | 5,2129 | 7,6188 | 5,7482 |
| MPE | -1,00E+00 | -7,28E-01 | 1,36E+00 | -5,18E-01 |
| MSE | 4119,7 | 4150,1 | 10731 | 5225,4 |
| RMSE | 64,1846 | 64,4209 | 103,5891 | 72,2868 |
| SSE | 4119,7 | 16,4316 | 10731 | 5225,4 |
| MAD | 45,4196 | 50,0668 | 79,4351 | 54,0641 |
| Korelasyon | 0,9311 | 0,8649 | 0,844 | 0,9254 |
| NS | 0,8643 | 0,7406 | 0,6803 | 0,8529 |

Üçüncü modellerde YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafikleri Şekil 52'de gösterilmiştir. Grafiklerden, gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin birbirine yakın sayılabilecek bir düzeyde olduğu ancak birinci ve ikinci modellere kıyasla gerçek değerler ile ağların ürettiği değerler arasındaki sapmaların daha fazla olduğu görülmektedir. Ağın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı tablosu Ek tablo 8; Ek tablo 9'da verilmiştir.

### 3.2.5. Dördüncü Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar

Çalışmanın önemli irdelemelerinden biri de sadece arazi kullanım girdi verilerini kullanarak YSA'nın tahmin analizindeki performansını ölçmektedir. Böylece toplu ve/veya ara toplu taşıma araçlarının seyahat süresinin tahmininde arazi kullanım verilerinin yalın halde kullanılabilirliği test edilmiş olunacaktır. Bu kapsamda dördüncü modelde kullanılan girdi değişkenleri Tablo 41'de verilmiştir.




1 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı

2 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı

3 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı

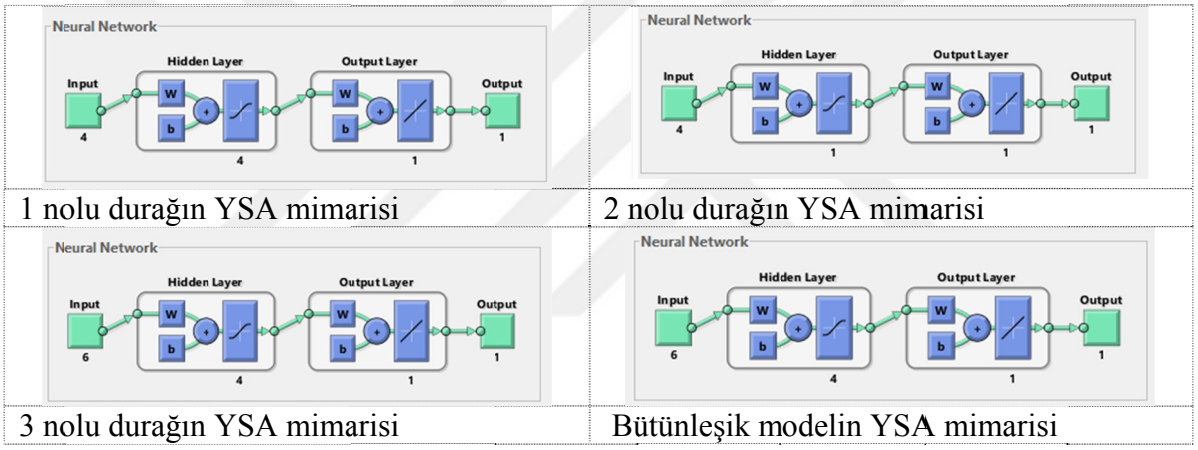
Bütünleşik Model gerçek ve YSA verileri salınımı

Şekil 52. Üçüncü YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi

Tablo 41. Dördüncü tahmin modelinde kullanılan girdiler

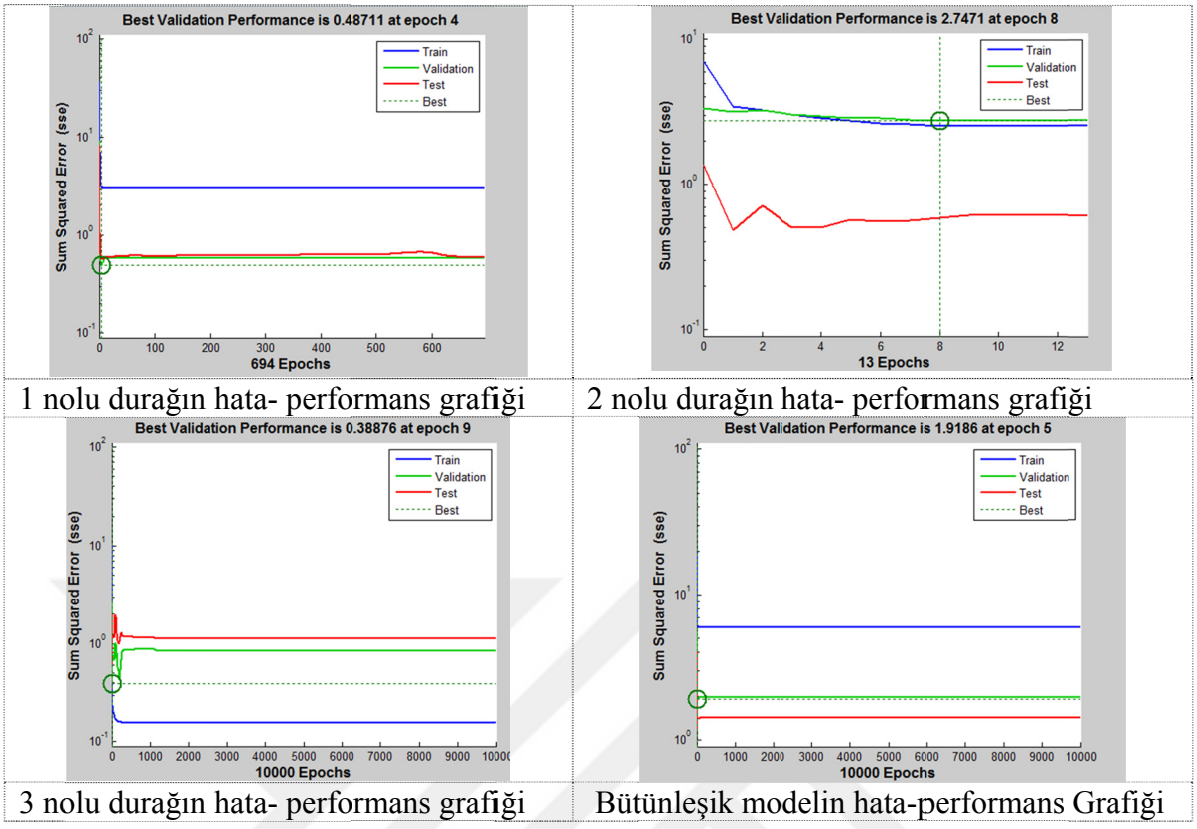
| | Durağın adı | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 1 nolu durak | 1 nolu durak | Bütünleşik Model |
| Kullanılan girdi değişkenleri | G13, G14, G15, G16 | G13, G14, G15, G16 | G13, G14, G15, G16, G17, G18 | G13, G14, G15, G16, G17, G18 |

Dördüncü modelde kurulan dört YSA mimarileri, deneme yanılma yoluyla belirlenen gizli katmandaki nöron sayıları Şekil 53'te verilmiştir. Mimaride gizli katmandaki nöron sayısı 1 nolu durak için 4, 2 nolu durak için 1, 3 nolu durak için 4 ve bütünleşik model için 4 olarak belirlenmiştir.




Şekil 53. Matlab programında kurulan dördüncü modellerin YSA mimarileri

Sadece arazi kullanım girdi verileri kullanılarak oluşturulan YSA modellerinin eğitim sonrası performansına ilişkin grafikler Şekil 54'de toplu olarak verilmiştir. Şekil 58'e göre 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için kurulan ağların eğitilmesi sırasıyla 694, 13, 10000 ve 10000 iterasyon sonrası tamamlanmıştır. Süreçte eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin (SSE) değişiminin gösterildiği grafikten en iyi performansın 1, 2, 3 nolu duraklar ve ve bütünleşik model için sırasıyla 4., 8., 9. ve 5. iterasyonda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Dört ağ mimarisinin de eğitiminin hemen başında en iyi performansı yakaladıkları, devamında 1 ve 2 nolu duraklar için hata değerleri optimum seviyeye inmiştir. Ancak, 3 nolu durak ile bütünleşik model için istenilen hata değerine inilemediği ve ağ eğitimini 10000. iterasyon sonunda durdurduğu görülmüştür.




1 nolu durağın hata- performans grafiği

2 nolu durağın hata- performans grafiği

3 nolu durağın hata- performans grafiği

Bütünleşik modelin hata-performans Grafiği

Şekil 54. Dördüncü YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafiği

Tahmin analizinde ağın eğitim, doğrulama, test verileri üzerindeki tahmin başarısı ile toplam başarısını gösteren regresyon değerler ve salınım grafikleri Şekil 55'te verilmiştir. Kurulan dört YSA mimarisinde ağın eğitim, doğrulama, test ve toplamı için regresyon değerlerinin önceki modellere kıyasla 1'den uzak gerçekleştiği görülmektedir. 3 nolu durak için oluşturulan ağda, eğitim, doğrulama, test ve toplamının R değerleri (sırasıyla R= 0,34; 0,21; 0,27; 0,30) diğer üç ağa göre oldukça düşük gerçekleşmiştir. Diğer üç ağın R değerleri ise genel itibariyle $R^2$=0,70-0,50 aralığında oluşmuştur. 45°'lik açıyla çizilmiş olan "Y=T" doğrusu ile hedef ve çıktı değerlerinin tahmin modeline ilişkin doğrusunun (Fit) aynı hizada olmaması tahminin doğruluğunu ve iyi bir şekilde yapılamadığını göstermektedir. Kurulan modellerin toplam başarıya göre $R^2$ değerleri 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 0.46, 0.27, 0,10, 0,35 olarak hesaplanmıştır.

R değerlerinin 1'den uzaklaşması ağın başarılı bir şekilde tahminini gerçekleştiremediğini göstermektedir. Toplam başarıya göre oluşan "y=ax + b şeklindeki regresyon grafiklerinin denklemleri:

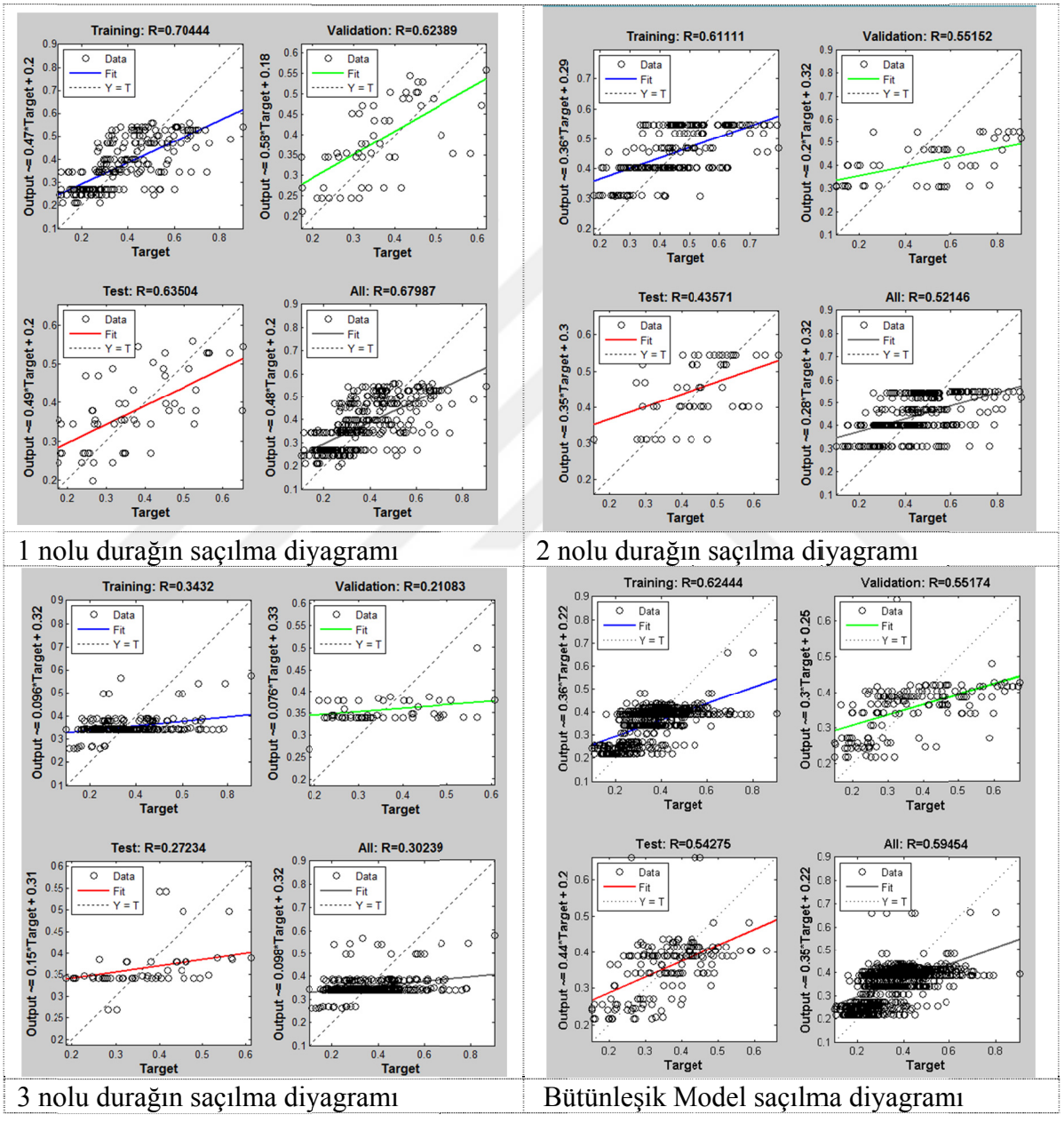
1 nolu durak için y=0,48x + 0,2;

2 nolu durak için y=0,28x + 0,32;

3 nolu durak için y=0.098x + 0,32;

Bütünleşik model için y=0.35x + 0,22;

olduğu görülmektedir. Dördüncü modelde YSA için giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki betimlemenin iyi düzeyde olmadığı, diğer modellere kıyasla oldukça düşük bir başarıda tahminin gerçekleştirdiği görülmektedir.




1 nolu durağın saçılma diyagramı

2 nolu durağın saçılma diyagramı

3 nolu durağın saçılma diyagramı

Bütünleşik Model saçılma diyagramı

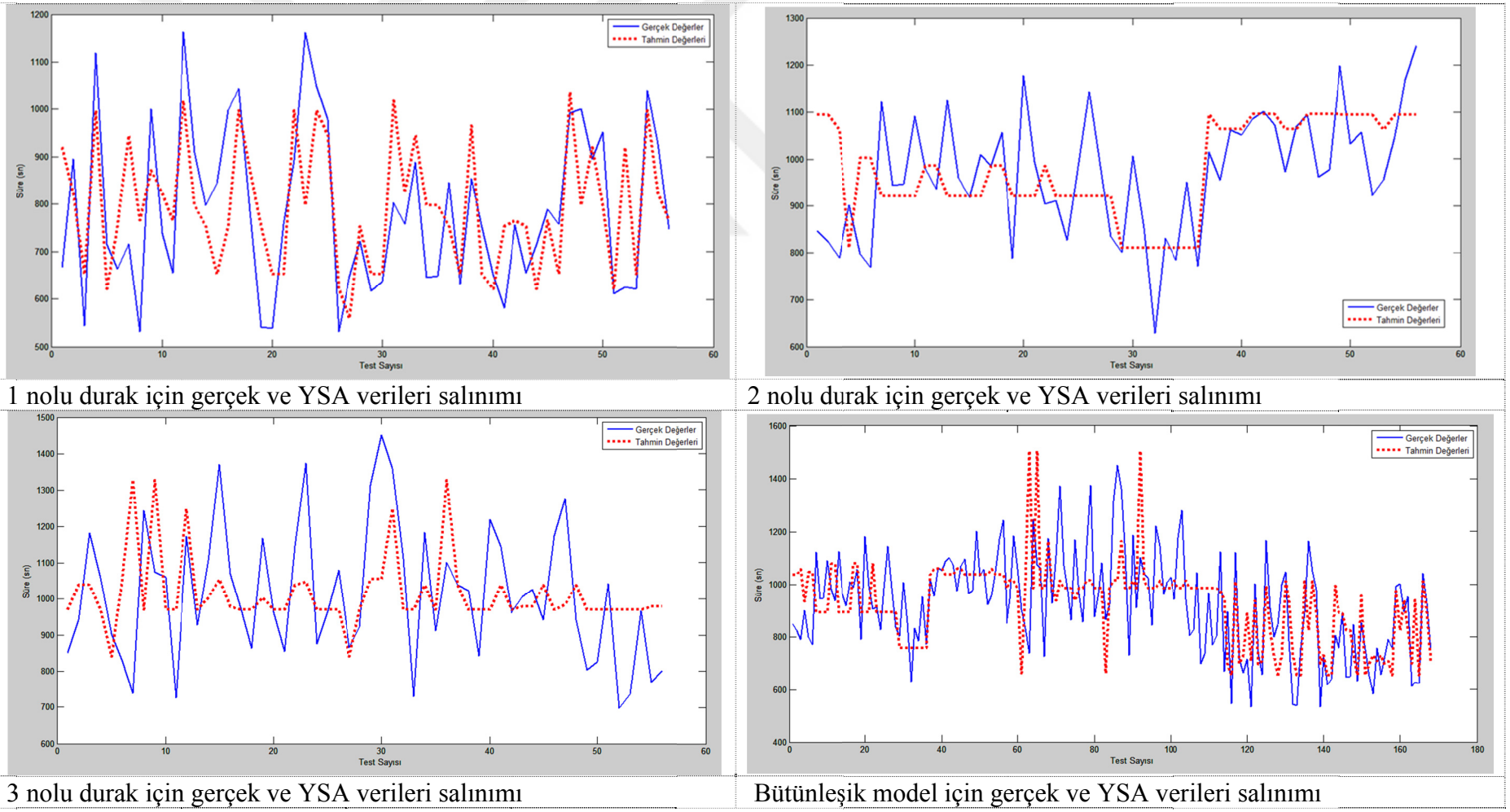
Şekil 55. Dördüncü modellerin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

Dördüncü YSA modellerinin ürettiği çıktı değerleri ile gerçek verilerin karşılaştırılmasıyla yapılan başarı sınanması Tablo 42'de verilmiştir. 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik modelin performans ölçütlerine göre korelasyon katsayıları sırasıyla 0,6304, 0,4357, 0,2723, 0,5427 şeklindedir. Bu değerlere göre ağın ürettiği çıktı değerlerin gerçekleşen değerlerden uzaklaşmıştır. 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik modelin performans ölçütlerine göre Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı sırasıyla 0,380, 0461, 0,0047, 0,2209 şeklinde gerçekleşmiştir. Korelasyon katsayıları ve Nash-Sutcliffe etkinlik katsayıları ilk üç modele kıyasla oldukça düşük seviyededir. Buda, sadece arazi kullanım verilerinin kullanılmasıyla oluşturulan YSA'ların düşük başarıda sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. MAPE değerlerine göre modellerin düşük derece doğruluğa sahip ancak kabul edilebilir sonuçlar ürettiği; ağların iyi çalıştığı ancak güvenilir ve tutarlı olmayan sonuçlar ürettiğini görülmektedir.

Tablo 42. Dördüncü YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri

| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 1 nolu durak | 1 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 14,2983 | 10,1329 | 14,7696 | 14,2503 |
| MPE | -1,23E+00 | -2,40E+00 | -3,04E+00 | -2,15E+00 |
| MSE | 18817 | 15261 | 33408 | 27668 |
| RMSE | 137,1737 | 123,5354 | 182,7792 | 166,3355 |
| SSE | 102,7561 | 134,5948 | 33408 | 27668 |
| MAD | 110,4553 | 94,4022 | 144,5332 | 127,7098 |
| Korelasyon | 0,6304 | 0,4357 | 0,2723 | 0,5427 |
| NS | 0,38 | 0,0461 | 0,0047 | 0,2209 |

Dördüncü modellerde YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafikleri Şekil 56'da gösterilmiştir. Grafiklerden, gerçek değerler ile ağın ürettiği çıktı değerlerinin birbirinden uzaklaştığı, aralarındaki farkın fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar itibariyle sadece arazi kullanım verileri dikkate alınarak kurulan YSA'ların birinci, ikinci ve üçüncü modellere kıyasla gerçek değerler ile ağların ürettiği değerler arasındaki sapmaların çok daha fazla olduğu, başarı düzeyinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ağın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı tablosu Ek tablo 10; Ek tablo 11'de verilmiştir.




1 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı

2 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı

3 nolu durak için gerçek ve YSA verileri salınımı

Bütünleşik model için gerçek ve YSA verileri salınımı

Şekil 56. Dördüncü YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi

### 3.2.6. Beşinci Model Yapısıyla Tahmin ve Sonuçlar

Arazi kullanım girdi verileriyle oluşturulan dördüncü modellerdeki YSA'ların başarı performansı düşük gerçekleşmiştir. YSA'nın tahmin yeteneğini arttırmak amacıyla arazi kullanım girdi verilerinin yanına deneme yoluyla bir değişkeni daha eklenmiştir. Denemede arazi kullanım verileri dışındaki girdi verileri tek tek eklenerek performans sonuçlarına bakılmıştır. Böylece performansı pozitif yönde en iyi etkileyen girdi değişkeni belirlenmiştir. Eklenen girdi değişkenlerin karşısında farklı doğruluk ölçünlerine göre performans değerleri Tablo 43'te verilmiştir. Doğruluk ölçünlerine göre MAPE, MSE, RMSE, SSE, MAD değerlerinin en küçük gerçekleşmesini ve MPE, Korelasyon ve NS değerlerinin en yüksek gerçekleşmesini sağlayan girdi değişkeni seçilmiştir.

Tablo 43'e göre arazi kullanım verileriyle birlikte "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında YSA'nın performansı artmaktadır. "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında Ç-M-DD için korelasyon katsayısı=0,91; NS katsayısı=0,82 ve MAPE=7,02 şeklinde gerçekleşerek ağın en iyi performans sergilediği durum olmuştur. Benzer durum F-KK-M-DD içinde geçerlidir. "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında F-KK-M-DD için korelasyon katsayısı=0,86; NS katsayısı=0,74 ve MAPE=5,34 şeklinde gerçekleşerek ağ en iyi performansını sergilemiştir. M-Ü-DD için ağın performansı Ç-M-DD ve F-KK-M-DD olduğu gibi bir sıçrama yapmasa da arazi kullanım verileriyle birlikte "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında M-Ü-DD için de ağın performansı artmıştır. M-Ü-DD için korelasyon katsayısı=0,64; NS katsayısı=0,36 ve MAPE=11,89 şeklinde gerçekleşerek ağ en iyi performansını sergilemiştir.

Arazi kullanım verileriyle birlikte "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında her ne kadar ağın performansı görece artsa da istenilen düzeye çıkamamıştır. Özellikle gerçekleşen değerler ile ağın ürettiği değerlere göre oluşan korelasyon katsayıları 1'e istenilen düzeyde yaklaşmamıştır. Ağın performansını daha da arttırmak amacıyla arazi kullanım verileri ve "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeninin yanına deneme yoluyla bir girdi değişkeni daha eklenerek ağın performansının arttırılması istenmiştir. Ağa eklenen ikinci girdi değişkenin etkisiyle farklı doğruluk ölçülerine göre oluşan performans değerleri Tablo 44'te verilmiştir.

Tablo 43. Arazi kullanım girdi değişkenleri ile denenen girdi değişkenlere göre hata ölçüleri

| | | Girdi Değişkenleri | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Performans Ölçütü. | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 | G9 | G10 | G11 | G12 |
| Ç-M-DD | MAPE | 14,92 | 14,85 | 14,81 | 12,12 | 15,04 | 13,11 | 14,92 | 9,20 | 14,40 | 13,47 | 13,92 | **7,02** |
| | MPE | -3,31 | -2,75 | **3,83** | -3,07 | -4,56 | -4,06 | -3,31 | -2,72 | -3,20 | -3,40 | -1,39 | -1,45 |
| | MSE | 19225 | 18985 | 23073 | 14136 | 18920 | 16042 | 19225 | 7147 | 17499 | 15228 | 19781 | **5217,20** |
| | RMSE | 138,65 | 137,79 | 151,90 | 118,89 | 137,55 | 126,66 | 138,65 | 84,54 | 132,28 | 123,40 | 140,65 | **72,23** |
| | SSE | 19225 | 18985 | 23073 | 14136 | 18920 | 16042 | 19225 | 7147 | 17499 | 15228 | 19781 | **5217** |
| | MAD | 112,89 | 111,29 | 118,37 | 91,83 | 112,65 | 99,05 | 112,89 | 70,02 | 109,14 | 102,06 | 109,35 | **54,43** |
| | Korelasyon | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,72 | 0,62 | 0,68 | 0,59 | 0,87 | 0,63 | 0,71 | 0,60 | **0,91** |
| | NS | 0,33 | 0,34 | 0,20 | 0,51 | 0,34 | 0,44 | 0,33 | 0,75 | 0,39 | 0,47 | 0,31 | **0,82** |
| F-KK-M-DD | MAPE | 16,96 | 11,05 | 12,00 | 10,67 | 11,32 | 11,52 | 10,52 | 8,69 | 11,06 | 11,09 | 10,12 | **5,34** |
| | MPE | -6,61 | -2,15 | -5,86 | -2,98 | -4,27 | -2,80 | -2,20 | **-0,55** | -4,42 | -2,90 | -1,00 | -1,22 |
| | MSE | 38774 | 16796 | 19621 | 15597 | 16902 | 17756 | 15100 | 11192 | 16493 | 18925 | 14401 | **4215** |
| | RMSE | 196,91 | 129,60 | 140,08 | 124,89 | 130,01 | 133,25 | 122,88 | 105,79 | 128,43 | 137,57 | 120,01 | **64,92** |
| | SSE | 38774 | 16796 | 19621 | 15597 | 16902 | 17756 | 15100 | 11192 | 16493 | 18925 | 14401 | **4215** |
| | MAD | 159,16 | 103,75 | 112,19 | 100,04 | 106,37 | 107,93 | 98,04 | 82,17 | 103,04 | 103,23 | 95,24 | **50,20** |
| | Korelasyon | 0,40 | 0,41 | 0,50 | 0,47 | 0,48 | 0,44 | 0,55 | 0,65 | 0,47 | 0,41 | 0,54 | **0,86** |
| | NS | -1,42 | -0,05 | -0,23 | 0,03 | -0,06 | -0,11 | 0,06 | 0,30 | -0,03 | -0,18 | 0,10 | **0,74** |
| M-Ü-DD | MAPE | 20,43 | 15,56 | 13,86 | 15,49 | 16,36 | 14,17 | 16,13 | 15,41 | 16,95 | 14,24 | 14,27 | **11,89** |
| | MPE | -10,63 | -1,41 | -2,21 | -4,02 | -3,81 | **3,88** | -3,60 | -5,87 | -3,84 | -4,22 | -6,19 | -3,15 |
| | MSE | 246640 | 35817 | 29581 | 32856 | 36218 | 35027 | 37551 | 72927 | 42938 | 31628 | 37965 | **21622** |
| | RMSE | 496,63 | 189,25 | 171,99 | 181,26 | 190,31 | 187,15 | 193,78 | 270,05 | 207,21 | 177,84 | 194,85 | **147,04** |
| | SSE | 246640 | 35817 | 29581 | 32856 | 36218 | 35027 | 37551 | 72927 | 42938 | 31628 | 37965 | **21622** |
| | MAD | 213,80 | 152,85 | 134,95 | 149,33 | 158,48 | 148,14 | 154,69 | 153,77 | 164,95 | 138,77 | 140,31 | **116,87** |
| | Korelasyon | 0,39 | 0,24 | 0,48 | 0,21 | 0,23 | 0,31 | 0,26 | 0,33 | 0,17 | 0,46 | 0,53 | **0,64** |
| | NS | -6,35 | -0,07 | 0,12 | 0,02 | -0,08 | -0,04 | -0,12 | -1,17 | -0,28 | 0,06 | -0,13 | **0,36** |

Tablo 44. Arazi kullanım girdi değişkenleri ve "G12" girdi değişkeni ile birlikte denenen ikinci girdi değişkenlere göre hata ölçüleri

| | | Girdi Değişkenleri | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Performans Ölçütü | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | G8 | G9 | G10 | G11 |
| 1 nolu durak | MAPE | 8,27 | 7,37 | 6,67 | 6,68 | 6,37 | 6,98 | 6,87 | **3,10** | 7,21 | 7,45 | 6,57 |
| | MPE | -3,00 | -0,46 | -0,35 | -1,05 | -0,52 | -2,27 | -0,68 | **0,42** | -1,24 | -1,28 | -2,09 |
| | MSE | 6676 | 6278 | 5013 | 5526 | 5521 | 5836 | 5386 | **1337** | 5928 | 6721 | 4348 |
| | RMSE | 81,70 | 79,23 | 70,80 | 74,34 | 74,30 | 76,39 | 73,39 | **36,57** | 76,99 | 81,98 | 65,94 |
| | SSE | 6676 | 6278 | 5013 | 5526 | 5521 | 5836 | 5386 | **1337** | 5928 | 6721 | 4348 |
| | MAD | 61,76 | 57,09 | 52,73 | 52,90 | 50,01 | 54,38 | 53,80 | **24,65** | 57,14 | 56,77 | 51,39 |
| | Korelasyon | 0,88 | 0,89 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,91 | **0,98** | 0,90 | 0,88 | 0,92 |
| | NS | 0,77 | 0,78 | 0,83 | 0,81 | 0,81 | 0,80 | 0,81 | **0,96** | 0,79 | 0,77 | 0,85 |
| 2 nolu durak | MAPE | 4,91 | 4,90 | 4,34 | 4,75 | 4,92 | 5,06 | 5,38 | **0,85** | 4,76 | 4,66 | 4,89 |
| | MPE | -1,78 | -1,12 | -0,44 | -0,73 | -0,83 | -1,61 | -1,92 | **0,21** | -0,48 | -1,12 | -1,06 |
| | MSE | 3591 | 3581 | 2900 | 3597 | 3454 | 3724 | 3951 | **227** | 3355 | 3318 | 3409 |
| | RMSE | 59,92 | 59,84 | 53,85 | 59,97 | 58,77 | 61,03 | 62,85 | **15,08** | 57,92 | 57,60 | 58,38 |
| | SSE | 3591 | 3581 | 2900 | 3597 | 3454 | 3724 | 3951 | **227** | 3355 | 3318 | 3409 |
| | MAD | 46,51 | 46,32 | 41,38 | 45,33 | 46,57 | 47,48 | 50,04 | **7,79** | 45,32 | 43,94 | 46,95 |
| | Korelasyon | 0,89 | 0,88 | 0,91 | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 0,88 | **0,99** | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| | NS | 0,78 | 0,78 | 0,82 | 0,78 | 0,78 | 0,77 | 0,75 | **0,99** | 0,79 | 0,79 | 0,79 |
| 3 nolu durak | MAPE | 9,33 | 12,22 | 8,39 | 11,62 | 11,84 | 11,56 | 12,58 | **6,34** | 10,85 | 11,97 | 10,20 |
| | MPE | -3,23 | **3,08** | -1,57 | -2,21 | 0,63 | -0,15 | -2,28 | -1,91 | -0,86 | -1,37 | -2,00 |
| | MSE | 19619 | 24257 | 12418 | 19836 | 22356 | 21482 | 24177 | **6508** | 16902 | 23856 | 16214 |
| | RMSE | 140,07 | 155,75 | 111,44 | 140,84 | 149,52 | 146,57 | 155,49 | **80,67** | 130,01 | 154,45 | 127,33 |
| | SSE | 19619 | 24257 | 12418 | 19836 | 22356 | 21482 | 24177 | **6508** | 16902 | 23856 | 16214 |
| | MAD | 91,95 | 125,24 | 83,46 | 114,62 | 120,33 | 118,94 | 125,04 | **62,88** | 107,99 | 119,70 | 102,64 |
| | Korelasyon | 0,75 | 0,60 | 0,80 | 0,66 | 0,66 | 0,68 | 0,63 | **0,92** | 0,72 | 0,62 | 0,72 |
| | NS | 0,42 | 0,28 | 0,63 | 0,41 | 0,33 | 0,36 | 0,28 | **0,81** | 0,50 | 0,29 | 0,52 |

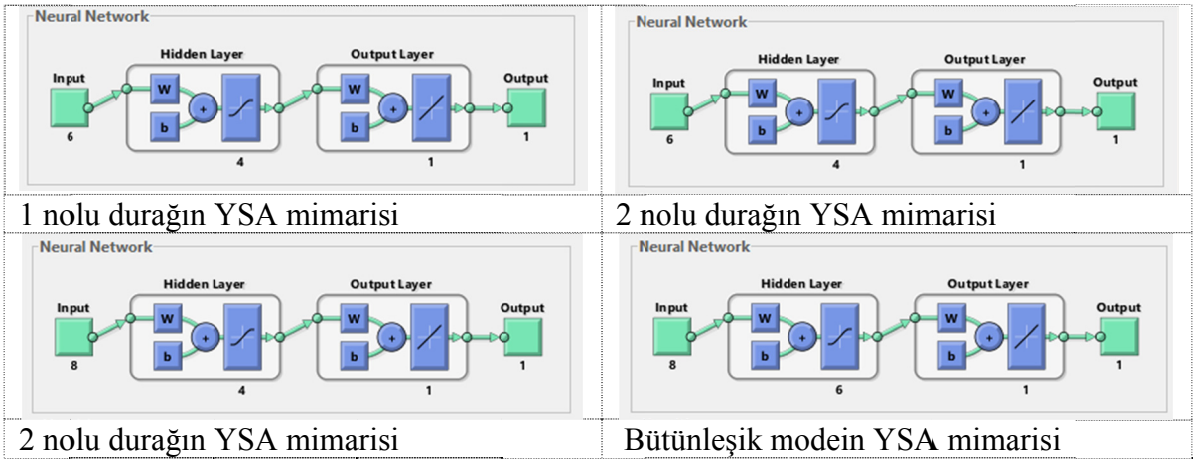
Tablo 44'e göre arazi kullanım verileri ve "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni ile birlikte "Ortalama hız (G8)" kullanıldığında YSA'nın performansı en iyi seviyeye ulaşmıştır. Her üç ağ içinde "Ortalama hız (G8)" değişkeni arazi kullanım verileriyle birlikte kullanılan ağın en iyi sonuçları ürettiği görülmüştür. Arazi kullanım girdi verileri, "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni ve "Ortalama hız (G8)" değişkeni kullanıldığında 1 nolu durak için korelasyon katsayısı=0,98; NS katsayısı=0,96 ve MAPE=3,10 olarak gerçekleşmiştir. Böylece YSA en iyi sonuçları üretmiştir. "Ortalama hız (G8)" girdi değişkeni modele dahil edildiğinde 2 nolu durak için korelasyon katsayısı=0,99; NS katsayısı=0,99 ve MAPE=0,85 şeklinde gerçekleşerek ağ en iyi performansını sergilemiştir. Benzer durum 3 nolu durak içinde geçerlidir. 3 nolu durak için korelasyon katsayısı=0,92; NS katsayısı=0,81 ve MAPE=6,34 şeklinde gerçekleşerek "Ortalama hız (G8)" girdi değişkeni kullanıldığında ağın performansını en üst düzeye çıkmıştır.

Arazi kullanım girdi verileriyle birlikte, modellere tek tek dierğ girdi değişkenleri dâhil edildiğinde; birinci olarak "Tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni, ikinci olarak "Ortalama hız (G8)" girdi değişkeni eklendiğinde YSA en iyi sonuçlarını üretmiştir. Bu bağlamda beşinci modelde her bir durak için kullanılan girdi değişkenleri Tablo 45'de verilmiştir.

Tablo 45. Beşinci tahmin modelinde kullanılan girdiler

| | Durağın adı | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
| Kullanılan girdi değişkenleri | G8, G12, G13, G14, G15, G16 | G8, G12, G13, G14, G15, G16 | G8, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, | G8, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18 |

Tahmin analizinde kurulan YSA'ların mimarileri, gizli katmandaki nöron sayıları Şekil 57'de verilmiştir. Mimaride gizli katmandaki nöron sayısı 1, 2 ve 3 nolu duraklar için 4, bütünleşik model için 6 olarak belirlenmiştir.




1 nolu durağın YSA mimarisi

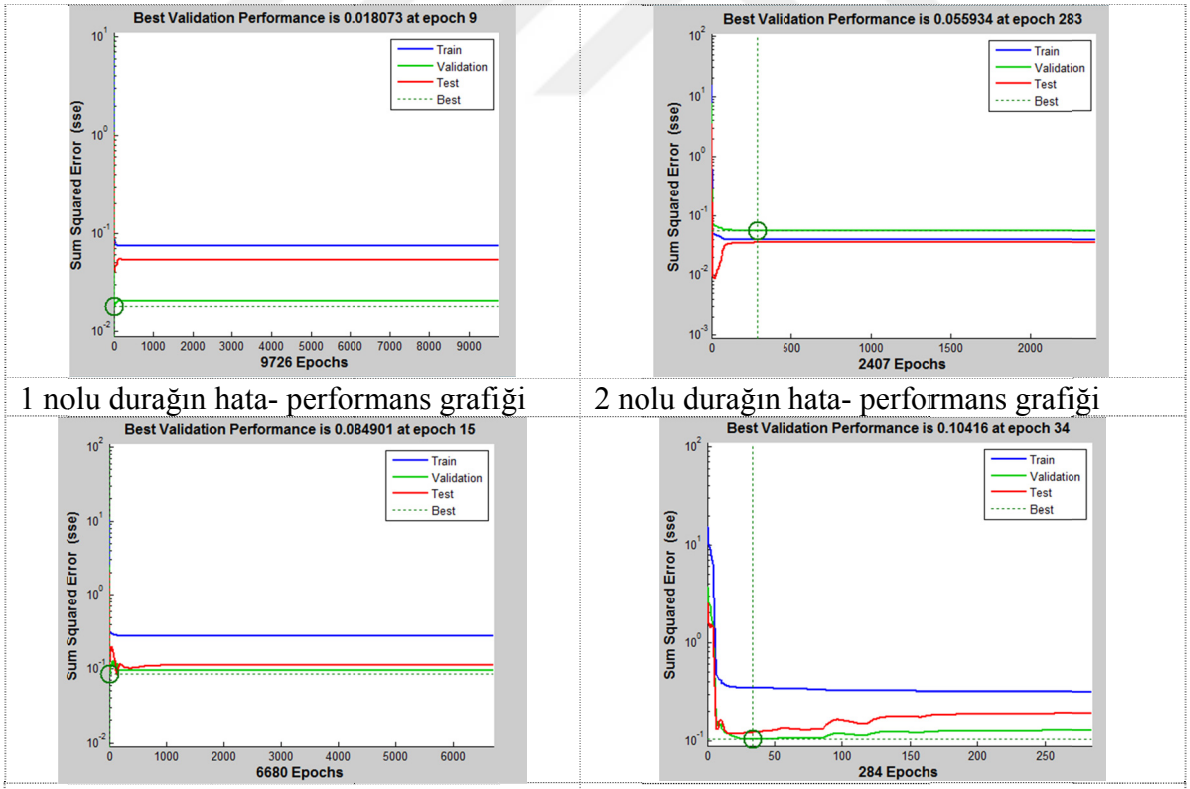
2 nolu durağın YSA mimarisi

2 nolu durağın YSA mimarisi

Bütünleşik modein YSA mimarisi

Şekil 57. Matlab programında kurulan beşinci modellerin YSA mimarileri

Seyahat süresi tahmininde YSA modellerinin eğitim sonrası performans grafikleri Şekil 58'de birlikte verilmiştir. Şekil 58'e göre 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için kurulan ağların eğitilmesi sırasıyla 9726, 2407, 6680 ve 284 iterasyon sonrası tamamlanmıştır




1 nolu durağın hata- performans grafiği

2 nolu durağın hata- performans grafiği

3 nolu durağın hata- performans grafiği

Bütünleşik modelin hata- performans Grafiği

Şekil 58. Beşinci YSA modellerinin eğitim sonrası hata- performans grafiği

Süreçte eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin (SSE) değişiminin grafiklerine göre 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için en iyi performansın sırasıyla 9., 283., 15. ve 34. iterasyonda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Devamında hata değerleri genel olarak azalarak optimum seviyeye inmiştir. Eğitimin sonundaki ağırlık değerleri en iyi değerler olarak program tarafından atanmıştır.

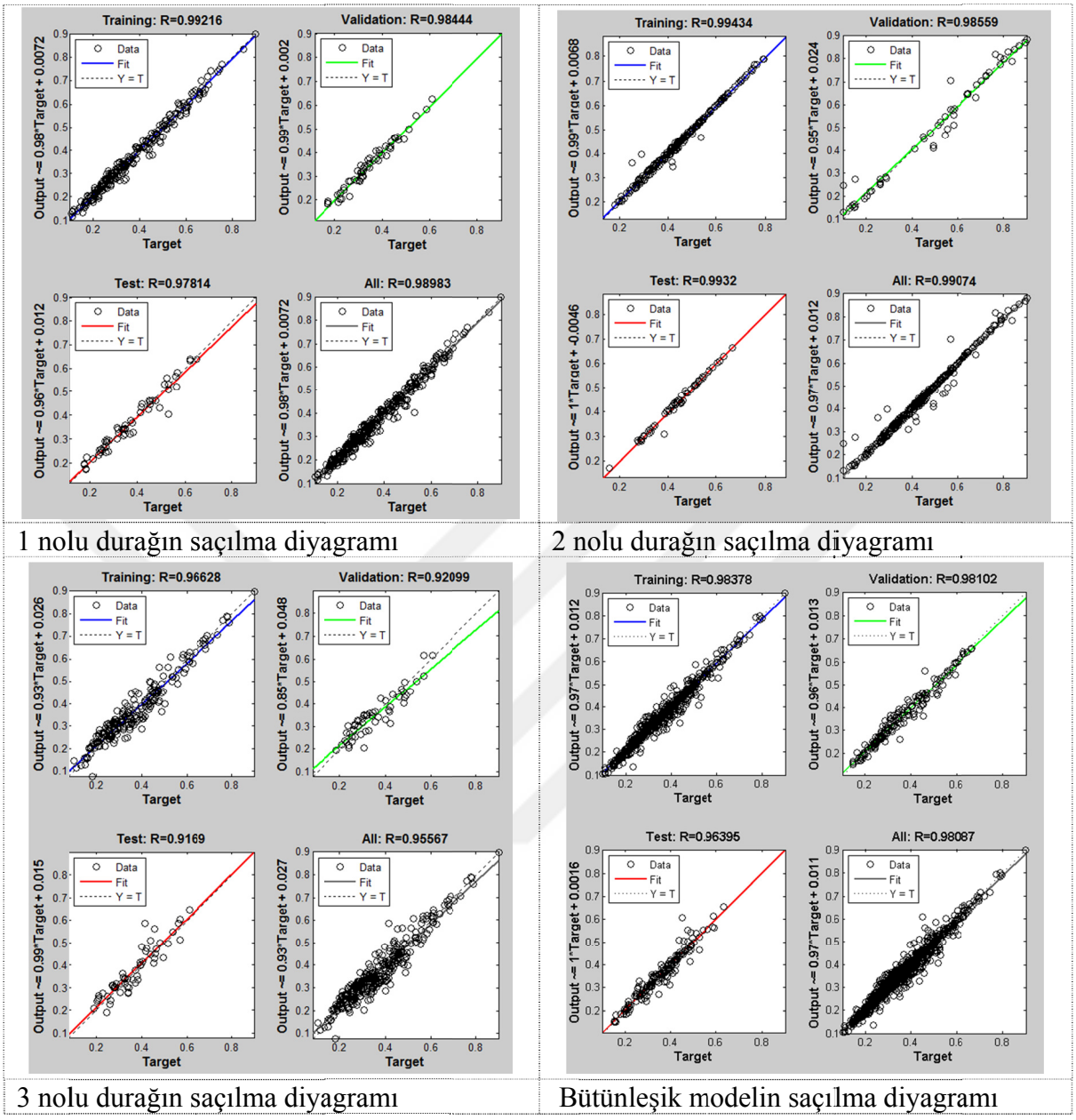
Tahmin analizinde ağın eğitim, doğrulama, test verileri üzerindeki tahmin başarısı ile toplam başarısını gösteren regresyon değerler ve salınım grafikleri şekil 59'da verilmiştir. Buna göre 1ve 2 nolu duraklar ile bütünleşik model için kurulan ağların eğitim, doğrulama, test ve toplamı için R değerleri 0,98'den büyük ve 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir (Şekil 59). 3 nolu durak için kurulan ağda ise R değerlerinin 91'den büyük olduğu diğer hatlara kıyasla 1'e daha az yakın olduğu görülmektedir. 45$^{o}$'lik açıyla çizilmiş olan "Y=T" doğrusu ile hedef ve çıktı değerlerinin tahmin modeline ilişkin doğrusunun (Fit) aynı hizada olması tahminin doğruluğunu ve iyi bir şekilde yapıldığını göstermektedir. Kurulan modellerin toplam başarıya göre $R^2$ değerleri 1, 2 ve 3 nolu duraklar ile bütünleşik model için sırasıyla 0,98, 0,98, 0,91; 0.96 olarak hesaplanmıştır.

$R^2$ değerlerinin 1'e yakın olması ağın öğrenme işlemini başarı ile gerçekleştirdiğini; 1 ve 2 nolu duraklar ile bütünleşik model için kurulan ağların belirlenen bağımsız değişkenlerin yaklaşık % 96 - % 98 gibi bir oranında seyahat süresini açıkladığı anlaşılmaktadır. 3 nolu durak için kurulan ağda bağımsız değişkenlerin yaklaşık % 91 oranında seyahat süresini açıkladığı anlaşılmaktadır.

Toplam başarıya göre oluşan "y=ax + b şeklindeki regresyon grafiklerinin denklemleri:

| | |
|---|---|
| Ç-M-DD için | y=0.98x + 0,0072; |
| F-KK-M-DD için | y=0,97x + 0,012; |
| M-Ü-DD için | y=0.93x + 0,027; |
| Bütünleşik model için | y=0.97x + 0,011; |

olduğu görülmektedir. Burada a'nın (x katsayısının) 1'e ve b'nin 0'a yakın olması YSA için giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki betimlemenin en iyi şekilde yapıldığını göstermektedir.




1 nolu durağın saçılma diyagramı | 2 nolu durağın saçılma diyagramı

3 nolu durağın saçılma diyagramı | Bütünleşik modelin saçılma diyagramı

Şekil 59. Beşinci modellerin öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin saçılma diyagramı

Beşinci YSA modellerinin ürettiği çıktı değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasıyla yapılan başarı sınanması ve hata ölçüleri Tablo 46'da verilmiştir. Performans ölçülerine göre 1 nolu durak (0.98) ve 2 nolu durak (0.99) için korelasyon kat sayısı bütünleşik model (0.96) ve 3 nolu durağa (0.92) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı içinde geçerlidir. 1 nolu durak (0.96) ve 2 nolu durak (0.99) için Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı bütünleşik model (0.92) ve 3 nolu durağa (0.81) göre daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu değerlere göre 1 ve 2

nolu duraklar için kurulan YSA'nın bütünleşik model ve 3 nolu durak için kurulan YSA'ya kıyasla daha iyi tahmin değerleri ürettiği görülmektedir. MAPE değerlerine göre modellerin %10 ve altında olması ağın iyi çalıştığı, güvenilir ve tutarlı olduğunu, beşinci model için belirlenen iki değişkenin (G12 ve G8) doğru seçildiğini göstermektedir.

Tablo 46. Beşinci YSA modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri

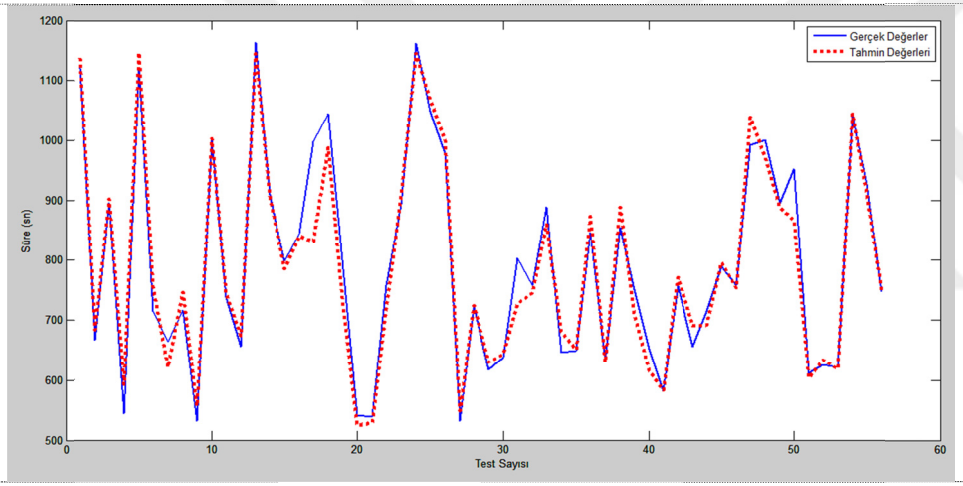
| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 1 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 3,10 | 0,85 | 6,34 | 3.54 |
| MPE | 0,42 | 0,21 | -1,91 | -0.28 |
| MSE | 1337 | 227 | 6508 | 2705 |
| RMSE | 36,57 | 15,08 | 80,67 | 52.01 |
| SSE | 1337 | 227 | 6508 | 2705 |
| MAD | 24,65 | 7,79 | 62,88 | 32.59 |
| Korelasyon | 0,98 | 0,99 | 0,92 | 0.96 |
| NS | 0,96 | 0,99 | 0,81 | 0.92 |

Beşinci modellerde YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmaları Şekil 60'ta gösterilmiştir. Grafiklerden, 2 nolu durak için gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin birbirine oldukça yakın oldukları görülmektedir. Bu ağın ürettiği sonuçlara kıyasla 1 ve 3 nolu duraklar için gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin de birbirine yakın oldukları ancak bazı kısımlarda sapmaların daha fazla olduğu görülmektedir. Grafikleri oluşturan çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerleri ve farkları Ek tablo 12; Ek tablo 13'te verilmiştir.

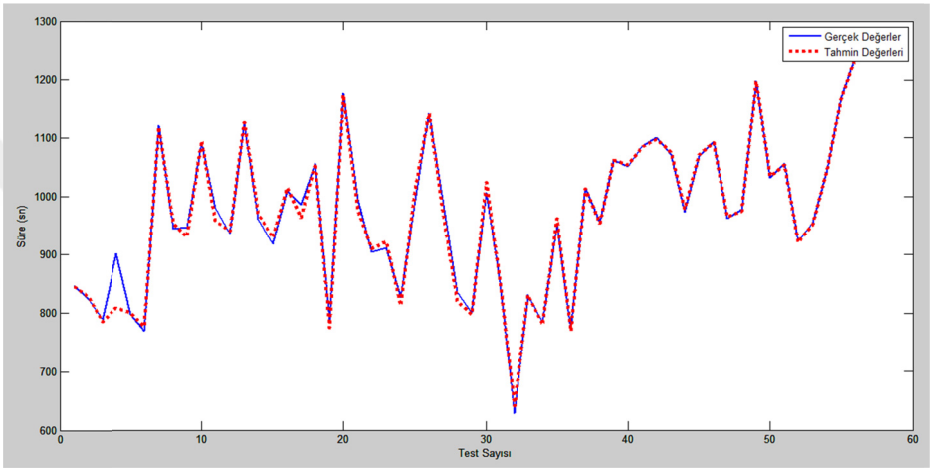
### 3.2.7. YSA ve Regresyon Karşılaştırılması

Jeong ve Rilett, (2004), Shalaby ve Farhan, (2004), Jeong ve Rilett, (2005), Wang vd., (2014), Amita vd., (2015), Amita vd., (2016) yaptıkları çalışmalarda YSA kullanarak otobüs seyahat süresini tahmin etmeye çalışmışlardır. Ayrıca YSA ile birlikte çoklu regresyon kullanarak her iki yöntemin tahmindeki performansları karşılaştırılmıştır. Genel itibariyle YSA'nın regresyona kıyasla daha iyi tahmin sonuçları ürettiği sonucuna varmışlardır.

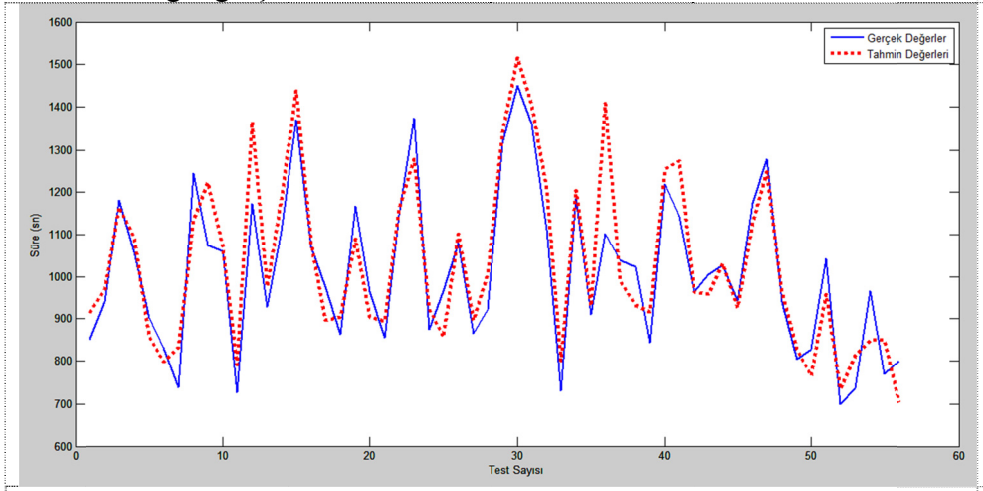
Çalışmada da beşinci modelde kullanılan girdi değişkenleri kullanılarak YSA ile birlikte çoklu regresyonla tahmin analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.



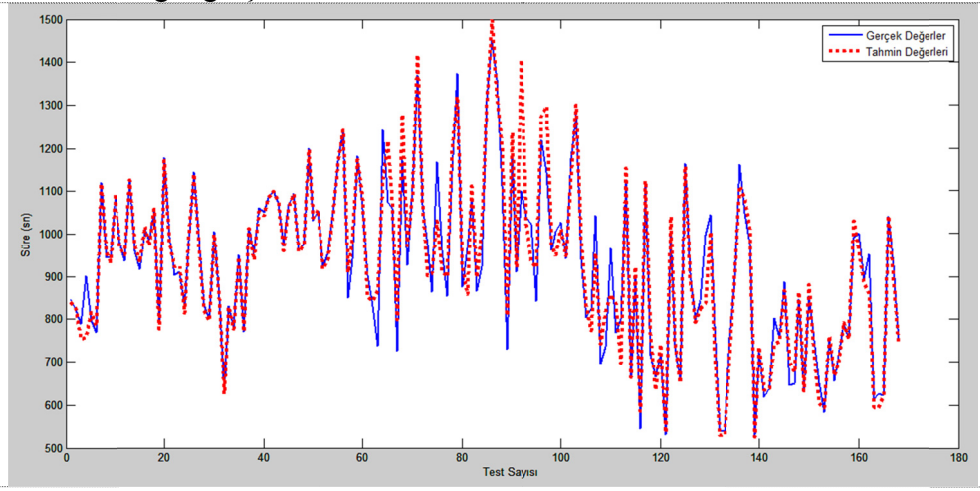

1 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




2 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




3 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




Bütünleşik modelin gerçek ve YSA verileri salınımı

Şekil 60. Beşinci YSA modellerine göre gerçekleşen ve ağın ürettiği değerlerin grafiksel gösterimi

Karşılaştırma yapmadan önce regresyon analizi ile ilgili bazı açıklamalar yapılmıştır. Basit doğrusal regresyon modeli iki değişken arasındaki matematiksel bağlantıyı ifade etmektedir. Burada kast edilen iki değişken: bağımlı ve bağımsız değişkenlerdir. Bağımlı değişken aynı zamanda açıklanan değişken olurken bağımsız değişkende bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen değerdir. Bağımlı değişkenin bağımsız değişkene bağlı olarak değiştiği de kabul edilir. Ancak pek çok durumda bir bağımsız değişken ile yapılan modeller yeterli gelmeyebilir. Birden fazla bağımsız değişkenler ile kurulan modeller bu bağlamda çoklu regresyon olarak adlandırılır (Gamgam ve Altunkaynak, 2015).

Basit doğrusal regresyon modeli*:* $Y=\beta_0+\beta_1X+\epsilon$ *;*

Çoklu doğrusal regresyon modeli*:* $Y=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\ldots..+\beta_nX_n+\epsilon;$

şeklinde kurulmaktadır. Burada $Y$=bağımlı değişkeni, $\beta_{0=}$ sabit katsayıyı, $X_{i=}$ bağımsız değişkenleri, $\beta_{i=}$ tahmin edilecek parametreleri, $\epsilon$ = hata terimini ifade etmektedir.

Çalışmada çoklu regresyon modeli SPSS 24 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çoklu regresyon analizinin sonucunda her bir model için programın ürettiği sabit katsayı değerlerin ve bağımsız değişkenlerin katsayılarına göre oluşan fonksiyon denklemleri aşağıda verilmiştir.

1 nolu durak: Süre = 542,870 + (-6,704*G8) + (0,901*G12 )+ (0,493*G13) + (-0,001*G14) + (0,003*G15)+( -0,006*G16)

2 nolu durak: Süre = 1303,409+ (-14,330*G8) + (0,789*G12 )+ (-0,203*G13) + (-0,001*G14) + (0,033*G15)+( 0,62*G16)

3 nolu durak: Süre = 2256,374+ (-24,822*G8) + (0,558*G12 ) + (0,248*G13) + (0,018*G14) + (0,004*G15) + (0,262*G16) +(0,63*G17) + (110,789*G18)

Bütünleşik Model: Süre = 1288,328+ (-19,536*G8) + (0,763*G12 ) + (0,264*G13) + (-0,002*G14) + (-0,001*G15) + (-0,005*G16) +(0,035*G17) + (-4,698*G18)

Fonksiyon denklemlerine göre; 1 nolu durak için sabit katsayı 542,870; 2 nolu durak için sabit katsayı 1303,409; 3 nolu durak için sabit katsayı 2256,374 ve Bütünleşik Model için sabit katsayı 1288,328 olarak bulunmuştur.

Çoklu regresyon modellerine göre, ortalama hız (G8) girdi değişkeninin kat sayısının tıkanıklık (G12) girdi değişkeni katsayısına kıyasla, denklem üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. genel olarak arazi kullanım girdi değişkenlerinin kat sayılrının 1'den küçük olduğu, fonksiyon denklemine etkilerinin çok olmaığı görülsede 3 nolu durak

için arazi kullanım (üniversite-hastane) (G18) girdi değişkenin katsayısının diğer arazi kullanım girdilerine göre daha belirgin etkide olduğu görülmektedir.

Çoklu regresyon modellerine göre 1 nolu durak için oluşan $R^2$ değeri 0,897; 2 nolu durak için oluşan $R^2$ değeri 0,856; 3 nolu durak için oluşan $R^2$ değeri 0,686 ve Bütünleşik Model için oluşan $R^2$ değeri 0,748 olarak bulunmuştur. $R^2$ değerlerine göre bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından en iyi açıklandığı model 1 nolu durağa ait model ($R^2$=0,897) olurken; açıklanma oranının en düşük olduğu model 3 nolu durağa ait model ($R^2$=0,686) olmuştur.

Çoklu regresyon modelleriyle üretilen çıktı değerleri ile gerçekleşen değerlerin karşılaştırılmasıyla yapılan başarı sınanması ve hata ölçüleri Tablo 47'de verilmiştir. Performans ölçülerine göre 1 nolu durak (0,94) ve bütünleşik modelin (0,97) korelasyon katsayıları 2 nolu durak (0,89) ve 3 nolu durağın (0,77) korelasyon katsayılarından yüksektir. Benzer çıkarımla Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı içinde geçerlidir. 1 nolu durak (0,88) ve Bütünleşik Modelin (0,993) Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı 2 nolu durak (0,77) ve 3 nolu durağa (0,59) ait modellerinin Nash-Sutcliffe etkinlik katsayılarından yüksektir. MAPE değerlerine göre modellerin %10 ve altında olması regresyon sonuçlarının güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

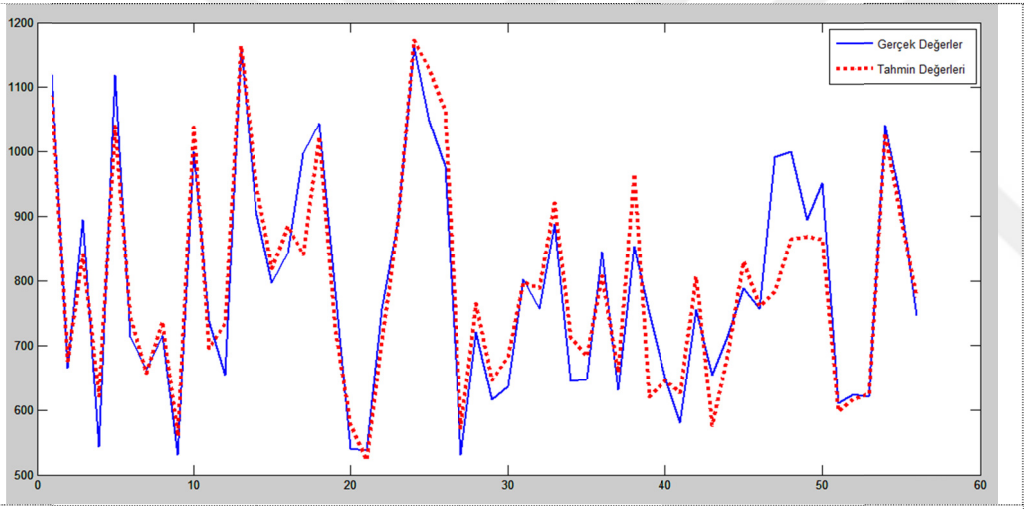
Tablo 47. Çoklu regresyon modellerinin hata değerlerine göre performans değerleri

| Performans ölçütü | 1 nolu durak | 2 nolu durak | 3 nolu durak | Bütünleşik Model |
|---|---|---|---|---|
| MAPE | 5,78 | 4,93 | 9,08 | 0,32 |
| MPE | -0,41 | -1,37 | -1,66 | -0,07 |
| MSE | 3757 | 3628 | 13613 | 2357 |
| RMSE | 61,299 | 60,24 | 116,67 | 15,32 |
| SSE | 210424 | 203188 | 762317 | 39438 |
| MAD | 45,88 | 46,91 | 90,49 | 3,17 |
| Korelasyon | 0,94 | 0,89 | 0,77 | 0,97 |
| NS | 0,88 | 0,77 | 0,59 | 0,993 |
| R | 0,947 | 0,925 | 0,828 | 0,865 |
| $R^2$ | 0,897 | 0,856 | 0,686 | 0,748 |

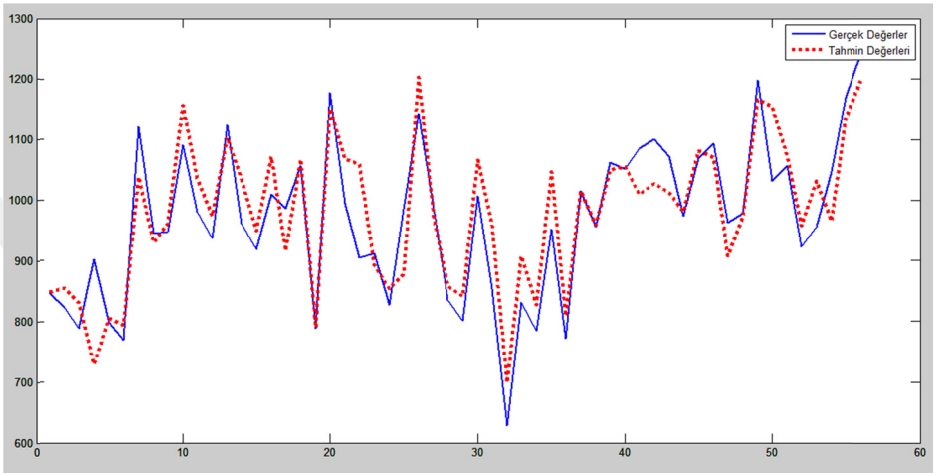
Çoklu regresyon modelleriyle üretilen çıktı değerleri ile gerçekleşen değerlerin karşılaştırmalı grafikleri Şekil 61'de verilmiştir. Grafiklere göre bütünleşik modelin ürettiği çıktı değerleri ile gerçek değerlerin diğer modellere kıyasla birbirine daha yakın olduğu, aralarındaki farkın daha az olduğu görülmektedir. 3 nolu durak için oluşturulan regresyon modelinin ürettiği değerler ile gerçekleşen değerlerin ise diğer modellere kıyasla birbirinden daha fazla uzaklaştığı, aralarında farkın daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Beşinci YSA modelleri ile çoklu regresyon modellerin ürettiği çıktı değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasının yapıldığı ve hata ölçülerinin yer aldığı Tablo 46 ve Tablo 47 birbiriyle karşılaştırıldığında; YSA modellerinin korelasyon katsayıları genel olarak çoklu regresyon modellerine göre daha fazladır. Sadece bütünleşik modelde çoklu regresyon modelinin korelasyon katsayısı (0.97) YSA modelinin korelasyon katsayısından (0.96) fazladır. Benzer sonuçlar Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı içinde geçerlidir. YSA modellerinin Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı genel olarak çoklu regresyon modellerine göre daha fazladır. Sadece bütünleşik modelde çoklu regresyon modelinin Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (0.993) YSA modelinin Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısından (0.92) fazladır. Ancak YSA modellerinin MAPE değerleri (sırasıyla: 3,10; 0,85; 6,34; 3,54) çoklu regresyon modellerine göre ( sırasıyla: 5,78; 4,93; 9,08; 0,32) daha düşük gerçekleşmiştir.

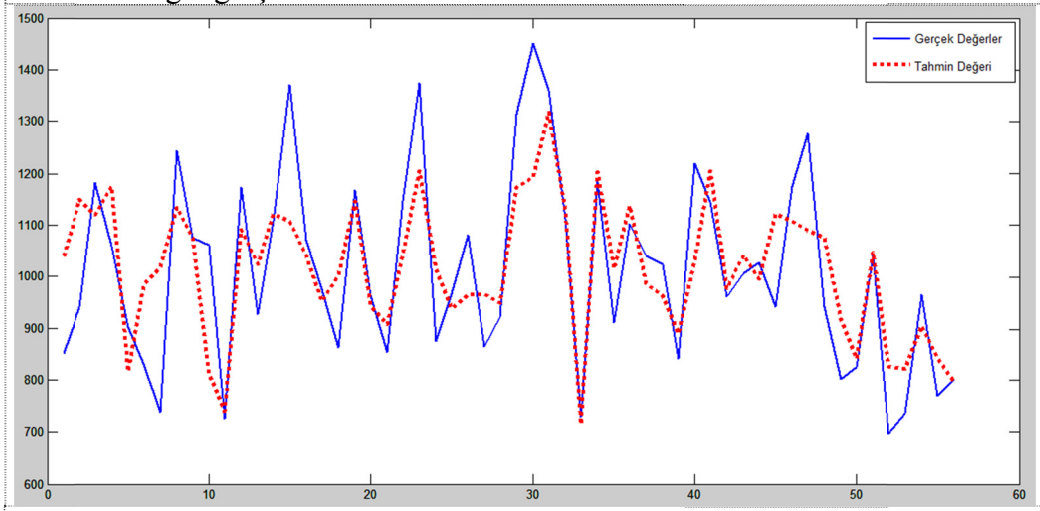
Beşinci YSA modelleri ile çoklu regresyon modelleri üretilen çıktı değerleri ile gerçek değerlerine göre grafik olarak ta karşılaştırılmıştır (Şekil 62). Grafikler üzerinden yapılan karşılaştırmada 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için YSA modellerinin çoklu regresyona kıyasla gerçek değerlere daha yakın sonuçlar ürettiği, gerçek değerler ile tahmin değerleri arasındaki farklın YSA modellerinde daha az olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca YSA ile çoklu regresyonun tahmin ettiği değerler ile gerçekleşen değerlerin verildiği Ek Tablo 10, 11, 12 ve 13 üzerinden yapılan irdelemede de YSA'nın hata değerlerinin çoklu regresyona kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir.



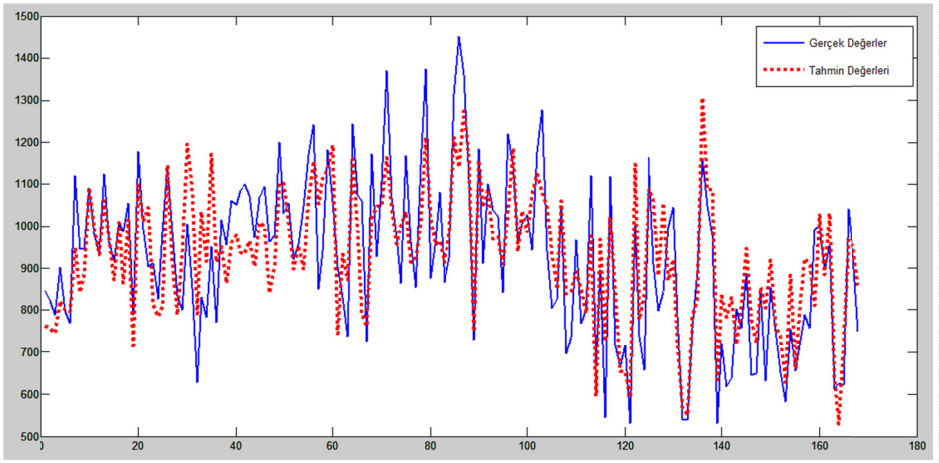

1 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




2 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı

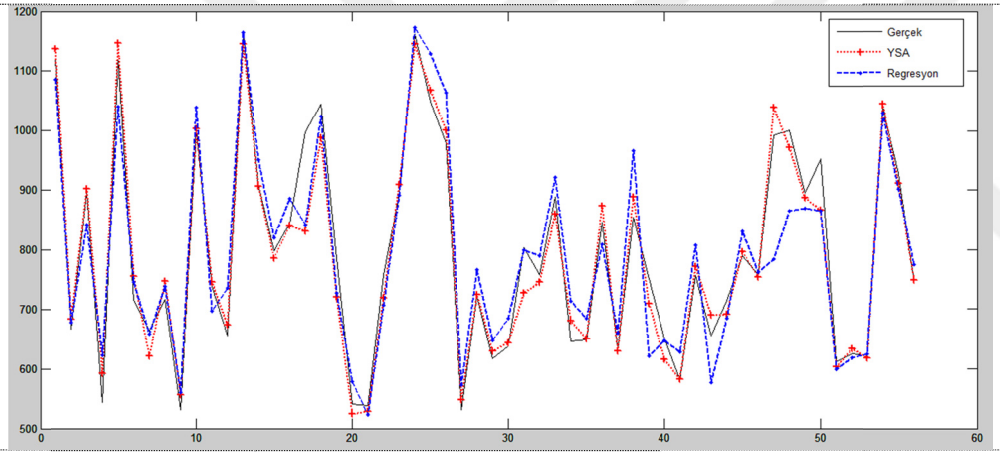



3 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı

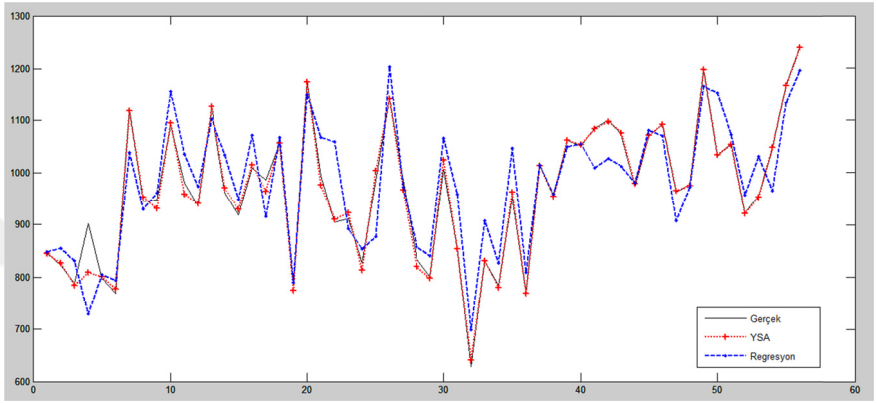



Bütünleşik Model gerçek ve YSA verileri salınımı

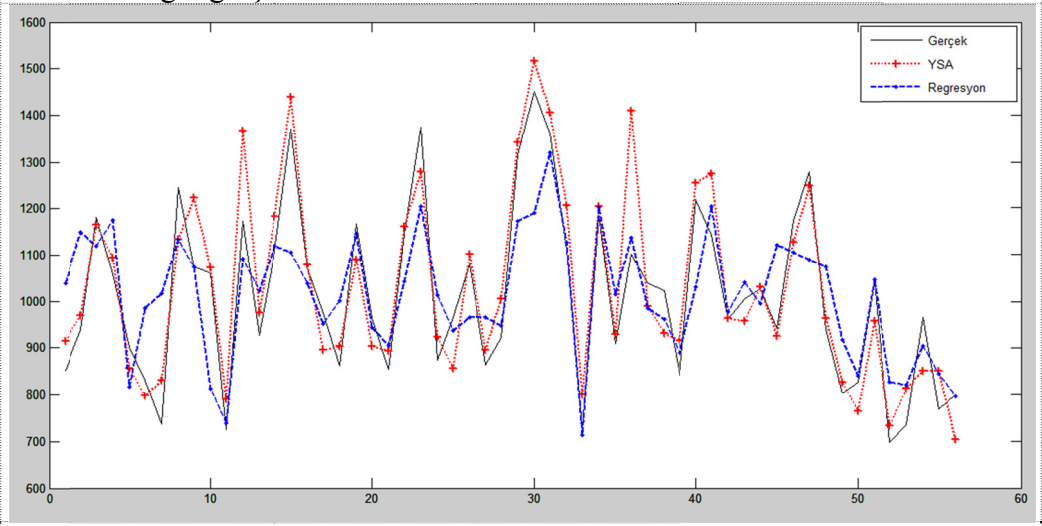
Şekil 61. Çoklu Regresyon modellerine göre gerçekleşen ve tahmin edilen değerlerin grafiksel gösterimi



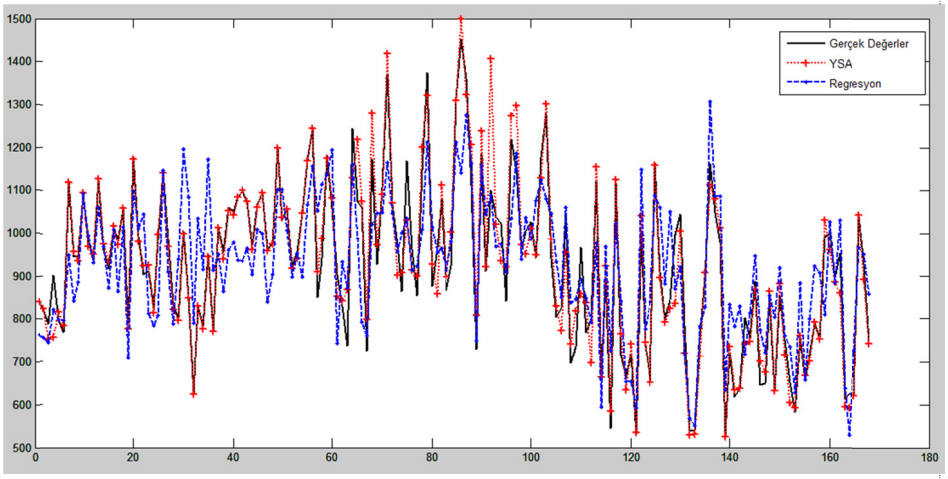

1 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




2 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




3 nolu durağın gerçek ve YSA verileri salınımı




Bütünleşik Model gerçek ve YSA verileri salınımı

Şekil 62. Gerçekleşen değerlerin YSA ve çoklu regresyonun tahmin ettiği değerlere göre grafiksel karşılaştırılması

# 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekeli ve Okyay (1981), dolmuşun, teknolojik gelişmelere bağlı olarak zamanla önemini yitireceğini ancak varlığını sürdüreceğini belirtmiştir. Oysaki yapılan bu çalışma göstermiştir ki dolmuş, bir Türkiye gerçeği olarak halen varlığını sürdürmektedir ve toplu taşımada önemini korumaktadır.

Belirsizlik ve kuralsızlığın hâkim olduğu ara toplu taşıma sistemlerinde hareketlerinin belirlenmesi, hareket eğilimlerinden yola çıkarak bir model geliştirilmesi ve geleceğe yönelik tahminlerin yapılması zorlaşmaktadır. Ara toplu taşıma sistemlerinin anlaşılmasında seyahat süresi önemlidir ve gezginlerin en çok tercih ettiği bilgidir (Jeong ve Rilett, 2004; Ukam, 2023a). Seyahat süresi ancak doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edildiği takdirde önem taşımaktadır. Bu bağlamda bir ara toplu taşıma aracı olan dolmuş sistemleri içinde seyahat sürelerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve tahmini önemlidir. Fakat belirsiz ve kuralsız olarak bilinen bu sistemler için karmaşık bilgi yapısını işleyecek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

YSA'lar kendilerine gösterilen girdi değişkenlerini öğrenerek ve değişkenler arasında açıklanması zor işlevsel ilişkileri yakalayarak genelleme yapabilirler. Ayrıca YSA'lar kendilerine gösterilen verileri öğrendikten sonra çıkarımlar da yapabilirler. Bu nedenle YSA'lar, çözümlenmesi zor olan problemler için uygun bir yöntemdir (Zhang vd., 1998). Bu yaklaşımla karmaşık bir yapıda olan dolmuş sistemlerinin seyahat süresinin tahmininde YSA kullanılması, girdiler arası işlevsel ilişkileri ortaya koyması bakımdan önemlidir. Bu nedenle çalışmada yöntem olarak YSA kullanılmıştır.

Çalışmanın önemli araştırma sorularından biri de dolmuş sistemlerinin seyahat süresinin tahmininde kullanılacak girdilerin belirlenmesidir. Bu bağlamda öncelikle otobüs seyahat süresi tahmininde kullanılan girdi değişkenleri ele alınarak, ara toplu taşımada da kullanılabilecekler tespit edilmiştir. Ayrıca, daha önce denenmemiş olan arazi kullanım girdi değişkenlerinin de kullanılmasına karar verilmiştir. Böylece, ara toplu taşımada seyahat süresi için kullanılabilecek bir girdi seti önerilmiştir.

Çalışmada dolmuşun seyahat süresi tahmin etmek için YSA modellerinde farklı sayıda girdi değişkenleri denenmiş ve farklı sayıda girdi değişkenlerine göre tahmin başarısı test edilmiştir. Birinci modellerde arazi çalışmalarıyla elde edilen tüm girdi değişkenleri kullanılarak tahmin analizi gerçekleştirilmiştir. YSA'nın oldukça başarılı

olduğu, gerçeğe yakın tahminler de bulunduğu, tanımlanan girdi değişkenleriyle çıktı değerleri arasındaki betimlemenin başarılı bir şekilde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (Tablo 36, Şekil 44). Bu sonuç aynı zamanda ara toplu taşımada seyahat süresinin tahmin edilebileceğini ispatlamıştır.

İkinci modellerde, hem girdi sayısını azaltmak hem de YSA'nın başarısını sınamak için iki girdi değişkenin elenmesine karar verilmiştir. Bunlar hattın adı (G1) ve en yüksek hız (G9) girdi değişkenleridir. Birinci modele kıyasla Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı ile bütünleşik modelin salınım grafiğinde gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği değerler arasındaki sapmaların daha fazla olduğu noktalar olsa da ikinci modellerinde oldukça başarılı tahminlerde bulunduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 38, Şekil 48). Bu sonuç, aslında daha az girdi sayısıyla da tahmin yapılabildiğini göstermektedir. Üçüncü modelde, YSA'nın ezber yapıp yapmadığını ve daha az sayıda girdi ile ne düzeyde başarılı sonuçlar üretebildiğini sorgulamak için dört girdi değişkeninin daha elenmesine karar verilmiştir. "Başlangıçtaki yolcu sayısı (G3)", "inen/ binen toplam yolcu sayısı (G5)", "yolcu indirme/bindirmedeki geçen toplam süre (G6)", "kayıp süre (G11)" üçüncü modellerdeki elenen girdi değişkenleridir. Böylece, üçüncü modellerde, seyahatin başladığı andaki yolcu sayısı, seyahat boyunca gerçekleşen yolcu değişimleri ve bu değişimlerde harcanan zaman ile kayıp süre verileri kullanılmadan tahmin yapılmıştır. Üçüncü modellerde YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafiklerden (Şekil 52), gerçek değerler ile ağın tahmin ettiği çıktı değerlerinin birbirine yakın sayılabilecek bir düzeyde olduğu ancak birinci ve ikinci modellere kıyasla gerçek değerler ile ağların ürettiği değerler arasındaki sapmaların daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum aslında YSA'nın ezber yapmadığını, sürekli gerçeğe çok yakın tahminler üretmediğini göstermektedir.

Çalışmanın önemli irdelemelerinden biri de sadece arazi kullanım girdi verilerini kullanarak YSA'nın tahmin analizindeki performansını ölçmektedir. Böylece toplu ve/veya ara toplu taşıma araçlarının seyahat süresinin tahmininde arazi kullanım verilerinin yalın halde kullanılabilirliği test edilmiştir. Dördüncü modellerde YSA'nın ürettiği çıktı değerleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen gerçek değerlerin karşılaştırmalı grafiklerden (Şekil 56) , gerçek değerler ile ağın ürettiği çıktı değerlerinin birbirinden uzaklaştığı, aralarındaki farkın fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar itibariyle sadece arazi kullanım verileri dikkate alınarak kurulan YSA'ların birinci, ikinci ve üçüncü modellere kıyasla gerçek değerler ile ağların ürettiği değerler arasındaki sapmaların çok daha fazla

olduğu, başarı düzeyinin düşük olduğu görülmüştür. Arazi kullanım girdi değişkenlerinin tahminde başarısızı olması, aslında süre üzerinde etkili olmadığı için değil dolmuşun çalışma prensibi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Esnek bir yapı içinde olan dolmuşlarda, durağa bağlı yolcu indirme ve bindirme gerçekleşmemektedir. Bu da arazi kullanım verilerinin sınırlı katkıda modele dâhil edilme zorunluluğunu birlikte getirmiştir. Oysaki dolmuşlarda tıpkı otobüsler gibi belirli duraklarda indirme ve bindirme yapmış olsalardı arazi kullanım verilerinin modele katkısı daha iyi olabilecekti.

Arazi kullanım girdi verileriyle oluşturulan dördüncü modellerdeki YSA'ların başarı performansı düşük gerçekleşmiştir. YSA'nın tahmin yeteneğini arttırmak amacıyla arazi kullanım girdi verilerinin yanına deneme yoluyla bir değişkeni daha eklenmiştir. Denemede arazi kullanım verileri dışındaki girdi verileri tek tek eklenerek performans sonuçlarına bakılmıştır. Böylece performansı pozitif yönde en iyi etkileyen girdi değişkeni belirlenmiştir. arazi kullanım verileriyle birlikte "tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında YSA'nın performansı artmaktadır. Arazi kullanım verileriyle birlikte "tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni kullanıldığında her ne kadar ağın performansı görece artsa da istenilen düzeye çıkamamıştır. Özellikle gerçekleşen değerler ile ağın ürettiği değerlere göre oluşan korelasyon katsayıları 1'e istenilen düzeyde yaklaşmamıştır. Ağın performansını daha da arttırmak amacıyla arazi kullanım verileri ve "tıkanıklık (G12)" girdi değişkeninin yanına deneme yoluyla bir girdi değişkeni daha eklenerek ağın performansının arttırılması istenmiştir. Arazi kullanım verileri ve "tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni ile birlikte "ortalama hız (G8)" kullanıldığında YSA'nın performansı en iyi seviyeye ulaşmıştır. Her üç ağ içinde "ortalama hız (G8)" değişkeni arazi kullanım verileriyle birlikte kullanılan ağın en iyi sonuçları ürettiği görülmüştür. Arazi kullanım girdi verileri, "tıkanıklık (G12)" girdi değişkeni ve "ortalama hız (G8)" değişkeni kullanıldığında Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı için korelasyon katsayısı= 0,98; NS katsayısı= 0,96 ve MAPE=3,10 olarak gerçekleşmiştir. Böylece YSA en iyi sonuçları üretmiştir. "ortalama hız (G8)" girdi değişkeni modele dahil edildiğinde Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya-Meydan Dolmuş Durağı için korelasyon katsayısı=0,99; NS katsayısı=0,99 ve MAPE=0,85 şeklinde gerçekleşerek ağ en iyi performansını sergilemiştir. Benzer durum 3 nolu durak içinde geçerlidir. Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağı için korelasyon katsayısı=0,92; NS katsayısı=0,81 ve MAPE=6,34 şeklinde gerçekleşerek "ortalama hız (G8)" girdi değişkeni kullanıldığında ağın performansını en üst düzeye çıkmıştır (Tablo 43, 44, 46, Şekil 62).

Çalışmada da beşinci modellerdeki girdi değişkenleri kullanılarak YSA ile birlikte çoklu regresyonla da tahmin analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Fonksiyon denklemlerine göre; Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı için sabit katsayı 542,870; Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya- Meydan Dolmuş Durağı için sabit katsayı 1303,409; Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağı için sabit katsayı 2256,374 ve bütünleşik model için sabit katsayı 1288,328 olarak bulunmuştur.

Çoklu regresyon modellerine göre Çamlık-Meydan Dolmuş Durağı için oluşan $R^2$ değeri 0,897; Fatih-Kuran Kursu-Ayasofya- Meydan Dolmuş Durağı için oluşan $R^2$ değeri 0,856; Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağı için oluşan $R^2$ değeri 0,686 ve Bütünleşik Model için oluşan $R^2$ değeri 0,748 olarak bulunmuştur. $R^2$ değerlerine göre bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından en iyi açıklandığı model Çamlık-Meydan Dolmuş Durağına ait model ($R^2$=0,897) olurken; açıklanma oranının en düşük olduğu model Moloz-Bostancı-Tıp Fakültesi Dolmuş Durağına ait model ($R^2$=0,686) olmuştur.

Beşinci YSA modelleri ile çoklu regresyon modelleri üretilen çıktı değerleri ile gerçek değerlerine göre grafik olarak ta karşılaştırılmıştır (Şekil 62). Grafikler üzerinden yapılan karşılaştırmada 1, 2, 3 nolu duraklar ve bütünleşik model için YSA modellerinin çoklu regresyona kıyasla gerçek değerlere daha yakın sonuçlar ürettiği, gerçek değerler ile tahmin değerleri arasındaki farklın YSA modellerinde daha az olduğu anlaşılmıştır. Kentsel toplu taşımada önemli bir rolü olan, toplam yolculuğun önemli bir bölümünü taşıyan, karmaşık, düzensiz, anlaşılması zor bir yapıya sahipmiş gibi görünen ve bir ara toplu taşıma aracı olarak, dolmuşun seyahat süresini, arazi kullanım kararları da dikkate alınarak, yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edildiği görülmüştür. Beşinci tahmin modelleri, arazi kullanım kararlarının seyahat süresi tahmininde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca planlama disiplini çerçevesinde ve imar planları düzeyinde, dolmuş depolama ve ana durak noktaları, arazi kullanım kararlarına ilişkin ulaşım bağlantıları dikkate alınarak dolmuş sistemlerine yönelik kararlar getirilebileceği soncuna varılmıştır. Bu bağlamda, hem tahmin sonuçlarına göre, hem de kullanılan girdiler ve kurulan modeller dikkate alındığında "Dolmuş sistemlerinin seyahat süresi toplu taşıma araçlarında olduğu gibi (otobüs vb.) tahmin edilebilir ve arazi kullanım kararları dolmuşun seyahat süresi üzerinde etkilidir" hipotezi doğrulanmıştır.

Arazi kullanım kararları bireylerin seyahat davranışları üzerinde ve mod seçiminde etkili olmaktadır. Arazi kullanımı aynı zamanda tıkanıklık ve gecikme üzerinde de önemli

bir etkiye sahiptir. Farklı arazi kullanım türleri arasındaki geçişler, komşu bağlantıları, ulaşım güzergâhı aynı zamanda seyahat süresini de etkilemektedir (Mane ve Pulugurtha, 2018). Otobüs seyahat süresi tahminine yönelik yapılan çalışmalarında arazi kullanımın etkisi üzerinde çokta durulmadığı görülmektedir. Oysaki toplu taşıma sisteminin planlanmasında, güzergâh seçiminde ve programlamada arazi kullanım yapısı oldukça önemli bir yapıya sahiptir. Tez çalışmasında seyahat süresi üzerinde önemli etkiye sahip olan arazi kullanım kararlarının da modele dâhil edilmesi bu çalışmayı daha değerli kılmaktadır. Ayrıca ara toplu taşıma sistemlerinde seyahat süresinin tahmini bir işletme sorunu olarak görülebilir. Yapılan tez çalışmasıyla, arazi kullanım kararları da sürece dâhil edilerek mesleki disipline katkı sağlanacaktır. Ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörlere yeni yeni araştırılmaya başlandığından bu faktörlere katkı sağlaması ara toplu taşıma yazını için önemlidir. Oğuz'a (2020) göre kentsel toplu taşımada önemli bir yeri olan ara toplu taşıma sistemleri Türk yazınında yeterince yer bulamamıştır. Tez çalışması ile bu alana katkı sağlanması beklenmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan dolmuşlar, esnek bir yapıya sahip olup, yolcu indirme ve bindirme talebe göre şekillenmektedir. Bu bağlamda arazi kullanım verileri ile seyahatler arasında yeterince ilgi kurulamamıştır.

Ara toplu taşıma sistemlerinde yolcu indirme ve bindirme talep doğrultusunda esnektir. Çalışma alanındaki dolmuşlar da güzergâhları boyunca tanımlanmış birkaç durak haricinde talep doğrultusunda yolcu indirme ve bindirme yapmaktadır. Ancak otobüs gibi sabit duraklara göre hizmet veren toplu taşıma sistemlerinde tanımlanmış duraklar bulunmaktadır. Ayrıca çalışma alanındaki otobüsler de dâhil olmak üzere, GPS, otomatik yolcu sayacı gibi sistemlerin bulunduğu araçlarda durak noktalarına göre yolculuk talepleri belirlenebilmektedir. Dolmuşların, esnek ve talebe duyarlı yapısı ve güzergâhları boyunca yolcu indirme ve bindirme yapmak için tanımlanmış sabit durakların olmayışı, bazı yolculukların aynı arazi kullanım değerleri üretilmesine sebebiyet vermiştir. Dolayısıyla seyahat süresi tahmin modellerinde aynı güzergâhı kullanan yolculuklarda aynı arazi kullanım girdi değerlerini ortaya çıkmıştır. Bunun bir sonucu olarak sadece arazi kullanım girdi verilerini kullanarak oluşturulan dördüncü YSA modellerinde ağın performansı istenilen düzeye çıkamamıştır. Çünkü modellerde kullanılan arazi kullanım girdi değerleri aynı güzergâhta gerçekleşen yolculuklarda aynı alınmıştır. Buda ağın performansına olumsuz yansımıştır. Çalışmanın, planlama ve ulaşım literatürüne önemli bir katkısı, seyahat süresi tahmin modellerinde, arazi kullanım verilerinin de değişken olarak

kullanılabileceğinin ortaya koyması olmuştur. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda, otobüs sistemleri başta olmak üzere, sabit duraklara göre hizmet veren toplu taşıma sistemlerinde, duraklardaki yolculuk talepleri ile arazi kullanım ilişkisi kuvvetli bir şekilde kurularak, sadece arazi kullanım girdi verilerini ile seyahat süresi tahmini yapılabilir.

Çalışmada, dolmuşun seyahat süresinin tahmini modellerinde YSA kullanılmıştır. Otobüs seyahat süresi tahmin problemlerinde ise YSA dışında farklı yöntemlerde kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemler tarihsel verilere dayalı modeller ( Xu ve Ying, 2017, Yu vd., 2017), Kalman Filtresi ( Deeshma ve Verma. 2015; Kumar vd., 2017) , Destek Vektör Makinesi (Hernandez, 2014; Bai vd., 2014; Bın vd., 2006; Pengvd., 2018), Regresyon Analizi (Arhin vd., 2015), K-En Yakın Komşu Algoritması ( Yu vd., 2018; Jairam vd., 2018; Kumar vd., 2019), istatistiksel analiz metotları (Zhang ve Teng, 2013 ), zaman serisi analizleri (Comi vd., 2017) şeklindedir. Gelecek çalışmalarda, YSA'nın dışında, yukarıdaki gibi tahmin analizlerinde kullanılan farklı yöntemlerde kullanılarak başarı performansları sınanabilir ve literatüre katkı sağlanabilir.

Ukam vd., (2023a) yaptığı çalışmasında farklı değişkenler kullanarak, ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörleri "güzergâhın belirli bir bölümünün uzunluğu (km olarak)", "yolcu indirme ve bindirmede geçen ortalama süre" ve "güzergâhın belirli bir bölümünde kırmızı ışıklarda harcanan ortalama süre" olarak bulmuştur. Bu çalışma, tezin kurgusundan sonra yayımlanmış olması nedeniyle, girdilerin belirlenmesinde kullanılamamıştır. Ayrıca Ukam vd., (2023a) ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörlerin belirlenmesiyle seyahat süresinin tahmin edilebileceğini belirtmektedir. Yapılan tez çalışmasında, benzer ve farklı girdi değişkenleri de kullanılarak ara toplu taşımada seyahat süresi tahmini gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda, farklı alan deneyimleri de dikkate alınarak ara toplu taşımada seyahat süresini etkileyen faktörler de denenerek ve farklı girdiler kullanılarak seyahat süresi tahmini yapılabilir. Bu bağlamda ara toplu taşımada seyahat süresinin tahminine yönelik yapılan tez çalışmasının literatürde önemli bir eksikliği kapatmış olacaktır. Ayrıca, arazi kullanım verilerinin de kullanılması planlama disiplini açısından oldukça önemli katkılar sağlamaktadır.

Toplu taşımada kullanılan otobüslerde genellikle GPS veya otomatik yolcu sayaçları gibi teçhizatlar bulunmakta bunlarda araştırmacılara önemli veri kaynağı sağlamaktadır. Ancak, benzeri teçhizatlar ara toplu taşımada kullanılan araçlarının çoğunda yer almamaktadır. Bu durum çalışma alanındaki dolmuşlar için de geçerlidir. Ara toplu taşıma araçlarının teknolojik teçhizatlardan yoksun olması veri alt yapısı oluşturulmada önemli bir

sorun teşkil etmektedir. Sorunun çözümü ancak arazi çalışmalarıyla giderilebilmektedir. Tez çalışmasında da veri alt yapısı arazi çalışmalarıyla elde edilmiştir. YSA yöntemi kullanılarak otobüs seyahat süresinin tahmininin yapıldığı çalışmalar da dikkate alınarak, çalışma alanındaki dolmuşların özellikleri, çalışma sistemi, girdilerin arazi çalışmalarıyla toplanabilirliği, ölçülebilirliği ve elde edilebilirliği dikkate alınarak 18 farklı girdi belirlenmiştir. Girdilerin 14'ü alan çalışmasıyla elde edilebilir verileri kapsamaktadır. Ölçümler, dolmuş aracına binilerek yapılmıştır. Verilerin toplanması zaman ve maliyet açısından önemli kaynağa ihtiyaç duyduğundan, toplanması gerekli tüm bilgiler ölçümler sırasında elde edilmeye çalışılmıştır. Tez çalışmasının sonucunda arazi kullanım (konut) (G13), arazi kullanım (ticaret ) (G14), arazi kullanım (kamu) (G15), arazi kullanım (ulaşım alt yapısı) (G16), arazi kullanım (endüstriyel-KSS) (G17), arazi kullanım (üniversite (hastane)) (G18) girdileri ile birlikte Ortalama hız (G8) ve tıkanıklık (G12) girdileri kullanıldığında da istenilen tahmin başarısı elde edilmiştir. Dolayısıyla, dolmuştaki yolculuk değişimini dikkate alan girdiler olmadan da başarılı bir şekilde tahmin gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda, yapılacak ölçümlerde, dolmuş aracına binilmeden de verilerin toplanabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Çalışmada elde edilen tüm veriler saha çalışmalarıyla ve gerektiğinde cep telefonu verileri kullanılarak elde edilmiştir. Teknolojik alt yapıdan eksik olan ara toplu taşıma sistemlerinde veri toplama yöntemlerine katkı sağlanarak farklı bakış açıları geliştirilmiş olunacaktır. Yapay sinir ağları birçok farklı disiplinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şehir ve bölge planlama disiplininde de bu modelin kullanımın yaygınlaştırması disipline farklı boyutlar kazandıracaktır.

Sonuç olarak, yapılan tez çalışması, Ortahisar kentindeki dolmuşlar bağlamda, planlamayı da dikkate alarak geleceğe yönelik öngörüler içermektedir. Ülkemiz ve dünya literatürüne önemli bilimsel katkı sağlayacağı düşünülen bu çalışma ile toplu taşıma ve ara toplu taşıma ile ilgili yapılacak çalışmalarda yöntem ve girdi seti anlamında önemli veriler sunmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR


Adam Smith Institute, 1989. The Paratransit Light Vehicle, A Report to London Transport and the Secretary of State for Transport.

Agafonov, A., ve Yumaganov, A., 2019a. Bus Arrival Time Prediction with LSTM Neural Network, Lu, H., Tang, H., Wang, Z. (edt) Advances in Neural Networks – ISNN 2019, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham,11554,11-18

Agafonov, A., ve Yumaganov, A., 2019b. Bus Arrival Time Prediction Using Recurrent Neural Network with LSTM Architecture, Optical Memory and Neural Networks, 28, 3, 222–230

Agarwal, S., 2016. DEA-neural networks approach to assess the performance of public transport sector of India, OPSEARCH 53, 248–258

Ahmed, I.U., Banik, R.,Hasnat, M. M.,Hadiuzzaman, M., Qiu, T. Z., ve Rahman, F., 2017. Probabilistic Neural Network and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Based Paratransit Service Quality Prediction and Attribute Ranking, Ocak 8-12, Transportation Research Board 96th Annual Meeting,Washington DC, United States

Ahmed, Y., 2004. Transformation of Public Transport operations from informal to formal services : An Examination of initiatives by the Western Cape Provincial Department of Transport to transform the minibus-taxi industry , CODATU 11th Conference, Bucharest, Romania

Akgül, I., 2003. Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri, Der Yayınları, İstanbul s. 138.

Aldaihani, M., ve Dessouky, M. M., 2003. Hybrid scheduling methods for paratransit operations, Computers & Industrial Engineering 45, 75–96

Ambrosino, G,. Boero, M., Eloranta, P., Engels, D., Finn, B., ve Sassoli, P., 2000. Flexıble Mobılıty Solutıons In Europe Through Cooperatıon Between Operators, It Supplıers And Authorıtıes ,7th World Congress on Intelligent Transport Systems 6-9 Kasım, Italy

Amirgholy, M., ve Gonzales, E. J., 2016. Demand responsive transit systems with time-dependent demand: User equilibrium, system optimum, and management strategy, Transportation Research Part B 92, 234–252

Amita, J., Singh, J. S., ve Kumar, G. P., 2015. Predıctıon Of Bus Travel Tıme Usıng Artıfıcıal Neural Network, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5(4), 410 - 424

Amita, J., Singh, J. S., ve Kumar, G. P., 2016. Prediction of Bus Travel Time using ANN: A Case Study in Delhi ,Transportation Research Procedia 17 , 263 – 272

Ana Britannica, 1992. Ana Yayıncılık A.Ş. ve Encyclopaedia Britannica Inc., 7, 409

Anderson, D., ve McNeill, G., 1992. Artıficıal Neural Networks Technology, Rome Laboratory, A DACS State-of-the-Art Report,

Anonim, Trabzon Kent İçi Ulaşım Etüdü, 1994. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi, Final Rapor, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Ve Trabzon Belediyesi.

Arhin, S. A., Noel, E. C., Anderson, M., Williams, L., Ribbiso, A., ve Stinson, R., 2015. Predicting Dwell Time by Bus Stop Type and Time of the Day, Civil & Environmental Engineering, 5, 1-5

Assi, K. J., Nahiduzzaman, K. M., Ratrout, N. T., ve Aldosary, A. S., 2018. Mode choice behavior of high school goers: Evaluating logistic regression and MLP neural networks, Case Studies on Transport Policy , 6 , 225–230

Aworemi, J. R., Salami, A. O., Adewoye, J. O., ve Ilori, M. O., 2008. Impact of Socio-economic Characteristics on Formal and Informal Public Transport Demands in Kwara State, Nigeria, African Journal of Business Management ,2, 4, 072-076

Babalık, S. E., 2012. Toplu Taşıma Sistemleri, Kılınçaslan, T., ed., Kentsel Ulaşım, Ninova Yayınları, İstanbul

Bacero, R. S., ve Vergel, K., 2009. Assessment of Jeepney's Components, Systems and Separate Technical Units for the Development of Standards, 17th Annual Conference of the Transportation Science Society of the Philippine

Bai, C., Peng, Z. R., Lu, Q. C., ve Sun, J., 2015. Dynamic Bus Travel Time Prediction Models on Road with Multiple Bus Routes, Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience, 1-9

Bakker, P., 1999. Large Scale Demand Responsive Transit Systems: A Local Suburban Transport Solution for the Next Millennium?, Proceedings of European Transport Conference, Stream: Public Transport Planning and Manegement, 109-126

Banık, R., 2016. Paratransıt Servıce Qualıty Predıctıon And User Attrıbute Rankıng Usıng Neural Network And Fuzzy Approach, Master of Scıence In Cıvıl & Transportatıon Engıneerıng, Bangladesh Unıversıty Of Engıneerıng And Technology (Buet), Dhaka, Bangladesh

Barrett, J., 2003. Organizing in the informal economy: A case study of the minibus taxi industry in South Africa. SEED Working, International Labour Office, 39.

Basu, R., Varghese, V., ve Jana, A., 2017. Comparison of Traditional and Emerging Paratransit Services in Indian Metropolises with Dissimilar Service Delivery Structures, Asian Transport Studies, 4,3, 518–535.

Bayır, F., 2006. Yapay Sinir Ağları ve Tahmin Modellemesi Üzerine Bir Uygulama, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Bearse, P., Gurmu, S., Rapaport, C., ve Stern, S.,2004. Paratransit demand of disabled people, Transportation Research Part B , 38, 809–831

Behrensa, R., McCormick, D., Orero R., ve Ommeh M., 2017. Improving paratransit service: Lessons from inter-city matatu cooperatives in Kenya, Transport Policy 53 , 79–88

Benjamın, J., Kurauchı, S., Morıkawa, T., Polydoropoulou, A., Sasakı, K., ve Ben-Akıva, M., 1998. Forecasting Paratransit Ridership Using Discrete Choice Models with Explicit Consideration of Availability, Transportatıon Research Record ,1618, 1, 60-65

Bın, Y., Zhongzhen, Y., ve Baozhen, Y., 2006. Bus Arrival Time Prediction Using Support Vector Machines, Journal of Intelligent Transportation Systems, 10, 4, 151158

Black, A., 1995. Urban Mass Transportation Planning, McGraw-Hill, Singapore

Bovy, H., ve Krayenbuhl. V., 1978. Paratransit , Report of the Fourtieth Round Table on Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport, Parıs, France

Bower, D. J., 1991. Automated paratransit routing and scheduling using a highway network model. Transportation Research Record 1292, 15–23.

Bozalioğlu, S.G., 2007. Kent İçi ulaşım Olanakları Açısından Yol Güzergahı İncelemesi: Giresun 16 Nolu S.S. Taşıyıcılar Koop. (Mavibaş) Dolmuş hattı Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

Brake, J., Mulley, C., Nelson, J. D., ve Wright, S., 2007. Key lessons learned from recent experience with flexible transport services, Transport Policy, 14,6, 458-466.

Brand,C., Rajé, F., ve Preston, J., 2003. Transport and Access to Health Care: The Potential of New Information Technology, University of Oxford Transport Studies Unit, Oxford, UK.

Carotenuto, P., Monacelli, D., Raponi, G., ve Turco, M., 2012. A dynamic simulation model of a flexible transport services for people in congested area, Social and Behavioral Sciences ,54, 357 – 364

Čelan, M., ve Lep, M., 2017. Bus arrival time prediction based on network model, Procedia Computer Science, 113, 138–145

Cervero, R., ve Golub, A., 2007. Informal transport: a global perspective, Transport Policy 14, 445–457

Cervero, R., 1992. Paratransit in Southeast Asia: A Market Response to Poor Roads?, Review of Urban and Regional Development Studies, 90, 3, 3-27

Cervero, R., 1997. Paratransit in America Redefining Mass Transportation, Praeger. Westport. CT., United States

Cervero, R., 1998. The Transit Metropolis: A Global Inquiry. Island Press, Washington, DC. Covelo, California

Cervero, R., 2001. Informal Transit: Learning from the Developing World, University of California Transportation Center, Working Papers, University of California Transportation Center, 18, 15-22

Cervero. R., 2000. Informal Transport in the Developing World. United Nations Commission on Human Settlements (Habitat), Nairobi,Kenya.

Ceylan, H., Murat, S. Y., Haldenbilen, S., ve Cengiz, Ö., 2004. Genetic Algorithm Approach to Evaluate Bus and Paratransit Public Transport in Urban Areas, 10th World Conference on Transport Research (WCTR), 4-8 Temmuz, Istanbul, Türkiye

Chandra, S., ve Quadrifoglio, L., 2013. A model for estimating the optimal cycle length of demand responsive feeder transit services, Transportation Research Part B 51 , 1–16

Chang, C. Y., Cho, Y.J., ve Chen, L.F., 2010. The development of demand responsive transport services in Taiwan, Scientific Research Publishing, 1263-1267

Chen, M., Liu, X., ve Xia, J., 2005. Dynamic Prediction Method with Schedule Recovery Impact for Bus Arrival Time, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board ,1923, 208-217.

Chen, M., Liu, X., Xia, J. ve Chein, S. I., 2004b. A Dynamic Bus-Arrival Time Prediction Model Based on APC Data, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 19, 364–376

Chen, M., Yaw, J., Chein, S. I., ve Liu, X., 2004a. Using Automatic Passenger Counter Data in Bus Arrival Time Prediction, Journal of Advanced Transportation, 41,3, 267-283

Chiang, W. C., Russell, R. A., ve Urban, L. T., 2011. Forecasting ridership for a metropolitan transit authority, Transportation Research Part A 45, 696–705

Chien, S., Ding, Y., ve Wei, C., 2002. Dynamic Bus Arrival Time Prediction With Artificial Neural Networks, Journal Of Transportatıon Engıneerıng, 128, 5, 429-438

Cline, M. E., 2014. Carpooling, Garrett, M., ed., Encyclopedia of Transportatıon: Social Science and Policy, SAGE Publications.

Comi, A., Nuzzolo, A., Brinchi, S., ve Verghini, R., 2017. Bus travel time variability: some experimental evidences, Transportation Research Procedia 27, 101-108

Costa, A. N., ve Markellos, R. N., 1997. Evaluating Public Transport Efficiency with Neural Network Models, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 5, 5, 301-312

Cremers, M.L.A.G., Klein Haneveld, W.K., ve Vlerk, M.H., 2009. A two-stage model for a day-ahead paratransit planning problem. Mathematical Methods of Operations Research , 69, 323-341

Çakır, F. S., 2014. Yapay Sinir Ağları: Matlab Kodları ve Matlab Toolbox Çözümleri, Nobel yayınları, Ankara

Çelebi, D., Bolat, B., ve Bayraktar, D., 2009. Light Rail Passenger Demand Forecasting by Artificial Neural Networks, Computer ve Industrial Engineering Kongresi, 6-9 Temmuz, Troyes, Fransa, 239-243

Çelebi, D., Bolat, B., ve Bayraktar, D., 2009. Light Rail Passenger Demand Forecasting by Artificial Neural Networks, Computer ve Industrial Engineering kongresi, 6-9 Temmuz, Troyes, Fransa 239-243

Çelikoğlu, H. B., 2005. Radial Basis Function Neural Network Approach to Estimate Public Transport Trips in Istanbul. Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology Advances in Soft Computing 29, 31-40

Çelikoğlu, H. B., 2006. Application of radial basis function and generalized regression neural networks in non-linear utility function specification for travel mode choice modeling. Mathematical and Computer Modelling , 44(7-8), 640-658,

Çelikoğlu, H. B., ve Akad, M., 2005. Estimation of Public Transport Trips by Feed Forward Back Propagation Artificial Neural Networks; a Case Study for Istanbul, Methodologies and Applications Advances in Soft Computing 32, 27-36

Çelikoğlu, H. B., ve Cigizoglu, H. K., 2007a. Modelling public transport trips by radial basis function neural networks, Mathematical and Computer Modelling 45, 480-489

Çelikoğlu, H. B., ve Cigizoglu, H. K., 2007b. Public transportation trip flow modeling with generalized regression neural networks. Advances in Engineering Software, 38, 71-79

Çetiner, B. G., Sarı, M., ve Borat O., 2010. A Neural Network Based Traffic-Flow Prediction Model. Mathematical and Computational Applications 15,2, 269-278

Dabiri, S., ve Heaslip, K., 2018. Inferring transportation modes from GPS trajectories using a convolutional neural network, Transportation Research Part C, 86, 360–371

Dantas, A., Antunes, R., Yamashita, Y., ve Lamar, M., 2002. Marketing in Public Transportation: Neural Networks approach, 9th World Conference in Transportation Research, Seoul, South Korea, 1-13

Davison, L., Enoch, M., Ryley, T., Quddus, M., ve Wang, C., 2012. Identifying potential market niches for Demand Responsive Transport, Research in Transportation Business & Management 3, 50–61

Davison, L,. Enoch, M., Ryley, T., Quddus, M., ve Wang, C., 2014. A survey of Demand Responsive Transport in Great Britain, Transport Policy, 31, 47–54

De Aquino, J.T., De Melo, F.J.C., ve Jerônimo, T., 2019. Evaluation of Quality in Public Transport Services: The Use of Quality Dimensions as an Input for Fuzzy TOPSIS, International Journal of Fuzzy Systems, 21, 176–193

Deeshma, M., ve Verma, A., 2015. Travel time modeling for bus transport system in Bangalore city, Transportation Letters, 7:1, 47-56

Deka, D., 2015. Factors associated with disability paratransit's travel time reliability, Journal of Transport Geography 48, 96–104

Deka, D., ve Gonzales, E. J., 2014. The generators of paratransit trips by persons with disabilities, Transportation Research Part A, 70, 181–193

Deka. D., 2014. An exploration of the environmental and rider characteristics associated with disability paratransit trip delay, Journal of Transport Geography 38, 75–87

Deng, L., He, Z., ve Zhong, R., 2013. The Bus Travel Time Prediction Based on Bayesian Networks, Information Technology and Applications, 282-285

Dessouky, M., Rahimi, M., ve Weidner, M., 2003b. Jointly optimizing cost, service, and environmental performance in demand-responsive transit scheduling. Transportation Research Part D 8, 6, 433–465.

Dia, H., 2011. An object-oriented neural network approach to short-term traffic forecasting, European Journal of Operational Research 131, 253-261

Dial, R. B., 1995. Autonomous dial-a-ride transit introductory overview. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 3-5, 261–275.

Diana, M., ve Dessouky, M., 2004. A new regret insertion heuristic for solving large-scale dial-a-ride problems with time windows , Transportation Research Part B , 38, 539–557

Diana, M.. Dessouky, M. M., ve Xia, N., 2006. A model for the fleet sizing of demand responsive transportation services with time Windows, Transportation Research Part B ,40, 651–666

Dikas, G., ve Minis, I., 2014. Scheduled paratransit transport systems. Transportation Research Part B, 67, 18–34

Djifarova, L., 1999. Mınıbus Operatıons Along Lomagundı Road, Harare, İnternational Conference Series on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Cape Town, South Africa

Dong, J., Zou, L., ve Zhang, Y., 2013. Mixed model for prediction of bus arrival times, 2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2918-2923

Dong,J., Zou, L., ve Zhang, Y., 2013. Mixed model for prediction of bus arrival times, 2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation, 20-23 Haziran, Cancun, Mexico, 2918-2923

Dou, M., He, T., Yin, H., Zhou, X., Chen, Z., ve Luo, B., 2015. Predicting passengers in public transportation using smart card data, In Australasian Database Conference, Avustralya, ss.. 28-40).

Dougherty, M., 1995. A Review of Neural Networks Applied to Transport, Transportation Research:C, 3,4,247-260

Dzisi, E., Obeng, D.A., ve Tuffour, Y.A., 2021. Modifying the SERVPERF to assess paratransit minibus taxis trotro in Ghana and the relevance of mobility-as-aservice features to the service. Heliyon. Elsevier Ltd 7 (5), e07071.

Eckert, R. D., ve Hilton, G.W., 1972. The Jitneys, Journal of Law and Economics, 15, 2, 293-325

Edata, J., vd. 1996. Jeepney Business in Metro Manila: What are the conditions for its sustainability? Discussion Paper No. 16. University of them Philippines, Quezon City

Elker, C. 2002. Ulaşımda Politika ve Pratik, Ankara

Enoch, M. P., 2005. Demand Responsive Transport: lessons to be learnt from Less Developed Countries, Loughborough University Institutional Repository. (http://www.dspace.Iboro.ac.uk. E.T. 15.10.2017)

Enoch, M. P., Potter, S., Parkhurst, G., ve Smith, M. T. 2004. Exploratory Assessment of and Innovations in Demand Responsive Transport Services - Intermode, Final Report, Department for Transport and Greater Manchester Passenger Transport Executive, London, August.

Enoch, M., ve Potter, S., 2016. Paratransıt: The Need For A Regulatory Revolutıon In The Lıght Of Instıtutıonal Inertıa, Mulley, C., Nelson, J. D., Ed. Paratransıt: Shapıng The Flexıble Transport Future, Transport And Sustaınabılıty, 8, 15-34

Erkan ve diğerleri, 2017. Trabzon'da Dolmuşun Seyri, SEHL 5020 PROJE Yayınlanmamış Ders Notları

Errico, F., Crainic. T. G., Malucelli, F., ve Nonato, M., 2013. A survey on planning semi-flexible transit systems: Methodological issues and a unifying framework, Transportation Research Part C 36, 324–338

Faghri, A., ve Aneja, S., 1996. Artificial Neural Network–Based Approach To Modeling Trip Production, Transportatıon Research Record, 1556 , 131-136

Fan, W., ve Gurmu, Z., 2015. Dynamic Travel Time Prediction Models for Buses Using Only GPS Data, International Journal of Transportation Science and Technology , 4,4, 353- 366

Fei, D., ve Chen. X., 2015. The Americans with Disabilities Act of 1990 (ADA) paratransit cost issues and solutions: Case of Greater Richmond Transit Company (GRTC) , Case Studies on Transport Policy, 3 , 402–414

Ferreıra, L., Charles, P., ve Tether, C., 2007. Evaluating Flexible Transport Solutions, Transportation Planning and Technology ,30, 2 -3:249-269

Ferro, S., P., 2015a. Paratransit: a key element in a dual system. CODATU, Agence Française de Développement, (http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/16825 E.T. 08.05.2018)

Ferro, S. P.,2015b. The Challenge of Fındıng a Role For Paratransıt Servıces in the Global South, 2-5 Şubat, CODATU XVI Conference, İstanbul Türkiye

Finn, B., 2012. Towards large-scale flexible transport services: A practical perspective from the domain of paratransit, Research in Transportation Business & Management 3 , 39–49

Fitzgerald, J., Shaunesey, D., ve Stern, S., 2000. The Effect of Education Programs on Paratransit Demand of People with Disabilities, Transportation Research Part A, 34, 261-285.

Franklın, J. P., Nıemeıer, ve A. D., 1998. Discrete Choice Elasticities for Elderly and Disabled Travelers Between Fixed-Route Transit and Paratransit, Transportatıon Research Record ,1623,1, 31-36

Fu, L., 1999. Improving Paratransit Scheduling by Accounting for Dynamic and Stochastic Variations in Travel Time, Transportatıon Research Record 1666, 1, 74-81

Fu, L., 2002a. A simulation model for evaluating advanced dial-a-ride paratransit systems, Transportation Research Part A , 36, 291-307

Fu, L., 2002b. Scheduling Dial-a-Ride Paratransit Under Time-Varying Stochastic Congestion. Transportation Research B, 36, 6, 485–506

Fu, L., 2003. Analytical Model for Paratransit Capacity and Quality-of-Service Analysis, Transportation Research Board, 1841,1, 81-89

Fu, L., ve Ishkhanov, G., 2004. Fleet Size and Mix Optimization for Paratransit Services, Journal of the Transportation Research Board, 1884, 39–46

Fu, L., ve Rilett, L. R., 2000. Estimation of time-dependent, stochastic route travel times using artificial neural networks, Transportation Planning and Technology, 24:1, 25-48

Fu, L., ve Teply, S., 1999. On-Line and Off-Line Routing and Scheduling of Dial-a-Ride Paratransit Vehicles, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 14 , 309–319

Fu, L., Yang, J., ve Casello, J., 2007. Quantifying technical efficiency of paratransit systems by data envelopment analysis method, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2034, 115–122

Gadepalli, R., Tiwari, G., ve Bolia, N., 2018. Role of user's socio-economic and travel characteristics in mode choice between city bus and informal transit services: Lessons from household surveys in Visakhapatnam, India, Journal of Transport Geography , 1-10

Gamgam, H.,ve Altunkaynak, B., 2015. Regresyon Analizi, Seçkin Yayınları, Ankara, Birinci Baskı

Garrido, C., Ona, R., ve Ona, J., 2014. Neural networks for analyzing service quality in public transportation. Expert Systems with Applications 41, 6830-6838

Geem, Z. W.,2011. Transport energy demand modeling of South Korea using artificial neural network, Energy Policy 39,4644–4650

Gharehbaghi, K., 2016. Artificial Neural Network for Transportation Infrastructure Systems, MATEC Web of Conferences , 80 ,1-5

Gholami, A., Taghizadeh, Y., ve Tian, Z., 2014. Classification of taxi khattee (jitney) lines based on topography and line cost indices, Transportation Research Part A , 59, 239–249

Giliomee J., Hull C., Collett K.A., McCulloch M., ve Booysen M., 2023. Simulating mobility to plan for electric minibus taxis in Sub-Saharan Africa's paratransit, Transportation Research Part D,118, 103728

Godard, X., 2006. Coping with paratransit in developing cities: a scheme of complementarity with institutional transport, Future Urban Transport Conference, Göteborg, Almanya 2-5 Nisan

Godard, X., 2006. Coping with paratransit in developing cities: a scheme of complementarity with institutional transport, Urban Transport Conference, Volvo Foundation for the Future of Urban Transport, Gothenberg, Sweden.

Goel, S., ve Sinha, A. K., 2008. Trip Generation Modeling Using Artificial Neural Network, Proceedings of the 2nd National Conference, 08-09 Şubat, Hindistan, 1-4

Goh, K. C. K., ve Currie, G., Sarvi, M., Logan, M., 2014. Bus accident analysis of routes with/without bus priority, Accident Analysis and Preventation 65, 18-27

Golub, A., 2003. Welfare Analysis of Informal Transit Services in Brazil and the Effects of Regulation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Massachusetts Institute of Technology, Doctor of Philosophy, University of California, Berkeley

Golub, A., Balassiano, R., Arau, A., ve Ferreira, E., 2009. Regulation of the informal transport sector in Rio de Janeiro, Brazil: welfare impacts and policy analysis, Transportation , 36, 601–616

Grava, S., 2003. Urban transportation systems, Choices for communities, McGraw-Hill. New York

Grosso, S., Higging, J., Mageean, J., ve Nelson, J. 2002. Demand Responsive Transport: Towards Best Practice in Rural Applications, European Transport Conference, 9-11 Ekim, Homerton College, Cambridge

Guan, W., Shen, J., ve Wang, W., 2002. Using S-ANN Method to Forecast the Ridership of Beijing Public Transportation, International Conference on Traffic and Transportation Studies (ICTTS), 23-25 Temmuz, Guilin Çin, 877-882

Guillen, M.D., Ishida, H., ve Okamoto, N., 2013.Is the use of informal public transport modes indeveloping countries habitual? Anempirical study in Davao City,Philippines, Transport Policy ,26 , 31–42

Guirao, B., García-Pastor, A., ve López-Lambas, M. E., 2016. The importance of service quality attributes in public transportation: Narrowing the gap between scientific research and practitioners' needs,Transport Policy, 49, 68-77

Gupta, D., Chen, H. W., Miller, L. A., ve Surya, F., 2010. Improving the efficiency of demand-responsive paratransit services, Transportation Research Part A 44, 201–217

Gupta. S., 2008. Role of Cycle Rickshaws as a Potential Feeder Mode to Delhi Metro, 23rd ARRB conference- Research Partnering with Practitioners, Adeliade Australia.1-9

Gurmu, Z. K., ve Fan, W. D., 2014. Artificial Neural Network Travel Time Prediction Model for Buses Using Only GPS Data, Journal of Public Transportation, 17, 2, 45-65

Gwilliam,K. M., 2002. Cities on the Move : A World Bank Urban Transport Strategy Review (English). Washington, D.C. : World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/928301468762905413/Cities-on-the-Move-A-World-Bank-Urban-Transport-Strategy-Review

Hamzaçebi, Ç., 2011. Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamaları, Ekin Yayınları, Bursa

Harmony, X. J., ve Gayah, V. V., 2017. Evaluation of Real-Time Transit Information Systems: An information demand and supply approach. International Journal of Transportation Science and Technology 6, 86–98.

Haykin, S., 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Pearson education, Macmillan. New York

Haykin, S., 2009. Neural Networks and Learning Machines, Pearson Education, 3. Baskı, Macmillan. New York

Hernandez, T., 2014. Flex Scheduling for Bus Arrival Time Prediction, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2418, 110-115

Hodge, V., Krishnan, R., Jackson, T., Austin, J., ve Polak, J., 2011. Short-Term Traffic Prediction Using a Binary Neural Network, 43rd Annual UTSG Conference, Ocak, Open University, Milton Keynes, Birleşik Krallık, 1-12

Horn, M.E.T., 2002. Multi-modal and demand-responsive passenger transport systems: a modelling framework with embedded control systems, Transportation Research Part A 36, 167-188

Hua, X., Wang, W., Wang, Y., ve Ren, M., 2018. Bus Arrıval Tıme Predıctıon Usıng Mıxed Multı-Route Arrıval Tıme Data At Previous Stop, Transport, 33,2, 543–554

Iles, R., 2005. Public Transport in Developing Countries, Netherlands: Elsevier Publishing, Elsevier, Amsterdam

Jabamony, J., ve Shanmugavel, G. R., 2019. IoT Based Bus Arrival Time Prediction Using Artificial Neural Network (ANN) for Smart Public Transport System (SPTS), The International Journal of Intelligent Engineering and Systems, 13,1, 312-323

Jain, A.K., ve Mao, J., Mohiuddin, K.M. 1996. Artificial neural networks: a tutorial, Computer , 29,3, 31-44

Jairam, R., Kumar, B. A., Arkatkar, S. S., ve Vanajakshi, L., 2018. Performance Comparison of Bus Travel Time Prediction Models across Indian Cities, Transportation Research Record, 2672(31), 87, 98

Jeong, R., ve Rilett, R., 2004. Bus arrival time prediction using artificial neural network model, The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE), Washington, WA, USA, 988-993

Jeong, R., ve Rilett, R.L, 2005. Prediction Model of Bus Arrival Time for Real-Time Applications, Journal of the Transportation Research Board, 1927, 195-204.

Jiang, F., 2017. Bus Transit Time Prediction using GPS Data with Articial Neural Networks, 1-27

Jimenez, F., Serradilla, F., Roman, A., ve Naranjo, J. E., 2014. Bus Line Classification Using Neural Networks,Transportation Research Part D, 30, 32-37

Jin, F., ve Sun, S., 2017. Neural Network Multitask Learning for Traffic Flow Forecasting, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1898-1902

Joewono, T. B., 2009. Exploring the Willingness and Ability to Pay for Paratransit in Bandung, Indonesia, Journal of Public Transportation, 12,2, 85-103

Joewono, T. B., ve Kubota, H. 2007. User satisfaction with paratransit in competition with motorization in Indonesia: anticipation of future implications. Transportation, 34,3, 337–354.

Joewono, T. B., ve Kubota, H., 2007. User Perceptions of Private Paratransit Operation in Indonesia, Journal of Public Transportation, 100,4, 99-118

Joewono, T. B., ve Kubota, H., 2008. Paratransit Service in Indonesia: User Satisfaction and Future Choice, Transportation Planning and Technology, 31:3, 325-345

Joewono, T. B., Santoso, D. S., ve Susilo, Y. O., 2015. Paratransit Transport in Indonesia: Characteristics and User Perceptions, Eastern Asia Society for Transportation Studies, 11, 1345- 1361

Joewono, T.B., ve Kubota, H., 2006. Safety and security improvement in public transportation based on public perception in developing countries. IATSS Research,30,1, 86-100

Jokinen, J. P., Sihvola, T., ve Mladenovic, M. N., 2017. Policy lessons from the flexible transport service pilot Kutsuplus in the Helsinki Capital Region, Transport Policy, 1-11

Kadiyala , A., Kaur, D., ve Kumar, A., 2013. Development of hybrid genetic-algorithm-based neural networks using regression trees for modeling air quality inside a public transportation bus, 63:2, 205-218

Kahraman, R., 2010. Kent İçi Trafiğinde Minibüs ve İstanbul Örneği Analizi, Başakşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Kalpakcı, A., 2013. Ara Toplu Taşım Sistemlerinin Şehir İçi Otobüs Sistemleri İle Entegrasyonu, İzmir Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

Kalpakcı, A., ve Ünverdi, K. N., 2016. Integration of paratransit systems with inner-city bus transport: the case of Izmir, Public Transport, 8, 405-426

Karabük, S., 2009. A nested decomposition approach for solving the paratransit vehicle scheduling problem, Transportation Research Part B 43, 448–465

Karlaftis, M.G., ve Vlahogianni, E.I., 2011. Statistical methods versus neural networks in transportation research: Differences, similarities and some insights, Transportation Research Part C ,19, 387–399

Kaysi, I., Younan, B., ve Bassam, A., 2007. Jitney Operations in City Traffic: Observations and Analysis for a Congested Developing City, 11th World Conference on Transport Research, At Berkeley, USA

Keleş, R., 1998. Kent Bilim Terimleri Sözlüğü, İmge Yayınevi, Ankara

Khattak, A.J., ve Yim, Y., 2003. Traveler Response to Innovative Personalized Demand-Responsive Transit in the San Francisco Bay Area, UC Berkeley: California Partners for Advanced Transportation Technology. Retrieved from

Khetarpaul, S., Gupta, S.K., Malhotra, S., ve Subramaniam, V., 2015. Bus Arrival Time Prediction Using a Modified Amalgamation of Fuzzy Clustering and Neural Network on Spatio-Temporal Data, Sharaf, M., Cheema, M., Qi, J., (ed.). Databases Theory and Applications. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham, 9093, 142-154

Khosravi, A., Mazloumi, E., Nahavandi, S., Creighton, D., ve Lint J.W.C., 2011. A genetic algorithm-based method for improving quality of travel time prediction intervals, Transportation Research Part C 19, 1364–1376

Kılıçoğlu, S., Araz, N., ve Devrim, H., 1992. Meydan Larousse Büyük Lugat ve Ansiklopedisi, 1-5 , 456

Kırmızı, Z., Kolağasıoğlu, M.Ş., ve Çalışkan, F. T., 2012. Kent içi Ulaşım Terimleri Sözlüğü. Cinius Yayınları, Birinci Baskı, İstanbul, 26

Kışla, R., Tuba, K., ve Yıldız, H. S., 2016. Demand responsive transport as being paratransit mode: Istanbul modelling, Transportation Research Procedia 14, 3247 – 3256

Kieu, M. L., Bhaskar, A., ve Chung, E., 2012. Benefits and issues of bus travel time estimation and prediction, Australasian Transport Research Forum 2012 Proceedings, 26 - 28 Eylül, Perth, Avusturalya

Kim, W., Moon, N., ve Kim, J.W., 2017. Fare Estimation for Demand Responsive Transport based on a Stated Preference Survey, Transportation Research Procedia 25, 5235–5241

King, D. A., ve Goldwyn, E., 2014. Jitneys, Garrett, M., ed., Encyclopedia of Transportatıon: Social Science and Policy, SAGE Publications

Kirby, R. F., Bhatt, K. U., ve Kemp M. A., 1974. Paratransit: Neglected Options for Urban Mobility, The Urban Institute, Washington D.C., A.B.D.

Koffman, D., ve Lewis, D., 1997. Forecasting demand for paratransit required by the Americans with Disabilities Act. Transportation Research record, 1571, 1, 67–74.

Krygsman, S., Dijst, M., ve Arentze, T., 2004. Multimodal public transport: an analysis of travel time elements and the interconnectivity ratio. Transport Policy 11, 3, 265–275.

Kumar, A. B., Vanajakshi, L., ve Subramanian, C. S., 2017.Bus travel time prediction using a time-space discretization approach, Transportation Research Part C , 79, 308-332

Kumar, A., ve Barrett, F., 2008. Stuck in traffic: Urban transport in Africa, Africa Infrastructure Country Diagnostic, World Bank, Washington.

Kumar, A., Zimmerman, S., ve Arroyo-Arroyo, F., 2021. Myths and Realities of "Informal" Public Transport in Developing Countries: Approaches for Improving the Sector. Washington, DC: SSATP.

Kumar, B. A., Jairam, R., Arkatkar, S. S., ve Vanajakshi, L., 2019. Real time bus travel time prediction using k-NN classifier, Transportation Letters, 11:7, 362-372

Kumar, K., Parida, M., ve Katiyar, V.K., 2012. Artificial Neural Network Modeling for Road Traffic Noise Prediction , Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12), Coimbatore, 1-5

Kumar, M., Singh, S., Ghate, A. T., Pal, S., ve Wilson, S. A., 2016, Informal public transport modes in India: A case study of five city regions IATSS Research 39, 102–109

Kumar, S. V., Dogiparthi, K. C., Vanajakshi, L., ve Subramanian, S. C., 2017. ıntegratıon of exponentıal smoothıng wıth state space formulatıon for bus travel tıme and arrıval tıme predıctıon, TRANSPORT, 32,4, 358-367

Kumar, V., Kumar, B. A., Vanajakshi, L., ve Subramanian, S. C., 2014. Comparison of Model Based and Machine Learning Approaches for Bus Arrival Time Prediction, Transportation Research Board, 93rd Annual Meeting , 1-14

Kurgözü, A., 2018. Dünden Bugüne Türkiye'de Minibüs Dolmuşlar

Kwasniewski, L., Bojanowski, C., Siervogel, J., Wekezer, J. W., ve Cichocki, K., 2009. Crash and safety assessment program for paratransit buses, International Journal of Impact Engineering 36, 235–242

Kwasniewski, L., Li, H., Nimbalkar, R., ve Wekezer, J., 2006. Crashworthiness assessment of a paratransit bus, International Journal of Impact Engineering 32, 883–888

Lave R.E. vd. 1996. A Handbook for Acquiring Demand-Responsive Transit Software, Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 18. Washington DC: Transportation Research Board. 91.

Lave, E. R., Teal, R., ve Pıras, P., 1996, A Handbook for Acquiring Demand-Responsive Transit Software, Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 18. Washington DC: Transportation Research Board

Lave, R., ve Mathias, R., 2000. State of the Art of Paratransit, In: Transportation in the New Millennium, Transportation Research Board, Washington, DC.

Lave, R.E., ve Mathias, R.G., 2009. Paratransit Systems, Kim J. T. ed.Transportation Engineering and Planning : Encyclopedia of Life Support Systems , Volume:1, 207-245

Lee, A., ve Savelsbergh, M., 2017. An extended demand responsive connector, Transp Logist, 6, 25–50

Lewis, C., D., 1982. Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting Butterworth scientific

Lin, H. E., Zito, R., Taylor, ve M. A.P., 2005. A Review of Travel-Time Prediction in Transport and Logistics, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, 1433 - 1448

Lin, Y., Yang, X., Zou, N., ve Jia, L., 2013. Real-Time Bus Arrival Time Prediction: Case Study for Jinan, China, Journal of Transportation Engineering, 139, 1133-1140

Liu, G., Yin, Z., Jia, Y., ve Xie, Y., 2017. Passenger flow estimation based on convolutional neural network in public transportation system, Knowledge-Based Systems, 123, 102–115

Liu, H., Xu, H., Yan, Y., Cai, Z., Sun, T., ve Li, W., 2020. Bus Arrival Time Prediction Based on LSTM and Spatial-Temporal Feature Vector, IEEE Access, 8, 11917-11929

Logan, P., 2007. Best practice demand-responsive transport (DRT) policy , Road & Transport Research,16, 2, 3-12

Loo, B. P. Y., 2007. The role of paratransit: some reflections based on the experience of residents' coach services in Hong Kong

Lu, W., Quadrifoglio, L., ve Petrelli, M., 2017. Reliability analysis of centralized versus decentralized zoning strategies for paratransit services, Transportation Research Procedia , 25, 4096–4109

Luo, Y., ve Schonfeld, P., 2007. A rejected-reinsertion heuristic for the static Dial-A-Ride Problem, Transportation Research Part B ,41, 736–755,

Luthra, A.,2006. Paratransit System in Medium Sized Cities Problem or Panacea, ITPI JOURNAL 3, 2, 55-61

Ma Z., Xing J., Mesbah M., ve Ferreira L., 2014, Predicting short-term bus passenger demand using a pattern hybrid approach. Transportation Research Part C; 39, 148-163

Ma, Z., Xing, J., Mesbah, M., ve Ferreira, L., 2014. Predicting short-term bus passenger demand using a pattern hybrid approach. Transportation Research Part C, 39, 148-163

Mageean, J., ve Nelson, J.D., 2003. The Evaluation of Demand Responsive Transport Services in Europe, Journal of Transport Geography, 11, 255-270

Mahmudah, A., Sarwono, D., Pramesty, R., ve Rahina, P., 2016. Value of Travel Time for Public Transport Passenger in Urban and Intercity Trip, Applied Mechanics and Materials 845, 408-415

Mane, A. S., ve Pulugurtha, S. S., 2018. Effect of Land Use Developments on Travel Time Reliability International Conference on Transportation and Development, 1 Temmuz, Planning, Sustainability, and Infrastructure Systems, 39–47

Marco, B., Pasquale, C., ve Giuseppe, R., 2012. Dynamic simulation of a flexible transport system, Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing , 23-25 Mayıs, Bucharest, Romania

Marković, , N., Milinković, S., Schonfeld, P., ve Drobnjak, Z,. 2013.Planning Dial-a-Ride Services: Statistical and Meta-Modeling Approach, Journal of the Transportation Research Board, 2352,120-127

Markovic, N., Kim, M., ve Schonfeld, P., 2016. Statistical and machine learning approach for planning dial-a-ride systems, Transportation Research Part A, 89, 41–55

Mastrogiannidou, C., Lois, A., ve Ziliaskopoulos, A., 2006. Design of a Paratransit System for Rural Areas, Journal of Transportation Research Board, 86, 2-14

Mastrogiannidou, C., Lois, A., ve Ziliaskopoulos, A.,2006. Design of a Paratransit System for Rural Areas, Journal of Transportation Research Board, 86, 1-16

Mazloumi, E., Currie, G., Rose, G., Sarvi, M., 2009. Using SCATS data to predict bus travel time, Proceedings of the 2009 Australasian Transport Research Forum, New Zealand : Australasian Transport Research Forum, 1-14.

Mazloumı, E., Rose, G., Currıe, G., ve Sarvı, M., 2011. An Integrated Framework to Predict Bus Travel Time and Its Variability Using Traffic Flow Data, Journal of Intelligent Transportation Systems, 15, 2,75–90

Mazloumi, E., Moridpour, S., Currie, G., ve Rose G., 2012. Exploring the Value of Traffic Flow Data in Bus Travel Time Prediction, Journal of Transportation Engineering 138, 4, 436-446

Mazloumi, E., Rose, G., Currie, G., ve Moridpour, S., 2011. Prediction intervals to account for uncertainties in neural network predictions: Methodology and application in bus travel time prediction, Engineering Applications of Artificial Intelligence 24, 534-542

Mazloumi, S., E., Currie, G., ve Rose, G., 2010. Using traffic flow data to predict bus travel time variability through an enhanced artificial neural network, Viegas, J., Macario, R., (Ed.), Proceedings of the 12th WCTR World Conference on Transport Research, World Conference on Transport Research Society (WCTR), 1-14

McCormick, D., Mitullah, W., Chitere, P., Orero, R., ve Ommeh, M., 2015. Matatu business strategies in Nairobi, Behrens, R. vd. ed. Paratransit in African Cities: Operations, Regulation and Reform, First Edition, Roulette Taylor and Francis, Londan and New York, 125-151

Mehrotra, K., Mohan, C.K., ve Ranka, S., 1996. Elements of Artificial Neural Networks, MIT Press, Cambridge.

Migliore, M., ve Catalano, M., 2007. Urban public transport optimization by bus ways: a neural network-based methodology, WIT Transactions on The Built Environment, 96, 347-356

Min, H., 2011. Evaluating the service quality of para-transit systems: an exploratory study of the Toledo area regional transit authority, Int. J. Logistics Systems and Management, 9, 3, 315-327

Mintmire, E., Ling, C., ve Shehab, R., 2013. Usability Evaluation of a Paratransit Mobile Application, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 57th Annual Meeting, 1 Eylül, 57,1, 1318-1322

Morka, A., Kwaśniewski, L., ve Wekezer, J. W., 2005. Assessment of Passenger Security in Paratransit Buses, Journal of Public Transportation, 8, 4, 47-63

Mulley, C., ve Nelson. J. D., 2009. Flexible transport services: A new market opportunity for public transport, Research in Transportation Economics , 25 , 39–45

Mulley, C., ve Daniels, R., 2012. Quantifying the role of a flexible transport service in reducing the accessibility gap in low density areas: A case-study in north-west Sydney, Research in Transportation Business & Management 3, 12–23

Mulley, C., Nelson, J., Teal, R., Wright, S., ve Daniels, R., 2012. Barriers to implementing flexible transport services: An international comparison of the experiences in Australia, Europe and USA, Research in Transportation Business & Management 3 , 3–11

Murray, J., 2017. A systems analysis of Access-A-Ride, New York City's paratransit service, Journal of Transport & Health 6, 177–186

Nagare, A., ve Bhatia, S., 2012 . Traffic Flow Control using Neural Network, International Journal of Applied Information Systems (IJAIS) , 1,2, 50-52

Narayan, J., Cats, O., Oort, N., ve Hoogendoorn, S., 2017. Performance assessment of fixed and flexible public transport in a multi agent simulation framework ,Transportation Research Procedia , 27, 109–116

Nash, J. E., ve Sutcliffe, J., V., 1970. River flow forecasting through conceptual models: Part I. A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10, 3, 282–290.

Ndibatya, I., Booysen, M. J., ve Quinn, J., 2014. An adaptive transportation prediction model for the informal public transport sector in Africa, 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Qingdao, 11 haziran, 2572-2577

Nelson, J.N., Wright, S., Masson B., Ambrosino G., ve Naniopoulos A., 2010. Recent developments in flexible transport services. Research in Transportation Economics 29, 243-248

Neumann, A., ve Nagel, K.,2013. Passenger Agent and Paratransit Operator Reaction to Changes of Service Frequency of a Fixed Train Line, Procedia Computer Science 19,803 – 808

Neumann, A., 2014. A paratransit inspired evolutionary process for public transit network design. Doctor of Engineering, Technical University of Berlin, Berlin

Neven, A., Braekers, K., Declercq, K., Wets, G., Janssens, D., ve Bellemans, T., 2015. Assessing the impact of different policy decisions on the resource re- quirements of a Demand Responsive Transport system for persons with disabilities, Transport Policy, 44, 48–57

Nguyen-Hoang, P., ve Yeung, R., 2010. What is paratransit worth? Transportation Research Part A 44, 841–853

Nugroho, B. S., Fujiwara, A., ve Zhang, J., 2011. An empirical analysis of the impact of a bus rapid transit system on the concentration of secondary pollutants in the roadside areas of the TransJakarta corridors: A structural equation model and artificial neural network approach, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 25,5, 655-669

Nugroho, S.B., ve Zusman, E., 2018. Low carbon paratransit in Jakarta, Indonesia: Using econometric models to improve the enabling environment, Case Studies on Transport Policy ,6, 342–347

Nwaogbe, O. R., Ibe, C. C., ve Ukaegbu, S. I., 2012. Quality of the paratransit service (tricycle) and its operation in Aba, Nigeria: An analysis of customers' opinions, Journal of Transport and Supply Chain Management, 6,1, 262-276

Oğuz, M., 2020. Perception of Safety within Intermediate Public Transportation Systems: The Case of Minibüs1 in İstanbul, Planlama 30, 1,104–117

Olason, R. A., 2001. Accessible Raleigh Transportation: A Paratransit System Using Trip-by-Trip Eligibility Determination and Two-Tiered, User-Side Subsidy, Transportation Research Record, 1760,1, 121-127

Olojede, O., Yoade, A., ve Olufemi, B., 2017. Determinants of walking as an active travel mode in a Nigerian city, Journal of Transport and Health, 6, 327–334

Omrani, H., 2015. Predicting travel mode of individuals by machine learning, Transportation Research Procedia 10; 840-849

Ona, J., Garrido, J., 2014. Extracting the Contribution of Independent Variables in Neural Network Models: a New Approach to Handle Instability, Neural Computing and Applications , 25(3-4), 859-869

Orski, C.K., 1975. Paratransit: The Coming of Age of a Transportation Concept. Transportation 4, 329–334

Öncü, E., 1999. Kentlerimizde raylı sisteme geçilme koşulları,Kentiçi Ulaşımda Raylı Sistemler Sempozyumu, 13 Mart, Eskişehir, 35-38.

Özbilen, B., 2016. Integration Of Dolmuş As A Paratransit Mode To The Existing Public Transport Network: Ankara Example, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Özen, G., 2010. Describing quality in dial-a-ride services. In European Transport Conference, 2010. Glasgow, United Kingdom

Özer, M., ve Özden, Y., Yıldırım, M., 1978. The Dolmus, Paratransit , Report of the Fourtieth Round Table on Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport, Parıs, France

Özkurt, T. A.H., 2012. Paratransit Sistemin Evrimi ve Türkiye'deki Uygulaması: Dolmuş-Minibüs Kavramının İyileştirilmesinde Potansiyel Tasarım Ve Teknoloji Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Özsoy, M., 2005. Ankara'da Minibüs (Dolmuş) Taşımacılığı için Yeni Bir İşletme Modeli: Çayyolu Örneği, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara

Öztemel, E., 2012. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, 3. Baskı, İstanbul

Özuysal, M., Tayfur, G., ve Tanyel, S., 2012. Passenger Flows Estimation of Light Rail Transit (LRT) System in Izmir, Turkey Using Multiple Regression and ANN Methods,Promet-Traffic ve Transportation , 24,1, 1-14

Padmanaban, R. P. S., Vanajakshi, L., ve Subramanian, S. C., 2009. Estimation of bus travel time incorporating dwell time for APTS applications, 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 955-959

Pagano, A. M., Metaxatos, P., ve King, M., 2001. How Effective Is Computer-Assisted Scheduling and Dispatching in Paratransit? Results from a Survey, Transportation Research Record, 1760, 1, 100-106

Pagano, A. M., Metaxatos, P., King, M.,2002. Effect of Computer-Assisted Scheduling and Dispatching Systems on Paratransit Service Quality, Transportation Research Record, 1791,1,51-58

Palmer, K., Dessouky, M., ve Abdelmaguid, T., 2004. Impacts of management practices and advanced technologies on demand responsive transit systems. Transportation Research Part A 38,7, 495–509.

Palmer, K., Dessouky, M., ve Zhou, Z., 2008. Factors influencing productivity and operating cost of demand responsive transit, Transportation Research Part A 42, 503–523

Pamula, T., 2016. Neural Networks in Transportatıon Research – Recent Applications, Transport Problems, 11,2, 27-36

Pang, J., Huang, J., Du, Y., Yu, H., Huang Q., ve Yin, B., 2019. Learning to Predict Bus Arrival Time From Heterogeneous Measurements via Recurrent Neural Network, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 20, 9, 3283-3293

Papanikolaou, A., Basbas, S., Mintsis, G., ve Taxiltaris, C., 2017. A methodological framework for assessing the success of demand responsive transport (DRT) services, Transportation Research Procedia 24, 393-400

Paquette, J., Cordeau, J. F., ve Laporte, G., 2009. Quality of service in dial-a-ride operations, Computers & Industrial Engineering 56, 1721–1734

Pei, Y., Zhou, K., ve Peng, T.,2013. Prediction model of Passenger Waiting Time in High-speed Rail Hub Based on BP Neural Network, Applied Mechanics and Materials, 321-324, 1903-1906

Pekel, E., ve Kara, S. S., 2017. A Comprehensıve Revıew For Artıfical Neural Network Applıcatıon To Publıc Transportatıon, Sigma Journal of Engineering and Natural Science, 35,1, 157-179

Peng, Z., Jiangy, Y., Yangy, X. Zhaoy, Z. Zhangy, L., ve Wangy, Y., 2018. Bus Arrıval Tıme Predıctıon Based On Pca-Ga-Svm, Neural Network World, 28, 87-104

Pereira, C. G., Gonçalves, C., Araújo, A. M., Braga, C. M. G., ve Balassiano, R., 2007. Paratransit Regulation in Rio de Janeiro: A Comparison of Two Surveys, 9. International Conference Series on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Lisbon, Portugal

Peters, J., Emig. B., Jung, M., ve Schmidt, S., 2005. Prediction of Delays in Public Transportation using Neural Networks, Computer Intelligence for Modelling Vienna, 2, 92-97

Petersen, N. C., Rodrigues, F., ve Pereira, F. C., 2019. Multi-output Bus Travel Time Prediction with Convolutional LSTM Neural Network, Expert Systems with Applications, 120, 426-435

Phun, V. K., Kato, H., ve Chalermpong, S., 2019. Paratransit as a connective mode for mass transit systems in Asian developing cities: Case of Bangkok in the era of ride-hailing services, Transport Policy ,75, 27–35

Phun, V. K., Kato, H., ve Yai, T., 2018. Traffic risk perception and behavioral intentions of paratransit users in Phnom Penh, Transportation Research Part F 55, 175–187

Phun, V. K., ve Yai, T., 2016. State of the Art of Paratransit Literatures in Asian Developing Countries, Asian Transport Studies, 4:1, 57-77

Politis, I., Papaioannou, P., ve Basbas, S., 2012. Integrated Choice and Latent Variable Models for evaluating Flexible Transport Mode choice, Research in Transportation Business & Management, 3, 24–38

Quadrifoglio, L., Dessouky M. M., ve Ordonez, F., 2008. A simulation study of demand responsive transit system design, Transportation Research Part A , 42, 718–737

Quadrifoglio, L., ve Li, X., 2009. A methodology to derive the critical demand density for designing and operating feeder transit services, Transportation Research Part B 43, 922–935

Rahimi, M., Amirgholy, M., ve Gonzales, E.J., 2018. System modeling of demand responsive transportation services: Evaluating cost efficiency of service and coordinated taxi usage, Transportation Research Part E ,112, 66–83

Rahman, F., Das, T., Hadiuzzaman, M., ve Hossain, S., 2016. Perceived service quality of paratransit in developing countries: A structural equation approach, Transportation Research Part A , 93, 23–38

Rahman, F., Haque, F., Ehsan, T., ve Rahman, M., 2017. Determination of Users' Perception of Paratransit Service Quality in Dhaka City Based on Users Perception, International journal of education and applied research, 7,1, 19-24

Rahman, F., İslam, A., ve Hadiuzzaman, Md., 2023, Paratransit service quality modeling reflecting users' perception-A case study in Dhaka, Bangladesh, IATSS Research,

Rañosa, L. L., Fıllone, A. M., ve De Guzman, M. P., 2017. Jeepney Service Operation and Demand in Baguio City, Philippines, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 11,

Raut, R. D., ve Goyal, V. K., 2012. Public transport Bus Arrival Time Prediction with Seasonal and Special Emphasis on Weather Compensation changes using RNN, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, 1, 6, 378-382

Rimmer, P., 1980. Paratransit: a commentary, Environment and Planning A, 12, 937-944

Rodrigue, J.P., Comtois, C., ve Slack, B., 2013. The Geography of Transport Systems, Hofstra University, Department of Global Studies and Geography, Third Edition.

Romero-Torres, J., García-Guti´errez, J., ve Cruz, D.G., 2023. Measurement of the quality of service of the informal transportation mode mototaxi in Mexico. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, vol. 18. Elsevier Ltd.

Ronald, N., Thompson, R. G., ve Winter, S., 2015. Simulating Demand-responsive Transportation: A Review of Agent-based Approaches, Transport Reviews, 35,4, 404–421

Roos, D., ve Alschuler, D., 1975. Paratransit - Existing Issues and Future Dırectıons, Transportation 4 335-350

Ryley, J.T., Stanley, P.A., Enoch, M.P., Zanni, A. M., ve Quddus, M. A., 2014. Investigating the contribution of Demand Responsive Transport to a sustainable local public transport system, Research in Transportation Economics ,48, 364-372

Salon, D., ve Aligula, E. M., 2012. Urban travel in Nairobi, Kenya: analysis, insights, and opportunities, Journal of Transport Geography , 22 , 65-76

Salvo, G., Amato, G., ve Zito, P., 2007. Bus speed estimation by neural networks to improve the automatic fleet management, European Transport, 37, 93-104

Saraçbaşı, M. E., 2010. Büyük Deyimler Sözlüğü, Yapı Kredi Yayınları, 1, 378-379

Sarle, W. S., 2002. Neural Network FAQ , http://francky.me/aifaq/FAQ-comp.ai.neural-net.pdf E.T. 10 Ekim 2019.

Sarle, W.S., 1997. Neural Network FAQ, part 1 of 7: Introduction, periodic posting to the Usenet newsgroup comp.ai.neural-nets,

Satiennam, T., Fukuda, A., ve Oshima R., 2006. A Study on the Introduction of Bus Rapid Transit System in Asian Developing Cities: A Case Study on Bangkok Metropolitan Administration Project, Journal of International Association of Traffic and Safety Sciences, 30,2, 59-69.

Satunin, S., Babkin E., 2014. A multi-agent approach to Intelligent Transportation Systems modeling with combinatorial auctions, Expert Systems with Applications 41, 6622–6633

Sayarshad, H. R., ve Gao, O., 2018. A scalable non-myopic dynamic dial-a-ride and pricing problem for competitive on-demand mobility systems, Transportation Research Part C , 91,192–208

Schalekamp, H., ve Behrens, R., 2009. An Internatıonal Revıew Of Paratransıt Regulatıon And Integratıon Experıences: Lessons For Publıc Transport System Ratıonalısatıon And Improvement In South Afrıcan Cıtıes, 6-9 Temmuz, 28th Southern African Transport Conference (SATC 2009), Pretoria, Güney Afrika

Schalekamp, H. ve Behrens, R., 2010. Engaging Paratransit on Public Transport Reform Initiatives in South Africa: A Critique of Policy and an Investigation of Appropriate Engagement Approaches, Research in Transportation Economics, 29, 371-378.

Schalekamp, H. V., 2015. Paratransıt Operators' Partıcıpatıon In Publıc Transport Reform In Cape Town: A Qualıtatıve Investıgatıon Of Theır Busıness Aspıratıons And Attıtudes To Reform, Doctor of Phılosophy, Department Of Civil Engineering, Unıversıty Of Cape Town, Cape Town

Schlossberg, M., 2003. Developing Coordination Policies for Paratransit and the Transportation Disadvantaged, Transportation Research Record, 1841,1, 73-80

Segundo, F. R., Silva, E. S., ve Farines, J. M., 2014. Predicting journeys for DTN routing in a public transportation system. IEEE 10th international conference on wireless and mobile computing, networking and communications, Larnaca, 494-499

Segundo, F. R., Silva, E. S., ve Farines, J. M., 2016. A DTN routing strategy based on neural networks for urban bus transportation system, Journal of Network and Computer Applications, 64, 216–228

Shalaby, A., ve Farhan, A., 2004. Prediction Model of Bus Arrival and Departure Times Using AVL and APC Data, Journal of Public Transportation, 7, 1, 41-61

Shen, G., ve Kong, X., 2009. Study on Road Network Traffic Coordination Control Technique with Bus Priority. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-part C: applications and reviews, 39, 3, 343-351

Shen, J., ve Li, W., 2014. Discrete Hopfield Neural Networks for Evaluating Service Quality of Public Transit, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, 9, 2, 331-340.

Shimazaki, T., ve Rahman, M., 1995. Operational Characteristics of Paratransit in Developing Countries of Asia, Transportatıon Research Record, 1503, 49-56

Shimazaki, T., ve Rahman, M., 1996. Physical Characteristics of Paratransit in Developing Countries of Asia. Journal of Advanced Transportation, 30, 2, 5-24

Sönmez, T., 2011. Aktarma Merkezleri, İstanbul Kabataş Aktarma Merkezi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Stella, F., Vigano, V., Bogni, D., ve Benzoni, M., 2006. An Integrated Forecasting and Regularization Framework for Light Rail Transit Systems, Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations , 10:2, 59-73

Sulek, J. M., ve Lind, M. R., 2005. Fail-Safe Methods for Paratransit Safety, Journal of Public Transportation, 8, 4, 65-85

Sultana, Z., Mishra S., Cherry, C. R., Golias M. M., ve Jeffers, S. T., 2018. Modeling frequency of rural demand response transit trips, Transportation Research Part A ,118 , 494–505

Sumaedi, S., Bakti, I.G.M., Astrini, N. J., Rakhmawati, T., Widianti, T., ve Yarmen, M., 2014. The empirical study of public transport passengers' behavioral intentions: The roles of service quality, perceived sacrifice, perceived value, and satisfaction (Case study: Paratransit passengers in Jakarta, Indonesia). International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2, 83–97

Susilo, O. Y., 2014. Paratransit in Developing Countries, Garrett, M., ed., Encyclopedia of Transportatıon: Social Science and Policy, SAGE Publications.

Şanlı, İ. H., 1981. Dolmuş-Minibüs System in İstanbul: A Cace Study in Low-Cost Transportation, İstanbul teknik üniversitesi matbaası, istanbul

Şen, Z., 2004. Yapay Sinir Ağı İlkeleri, Su vakfı yayınları, İstanbul

Tabassum, S., Tanaka, S., Nakamura, F., ve Ryo, A., 2017. Feeder Network Design for Mass Transit System in Developing countries (Case study of Lahore, Pakistan), Transportation Research Procedia , 3129–3146

Takyi, I. K., 1990. Evaluation of Jitney Systems in Developing Countries, Transportation Quarterly, 44,1, 163-177

Tangphaısankun, A., Nakamura, F., ve Okamura, T., 2009a. Influences of Paratransit as A Feeder of Mass Transit System in Developing Countries Based on Commuter Satisfaction, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 8

Tangphaısankun, A., Nakamura, F., ve Okamura, T., 2009b. Study On Influences Of Paratransıt On Mass Transıt Connectıvıty In Developıng Countrıes: A Case Study Of Bangkok

Tangphaisankun, A., Okamura, T., Fumihiko, N., ve Wang, R., 2010. A study in integrating paratransit as a feeder into mass transit systems in developing countries: a study in Bangkok. 12th World Congress on Transport Research, Lisbon, Portugal, 11-15

Tekeli, İ., ve Okyay, T., 1981. Dolmuşun Öyküsü, Çevre ve Mimarlık Bilimleri Derneği Yayınları, Ankara

Tekeli, İ., 2009. İstanbul ve Ankara İçin Kent İçi Ulaşım Tarihi Yazıları, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, Birinci Basım, İstanbul

Tekeli, İ., Gülöksüz, Y., ve Okyay, T., 1976. Gecekondulu Dolmuşlu İşportalı Şehir, Cem Yayınevi, İstanbul

Tian, H., Lu, Z., Wang, X., Zhang, X., Huang, Y., ve Tian, G., 2016. A length ratio based neural network energy management strategy for online control of plug-in hybrid electric city bus, Applied Energy, 177, 71–80

Treethidtaphat, W., Pattara-Atikom, W., ve Khaimook, S., 2017. Bus arrival time prediction at any distance of bus route using deep neural network model, IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Yokohama, 988-992,

Tüydeş, H., ve Göker, A. Z., 2007. Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Yaklaşımları, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, 1-2 Kasım, Antakya, 98-120

Uğur, A., ve Kınacı,A.C. 2006. Yapay Zeka Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması, inet-tr'06 - XI. "Türkiye'de İnternet" Konferansı Bildirileri 21 - 23 Aralık, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara

Ukam, G., Adams, C., Adebanji, A., ve Ackaah, W., 2023a. Factors affecting paratransit travel times at route and segment levels, International Journal of Transportation Science and Technology

Ukam, G., Adams, C., Adebanji, A., ve Ackaah, W., 2023b. Varıabılıty Of Paratransıt Travel Tımes: The Case Of Kuması, Ghana, Urban, Plannıng And Transport Research, 11, 1

Ülker, M., ve Civalek, Ö., 2002. Analysis of buckling of columns subjected to axial load with artificial neural networks. Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 26, 117-125

Valenzuela, A., Schweitzer, L., ve A., 2005. Camionetas: Informal Travel Among Immigrants Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39, 10, 895–911

Vanajakshi, L., Subramanian, S. C., ve Sivanandan, R., 2009. Travel time prediction under heterogeneous traffic conditions using global positioning system data from buses, IET Intelligent Transport Systems, 3,1, 1-9,

Velaga, N. R., Nelson, D. J., Wright, S. D., ve Farrington, J. H., 2012. The Potential Role of Flexible Transport Services in Enhancing Rural Public Transport Provision, Journal of Public Transportation, 15, 1, 111-131

Velaga, N.R., Rotstein, N.D., Nelson, D. J., Norman, T. J., ve Wright, S., 2012. Development of an integrated flexible transport systems platform for rural areas using argumentation theory, Research in Transportation Business & Management 3, 62–70

Venter, C. J., Molomo, M., ve Mashiri, M., 2014. Supply and pricing strategies of informal rural transport providers, Journal of Transport Geography , 41, 239–248

Victor, D. J., ve Ponnuswamy, S., 2012. Urban Transportation: Planning, Operation and Management, Tata McGraw-Hill Education

Victory, W., ve Ahmed, A., 2016. Paratransit Modes in the North Eastern Region of India, Journal of Basic and Applied Engineering Research, 3,5, 468-472

Vuchic, V. R. 1981. Urban Public Transportation, John Wiley ve Sons, New Jersey, Canada

Vuchic, V. R., 2007. Urban Transit Systems and Technology, John Wiley ve Sons, New Jersey, Canada

Wang, C., Quddus, M., Enoch, M., Ryley, T., ve Davison, L., 2011. The impact of socio-economic factors on the demand for 1 demand responsive transport (DRT) in Greater Manchester: a multilevel modelling approach, 15 Kasım, 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC

Wang, L., Zuo, Z., ve Fu., J., 2014. Bus Arrival Time Prediction Using RBF Neural Networks Adjusted by Online Data, Procedia - Social and Behavioral Sciences 138 , 67-75

Wang, S., Zhou, R., ve Zhao, L., 2015. Forecasting Beijing Transportation Hub Areas's Pedestrian Flow Using Modular Neural Network, Hindawi Publishing Corporation Discrete Dynamics in Nature and Society 1-6

Wei, Y., Chen, ve M.C., 2012. Forecasting the short-term metro passenger flow with empirical mode decomposition and neural networks, Transportation Research Part C 21, 148–162

Wilkie, C., 2010. The Benefits of Public Transport, Natıonal Manager, Aviation & Transport Tourism & Transport Forum (TTF) Position Paper, 1-5

Williams, S., White, A., Waiganjoc, P., Orwa, D., ve Klopp, J., 2015. The digital matatu project: Using cell phones to create an open source data for Nairobi's semi-formal bus system, Journal of Transport Geography 49, 39–51

Wongwırıya, P., Nakamura, F., Tanaka, S., ve Arıyoshı, R., 2017. User Satisfaction of Songtaew in Thailand: Case Study of Khon Kaen City, Transportation Research Procedia, 25, 4942–4949

Wongwiriya, P., Nakamura, F., Tanaka, S., Sanit, P., ve Ariyoshi, R., 2015. Paratransit in Developing countries: Songtaew in Thailand, Yokohama National University, Kanagawa, Japan, 1-8

Woolf , S.E., ve Joubert, J.W., 2013. A people-centred view on paratransit in South Africa, Cities 35, 284–293

Wright, A. A., 1986. Urban Transport Systems Guidelines for Examining Options, World Bank Technical Paper, Number 52. The World Bank. Washington. D.C.. A.B.D., 9

Wright, S., 2013. Designing flexible transport services: guidelines for choosing the vehicle type, Transportation Planning and Technology, 36,1, 76-92

Wright, S., Emele, C.D., Fukumoto, M., Velaga, R.N., ve Nelson, J. D., 2014. The design, management and operation of flexible transport systems: Comparison of experience between UK, Japan and India, Research in Transportation Economics , 48, 330-338

Xia, D., Wang, B., Li, H., Li, Y., ve Zhang, Z., 2016. A distributed spatial–temporal weighted model on MapReduce for short-term traffic flow forecasting, Neurocomputing179,246–263

Xiang, Z., Chu C., ve Chen, H., 2008. The study of a dynamic dial-a-ride problem under time-dependent and stochastic environments, European Journal of Operational Research ,185 , 534–551

Xie, C., Lu, J., ve Parkany, E., 2003. Work Travel Mode Choice Modeling Using Data Mining: Decision Trees and Neural Networks, Transportation Research Record, 1854,50–61

Xie, M.Q., Li, M.X., Zhou, W.L., ve Fu, Y.B., 2014. Forecasting the Short-Term Passenger Flow on High-Speed Railway with Neural Networks, Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience, 1-8

Xu, H., ve Ying, J., 2017. Bus arrival time prediction with real-time and historic data, Cluster Comput, 20, 3099–3106

Yanar, T., 2023. An Examination of the Rise of Informal Public Transport Systems in Developing Countries and the Critiques About Bus Rapid Transit Systems as a Desired Solution. Trafik Ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi, 6, 1, 80-95.

Yang, J., 2005. Quantifying the Technical Efficiency of Canadian Paratransit Systems Using Data Envelopment Analysis Method, The Degree Of Master Of Applied Science, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada

Yeni Türk Ansiklopedisi, 1985. Ötüken Neşriyat A.Ş., 2, 708

Yıldız Öncü, A. M., 2017., 20. Yüzyılda Ankara'nın Kentsel Yapısı ve Ulaşım Sistemindeki Gelişmeler, Ankara Araştırmaları Dergisi, 5, 1, 108-122

Yin, H., Wong, S. C., Xu, J., ve Wong, S. C., 2002. Urban traffic flow prediction using a fuzzy-neural approach, Transportation Research Part C 10, 85-98

Yin, T., Zhong, G., Zhang, J., He, S., ve Ran, B., 2017. A prediction model of bus arrival time at stops with multi-routes, Transportation Research Procedia , 25 , 4623–4636

Yu, B., Lam, W. H.K., ve Tam, L. M., 2011. Bus arrival time prediction at bus stop with multiple routes, Transportation Research Part C ,19 , 1157–1170

Yu, B., Wang, H., Shan, W., ve Yao, B., 2018. Prediction of Bus Travel Time Using Random Forests Based on Near Neighbors, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 33, 333–350

Yu, B., Yang, Z. Z., Chen, K., ve Yu B., 2010. Hybrid model for prediction of bus arrival times at next station, Journal of Advanced Transportatıon, 44, 193–204

Yu, S., Shang, C., Yu, Y., Zhang, S., ve Yu, W., 2016. Prediction of bus passenger trip flow based on artificial neural network, Advances in Mechanical Engineering, 8, 10, 1–7

Yu, Z., Woodb, J. S., ve Gayah, V.V., 2017. Using survival models to estimate bus travel times and associated uncertainties, Transportation Research Part C 74, 366–382

Yuan, Y., Shao, C., Cao, Z., He, Z., ve Zhu, C., 2020. Bus Dynamic Travel Time Prediction: Using a Deep Feature Extraction Framework Based on RNN and DNN, Electronics, 9, 1876

Yuen, J. K. K., Lee, E.W.M., Lo, S.M., ve Yuen,R. K. K., 2013. An Intelligence-Based Optimization Model of Passenger Flow in a Transportation Station, IEEE Transactıons on Intellıgent Transportatıon Systems, 14, 3, 1290-1300

Zaki, M., Ashour, I., Zorkany, M., ve Hesham, B., 2014. Online Bus Arrival Time Prediction Using Hybrid Neural Network and Kalman filter Techniques, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 3,4, 2035-2041

Zhang, C., ve Teng, J., 2013. Bus Dwell Time Estimation and Prediction: A Study Case in Shanghai-China, Procedia - Social and Behavioral Sciences 96, 1329 -1340

Zhang, J., Gu, J., Guan, L., ve Zhang, S., 2017. Method of predicting bus arrival time based on MapReduce combining clustering with neural network, IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA), Beijing, 296-302

Zhang, X., Lauber, L., Liu, H., Shi, J., Xie, M., ve Pan, Y., 2022. Travel time prediction of urban public transportation based on detection of single routes. PLoS ONE 17, 1, e0262535.

Zhong, Y., Xie, X., Guo, J., Wang, Q., ve Ge, S., 2018. A new method for short-term traffic congestion forecasting based on LSTM, Materials Science and Engineering 383, 1-5

Zhou, C., Dai, P., Wang, F., ve Zhang, Z., 2016. Predicting the passenger demand on bus services for mobile users, Pervasive and Mobile Computing, 25, 48-66.

Zhou, X., Dong, P., Xing, J., ve Sun, P. 2019. Learning Dynamic Factors to Improve the Accuracy of Bus Arrival Time Prediction via a Recurrent Neural Network. Future Internet, 11, 247

Zurada, J.M., 1992. Introduction to Artificial Neural Systems, West Publishing Company, St. Paul.

## 6. EKLER

Ek Tablo 1. Otobüs seyahat süresi tahmininde YSA modelleri kullanılarak yapılan çalışmalar

| Kaynak | Amaç | Yöntem | Çalışma alanı | Veri kaynağı | Veri toplama zamanı |
|---|---|---|---|---|---|
| **Chien vd., 2002** | Bağlantıya ve durmaya dayalı verilerle eğitilmiş YSA modeli ile tahmin | -YSA (ileri beslemeli geri yayılımlı) | New Jersey, ABD | -AVL<br>-APC | |
| **Jeong ve Rilett, 2004** | Otomatik Araç Konumu verilerini kullanarak otobüsün varış süresini tahmin etmek | -YSA ( Geri Beslemeli )<br>-Regresyon<br>-Geçmiş verilere dayalı modelleme | Houston, ABD | -GPS-<br>-AVL | |
| **Chen vd., 2004a** | Gerçek dünyadaki APC / AVL verilerine dayalı bir YSA modeli | -YSA (Geri Beslemeli ) | New Jersey, ABD | -APC<br>-AVL | |
| **Chen vd., 2004b** | Gerçek dünya APC verileri kullanılarak otobüs varış zamanı tahmin edilmiştir. | -YSA<br>-Kalman Filtresi | New Jersey, ABD | -APC | |
| **Shalaby ve Farhan, 2004** | Otobüs varış ve kalkış saatleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayabilen bir otobüs seyahat süresi modeli geliştirmek | -Tarihsel Ortalama mod<br>-Regresyon<br>-YSA<br>-Kalman filtresi | Toronto, Kanada | -AVL<br>-APC | Mayıs 2001<br>(hafta içi günleri) |
| **Jeong ve Rilett, 2005** | AVL verilerini kullanarak otobüsün varış süresini tahmin etmek | -Tarihsel bir veri tabanlı model,<br>-Regresyon<br>-YSA (geri yayılımlı) | Houston, Teksas | -AVL | Haziran - Kasım 2000<br>(340 otobüs verileri) |
| **Mazloumi vd., 2009** | Trafik akışı verilerini de dâhil eden çok değişkenli model ile tahmin | -YSA ( ileri beslemeli geri yayılımlı) | Melbourne, Avustralya | -GPS | Şubat-Ağustos 2007 |
| **Mazloumi vd., 2010** | trafik akışı verilerini de içeren bir dizi bağımsız değişken kullanarak otobüs seyahat süresinin tahmini | -YSA (İleri beslemeli) | Melbourne, Avustralya | -GPS | Şubat-Ağustos 2007<br>(1.800 gözlem verisi) |
| **Yu vd., 2011** | Aynı otobüs durağında ancak farklı güzergâhlarda otobüs varış zamanlarını tahmini | -Destek Vektör Makineleri (SVM)<br>-YSA,( ileri yayılımlı Geri Beslemeli)<br>-K-En Yakın Komşu Algoritması( k-NN)<br>-Doğrusal regresyon (LR) | Hong Kong | -Otobüs durağının yakınından çekilen video kayıtları<br>-Anketler | 11 Mayıs -8 Haziran 2010<br>Yaklaşık 700 otobüs rotasında |
| **Mazloumi vd., 2011** | Her rota bölümü için tahmin | -YSA (İleri Beslemeli ) | Melbourne, Avustralya | -GPS | Şubat-Ağustos 2007 |
| **Mazloumi vd., 2012** | Trafik akışı verilerini de dâhil eden çok değişkenli model ile tahmin | -Ysa ( İleri beslemeli) | Melbourne, Avustralya | -GPS | |

Ek Tablo 1'in devamı

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Raut ve Goyal, 2012** | **Mevsimsel değişikliklere dayalı otobüs varış zamanı tahmini** | **-YSA (özyinelemeli Sinir Ağları (RNN)** | **Delhi, Hindistan** | **Rajasthan Devlet Yolu Ulaşım Şirketi** | **2011 yılı verileri** |
| **Dong vd., 2013** | Gerçek zamanlı ve geçmiş veriler kullanılarak tahmin | -K-En Yakın Komşu Algoritması( k-NN)<br>-YSA | Pekin, Çin | -AVL<br>-GPS | |
| **Lin vd., 2013** | GPS ve AFC verilerine dayalı gerçek zamanlı tahmin | -YSA (Geri yayılma)<br>-Kalman filtresi | Jinan, China | -GPS<br>-AFC | 1 - 30 Kasım 2010<br>63 rotada |
| **Kumar vd., 2014** | YSA ve Kalman Filtesine dayalı tahmin model | -Kalman filtresi<br>-YSA | Chennai, Hindistan | -GPS | Ocak - Şubat 2013<br>( 45 gün boyunca) |
| **Wang vd., 2014** | Geçmiş verileri ve gerçek zamanlı durum bilgilerini birleştiren bir yaklaşım | -YSA ( Radyal Temelli Fonksiyon Sinir Ağları (RBFNN), Geri Beslemeli)<br>-Çoklu Doğrusal Regresyon modeli | Dalien, Çin | Araca bağlı cihazdan veri toplama | |
| **Gurmu ve Fan, 2014** | Sadece GPS verilerini kullanarak otobüs seyahat süresi tahmini | -YSA çok katmanlı algılayıcı (MLP) | Rio de Janeiro, Brezilya | -GPS<br>- AVL | Kasım 2008 - Mayıs 2009 |
| **Zaki vd,2014** | Bir servis güzergâhı boyunca münferit otobüs duraklarında beklenen otobüs varış zamanını tahmin etmek | -YSA<br>-Kalman filtresi | Mısır | -GPS | |
| **Amita vd., 2015** | Otobüs seyahat süresi tahmini | -YSA (Geri yayılımlı)<br>-Regresyon | Delhi, Hindistan | -GPS | 2014 Şubat<br>(İki otobüs hattı)9 |
| **Fan ve Gurmu, 2015** | Sadece GPS verilerini kullanarak belirli bir alt otobüs durağında gerçek zamanlı bilgi vermek için otobüs seyahat süresinin tahmini | -Tarihsel Ortalama mod<br>-Regresyon<br>-YSA (çok katmanlı algılayıcı (MLP)),<br>-Kalman Filtre | Macae, Brezilya | -AVL<br>-GPS | Kasım 2008 - Mayıs 2009 |
| **Khetarpaul vd., 2015** | GPS verilerine dayalı tahmin hibrit model | - YSA ( geri beslemeli)<br>- Bulanık mantık | Dublin, İrlanda | -GPS<br>-AVL | Ocak 2013 (28 Gün) |
| **Amita vd., 2016** | GPS verilerine dayalı bir tahmin | -YSA (Geri yayılımlı)<br>-Regresyon | Delhi, Hindistan | -GPS | Tek otobüs hattı<br>40 yolculuk |
| **Treethidtaphat vd., 2017** | Rota boyunca herhangi bir durağa varış zamanı tahmini | -YSA ( DNN, derin sinir ağı modeli) | Bangkok, Tayland | -GPS | 19 Şubat- 19 Mart 2017 |
| **Jiang, 2017** | GPS verileri ile hem rota hem de rota segmentleri için tahmin | -YSA (ileri beslemeli ) | Porto, Portekiz. | -GPS | 1-30 Nisan 2015, (2.300.742 veri noktası) |
| **Yin vd., 2017** | Destek vektör makinesi (SVM) ve yapay sinir ağına (YSA) dayalı yeni bir tahmin | -Destek vektör makinesi (SVM)<br>-YSA( ileri beslemeli Geri Yayılımlı) | Zigong, Sichuan, Çin | -GPS<br>-APC | Ekim 2014 (16 iş günü) |

Ek Tablo 1'in devamı

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kumar vd., 2017** | **Hem zamansal ve hem de mekânsal varyasyonları dikkate alan bir tahmin yöntemi geliştirmiştir.** | **-Kalman filtresi<br>-Tarihsel Ortalama mod<br>-Regresyon<br>-YSA** | **Chennai, Hindistan** | **-GPS** | **İki otobüs hattı** |
| **Hua vd., 2018** | bir önceki duraktan gelen gerçek çok yönlü otobüs varış zamanı verilerini girdi olarak kullanarak hedef durakta otobüs varış zamanını tahmin etmek | -Destek Vektör Makinesi (SVM),<br>-YSA<br>-Doğrusal Regresyon (LR) | Yichun, Çin | -APC<br>-AVL | |
| **Zhang vd., 2017** | MapReduce kümeleme ve YSA kombinasyonuna dayalı bir tahmin modeli | - YSA ( geri beslemeli)<br>- MapReduce | Tientsin Tiençin, Çin | -GPS | |
| **Jabamony ve Shanmugavel, 2019** | İnterneti özellikli sistemlerde otobüsün belirli otobüs duraklarına varış saatinin tahmini | -YSA (İleri besleme, geri yayılma) | Thiruvananthapuram, Hindistan | -GPS<br>-Google Map | |
| **Zhou vd., 2019** | Dinamik faktörlerden tam olarak faydalanan yeni bir yaklaşım ile tahmin | -YSA (özyinelemeli Sinir Ağları (RNN)<br>-Kalman filtesi<br>-Destek vektör makiesi | Jinan China | -Jinan Toplu Taşıma Şirketi<br>-Google map | |
| **Agafonov ve Yumaganov, 2019a** | LSTM modeline dayalı tahmin | -YSA Uzun Kısa Vadeli bellek (LSTM)<br>-Doğrusal regresyon | Samara, Rusya | -GPS | Eylül 2018 |
| **Pang vd., 2019** | Özyinelemeli Sinir Ağına(RNN) dayalı tahmin modeli | - YSA (özyinelemeli Sinir Ağları (RNN), (Uzun Kısa Vadeli bellek-(LSTM)<br>-K-En Yakın Komşu Algoritması<br>- Kernel regresyonu | Pekin, Çin, | -GPS | 1 - 28 Şubat 2015 |
| **Agafonov ve Yumaganov, 2019b** | LSTM modeline dayalı tahmin | - YSA (özyinelemeli Sinir Ağları (RNN), (Uzun Kısa Vadeli bellek-(LSTM<br>- Doğrusal Regresyon | Samara, Rusya | -GPS | |
| **Liu vd., 2020** | Zaman-mekânsal verilere dayalı tahmin | -YSA Uzun Kısa Vadeli bellek (LSTM)<br>(özyinelemeli Sinir Ağları (RNN) | Xingtai, Çin | -GPS | 1 Eylül - 30 Eylül 2018 (5.804.504 nokta verisi ) |

Ek Tablo 2. Dolmuş durakları başkanları ile yapılan görüşme formu

| |
|---|
| 1- Durağın Adı: |
| 2- Durakta bulunan hat sayısı, isimleri ve dolmuş sayıları: |
| 3-Hatların uzunlukları: |
| 4-Hatta çalışan toplam dolmuş sayısı: |
| 5- Dolmuşun kalkış noktaları – hatlara göre haritadan çizilsin<br>-Depolama yerleri kira mı? Kendilerine mi ait?<br>Depolarda ekleyen araç sayısı<br><br>- |
| 6- Bir gün içinde çalışan toplam dolmuş sayısı:<br>Hafta İçi: Hafta Sonu: |
| 7-Günün hangi saatinden sonra dolmuş sayısı azaltılır:<br>Kalan dolmuş sayısı Hafta içi: hafta sonu: |
| 8-Sabah ilk sefer kaçta başlar Meydan: Mahalle: |
| 7-Akşam son sefer kaçta biter Meydan: Mahalle: |
| 9-Hattaki bir dolmuşun ortalama sefer sayısı (gidiş+geliş=1 sefer): |
| 10-Hattaki dolmuşların kalkış tarifeleri:<br>Meydan:<br><br>Mahalle içinde:<br><br>Hatta özel durumlar: |
| 11-Meydandan kalkışta yolcu almak için durarak beklenilen/ yolcu potansiyeli yüksek olan noktalar ve duraklama süreleri<br>1<br>2<br>3 |
| 12-Mahalleden gelişte yolcu almak için durarak beklenilen / yolcu potansiyeli yüksek olan noktalar ve duraklama süreleri<br>1<br>2<br>3 |
| 13-Bir dolmuş ortalama kaç dakikada meydandan kalkarak mahalleye gidiyor?(hat hat olabilir) |
| 14-Bir dolmuş ortalama kaç dakikada mahalleden meydana gidiyor? (hat hat olabilir) |
| 15-Güzergah boyunca belediye tarafinca planlanmış tanımlanmış durak/cep yerleriniz var mı? (harita) Nereler?<br>Olması gerekir mi?<br>Olmasını ister miydiniz? |
| 16-Duraktan durağa indirme-bindirme sistemine geçilmesini ister misiniz? |

Ek Tablo 2'nin devamı

17-Olursa iki durak arası mesafe ne kadar olmalı

18-Bir dolmuş için günlük taşınan ortalama yolcu sayısı (hat hat da olabilir)

Hafta içi: Hafta sonu:

Dolmuş hattının günlük taşıdığı toplam yolcu sayısı:

19-Dolmuş/taşıt trafiğinin en yoğun olduğu zamanlar

Hafta içi:

| | Daha yoğun olan günler | Sabah | Öğlen | Akşam |
|---|---|---|---|---|
| Pazartesi | | | | |
| Salı | | | | |
| Çarşamba | | | | |
| Perşembe | | | | |
| Cuma | | | | |

Hafta sonu:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cumartesi | | | | |
| Pazar | | | | |

Özel durumlar:

20-Yolcu trafiğinin en yoğun olduğu zamanlar: Hafta içi:

| | Daha yoğun olan günler | Sabah | Öğlen | Akşam |
|---|---|---|---|---|
| Pazartesi | | | | |
| Salı | | | | |
| Çarşamba | | | | |
| Perşembe | | | | |
| Cuma | | | | |

Hafta sonu:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cumartesi | | | | |
| Pazar | | | | |

**Özel durumlar:**

Ek Tablo 2'nin devamı

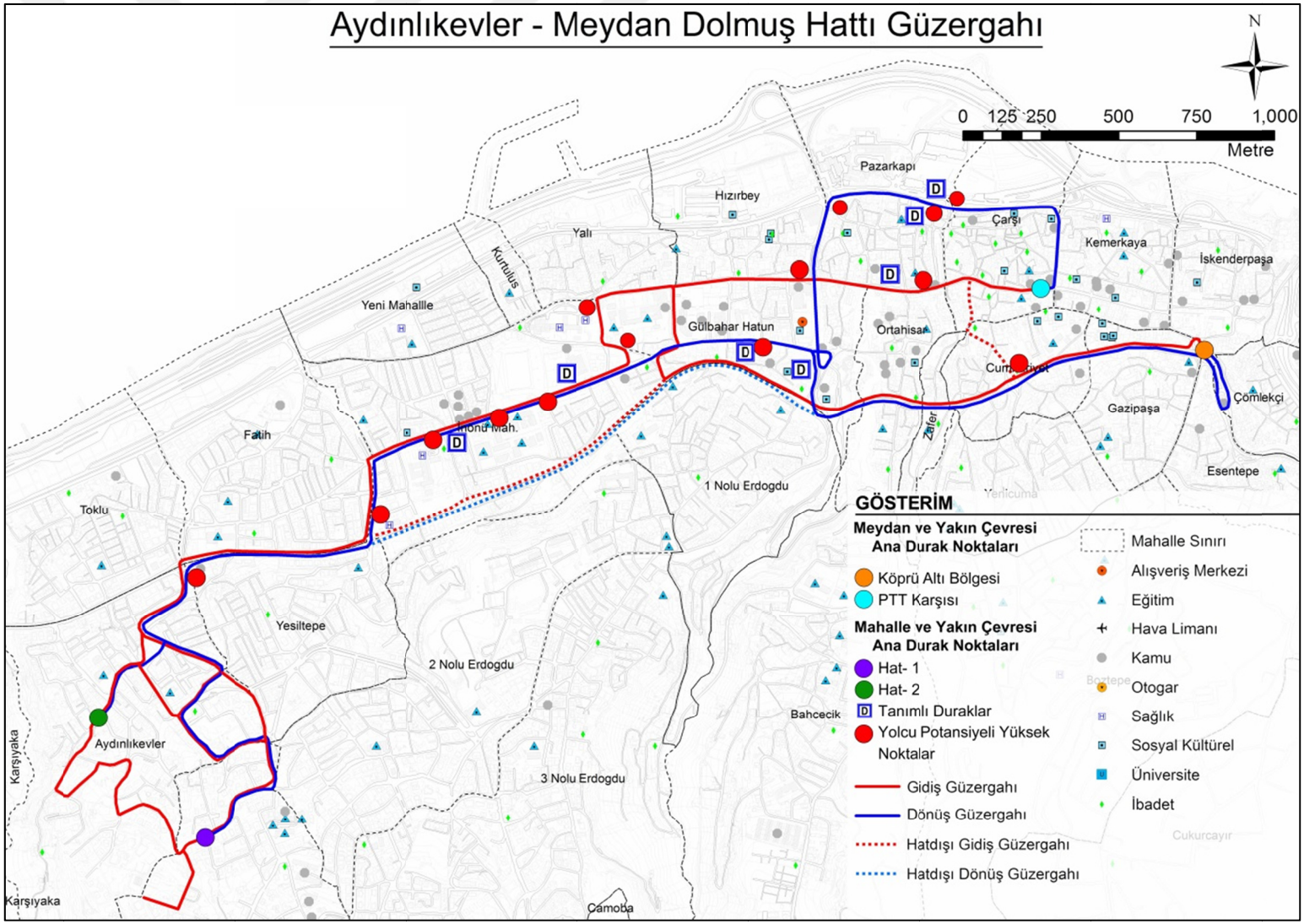
| |
|---|
| 21-Yolcu trafiğinde mevsimlik sezonluk farklar var mı? |
| 22-Araç trafiğinde mevsimlik sezonluk farklar var mı? |
| 23-En fazla hangi saatlerde sefer atılıyor? |
| 24-Güzergâh üzerinde en fazla yolcu alınan noktalar:<br>1<br>2<br>3 |
| 25-Aynı anda trafikte olan dolmuş sayısı (depoda bekleyenler çıkarıldığında) |
| 26-Depoda beleyen araç sayıları:<br><br>Köprü altı Maraş Mahalle |
| 27-Depolama alanları yeterli mi?<br>Meydan?<br>Mahalle için? |
| 28-Meydan çevresinde genel bir depolama alanına ihtiyaç var mı? |
| 29-Dolmuşlar akşam/ çalışmadığı saatlerde nerde duruyor? |
| 30-Güzergahınızda otobüs hattı da var mı? |
| 31-Otobüsün varlığı sizi etkiliyor mu? |
| 32-Ayakta yolcu alıyor musunuz?<br><br>Almak ister misiniz? |
| 33-Güzergâhı neye göre belirliyorsunuz? |
| 34-Güzergâhınız dışında da hizmet verdiğiniz oluyor mu? |
| 35-Güzergahınızda yolcu alma yasağı olan yerler var mı ? haritadan gösteriniz? |
| 36-Güzergahınızı değiştirmek ister miydiniz? |
| Evet ise neden? |

Ek Tablo 2'nin devamı

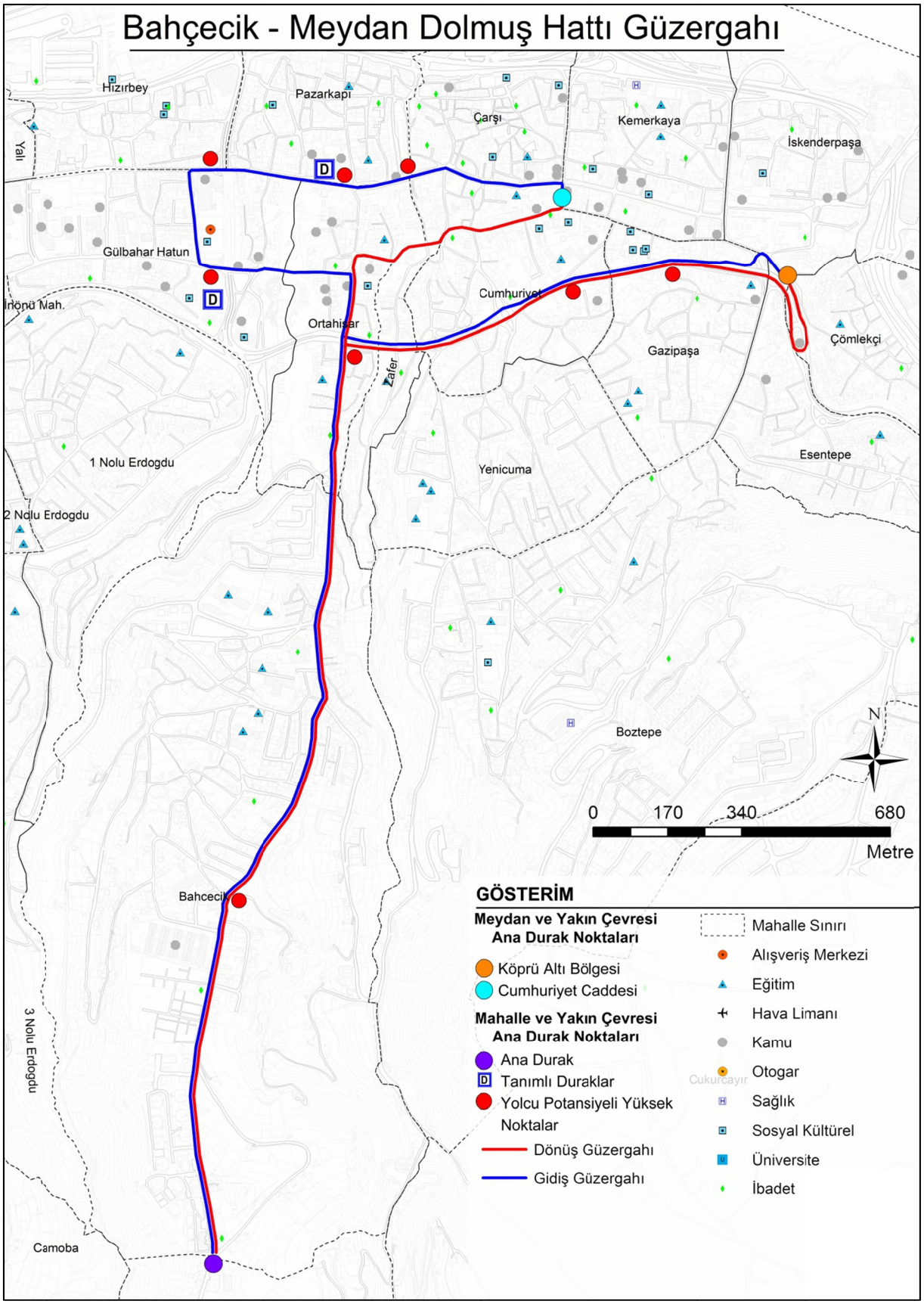
| |
|---|
| 38-Kamu eliyle işletilmek ister miydiniz? |
| 39-Koltuk kapasitesinin arttırılmasını ister misiniz? |
| 40-Ücret/tarife belirlenirken dikkat edilen hususlar? |
| 41-Hattaki bir plakanın yaklaşık değeri |
| 42-Plaka değerini belirleyen etkenler neler? |
| Trabzon toplu ulaşımda size göre dolmuşun faydaları nelerdir?<br>1<br>2<br>3<br><br>Toplu ulaşımda size göre dolmuşun yarattığı sorunlar nelerdir? Sorunların kaynakları neler ?<br><br>1-<br>2-<br>3-<br>Mevcut taşıtlar toplu ulaşım için yeterli mi?<br>1-<br>2-<br>3- |
| Dolmuş işletim sisteminde karşılaşılan sorunlar:<br>1-<br><br>2-<br><br>3 |
| Çözüm önerileriniz<br>1-<br>2-<br>3- |
| Tak kart/ biletli kullanım uygulamasına geçmek ister misiniz? |

Ek Tablo 3. Alan çalışması föyü

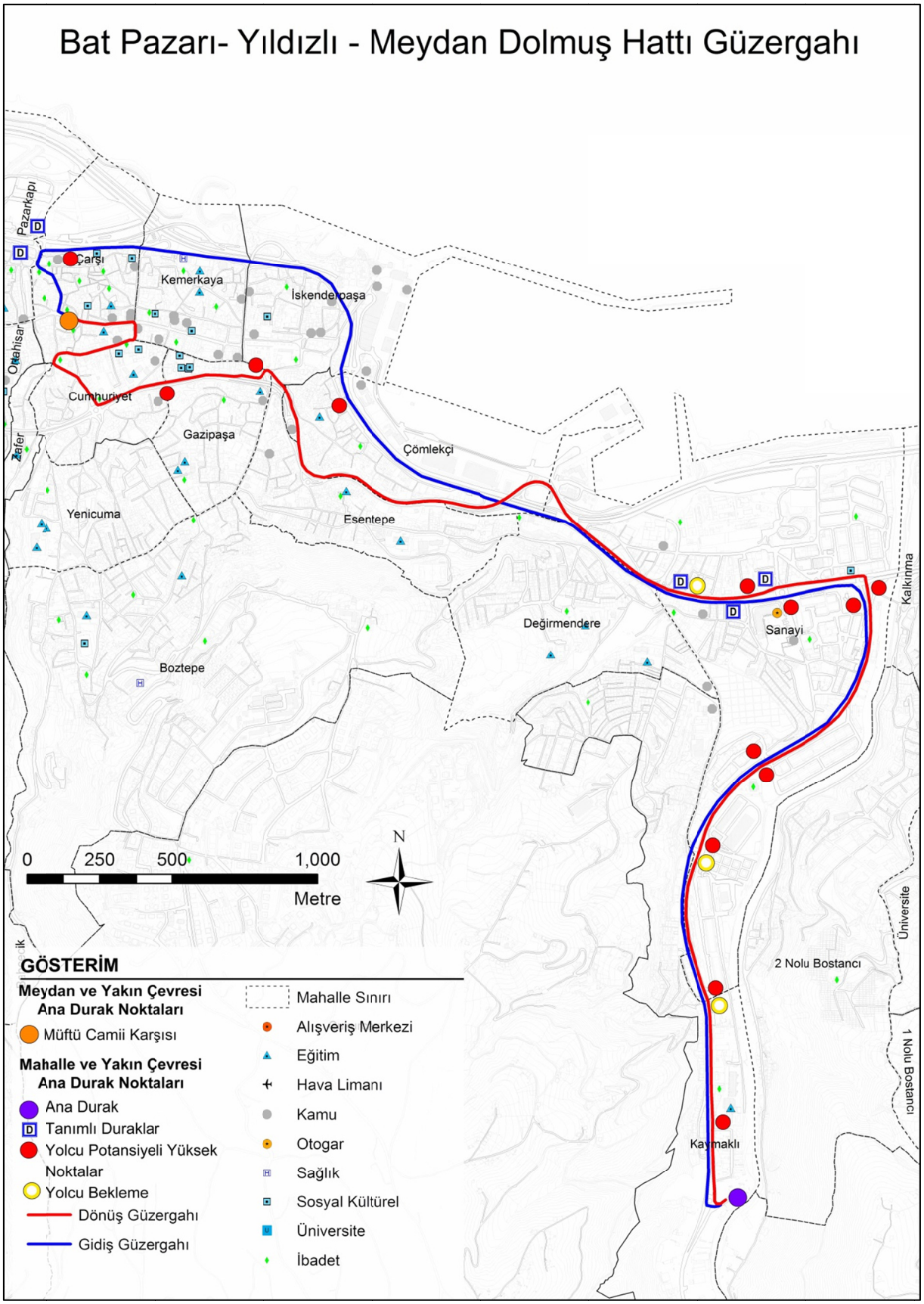
| | Hat adı /gidiş yolu | Tarih | Kalkış yeri/bitiş yeri Köprü altı:1 Maraş:2 Postane:3 Mahalle:4 | Yönü Mahalleye:1 Meydana:2 | Başlan. Yolcu sayısı | Yolcu için durma sayısı | Yolcu alımlarda bekleme süresi | Hava durumu | Başlama saati | Bitiş saati | Ort hız | Max hız | Yol km | bekleme süresi( waiting time) kırmızı ışık | Toplam süre/ hareketli süre (elapsed time/moving time) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | |



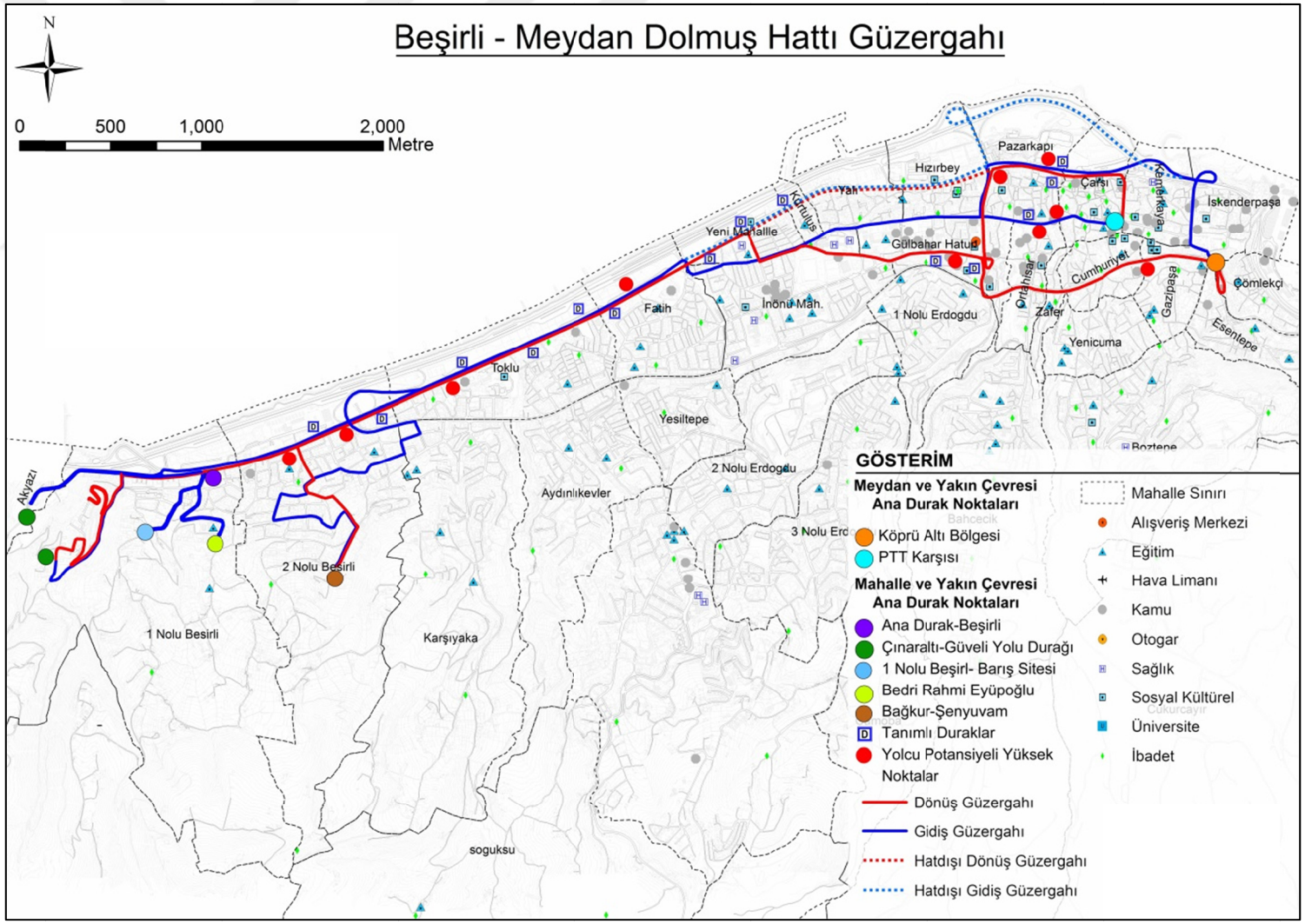

Ek Şekil 1. Aydınlıkevler- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



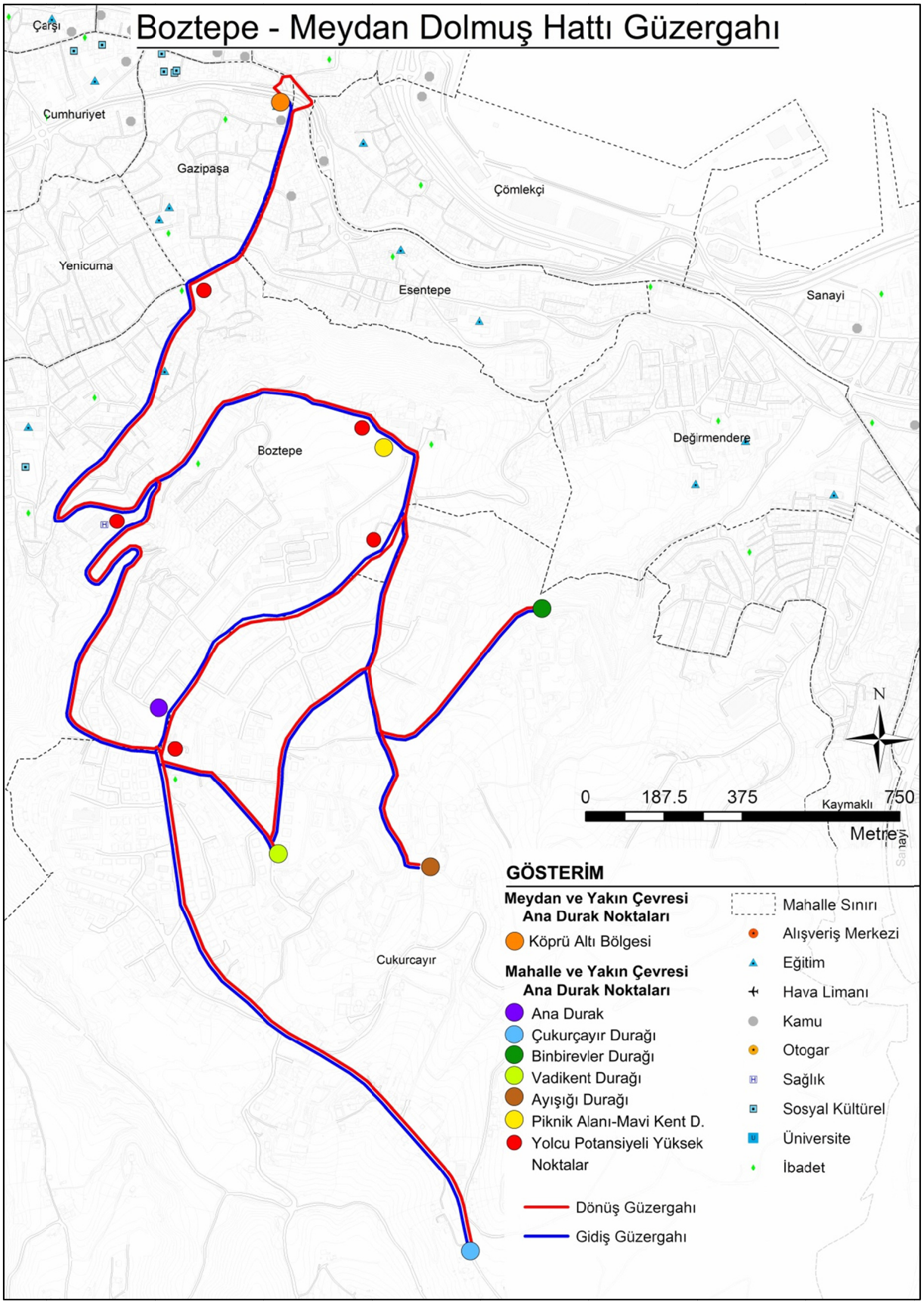

Ek Şekil 2. Bahçecik- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



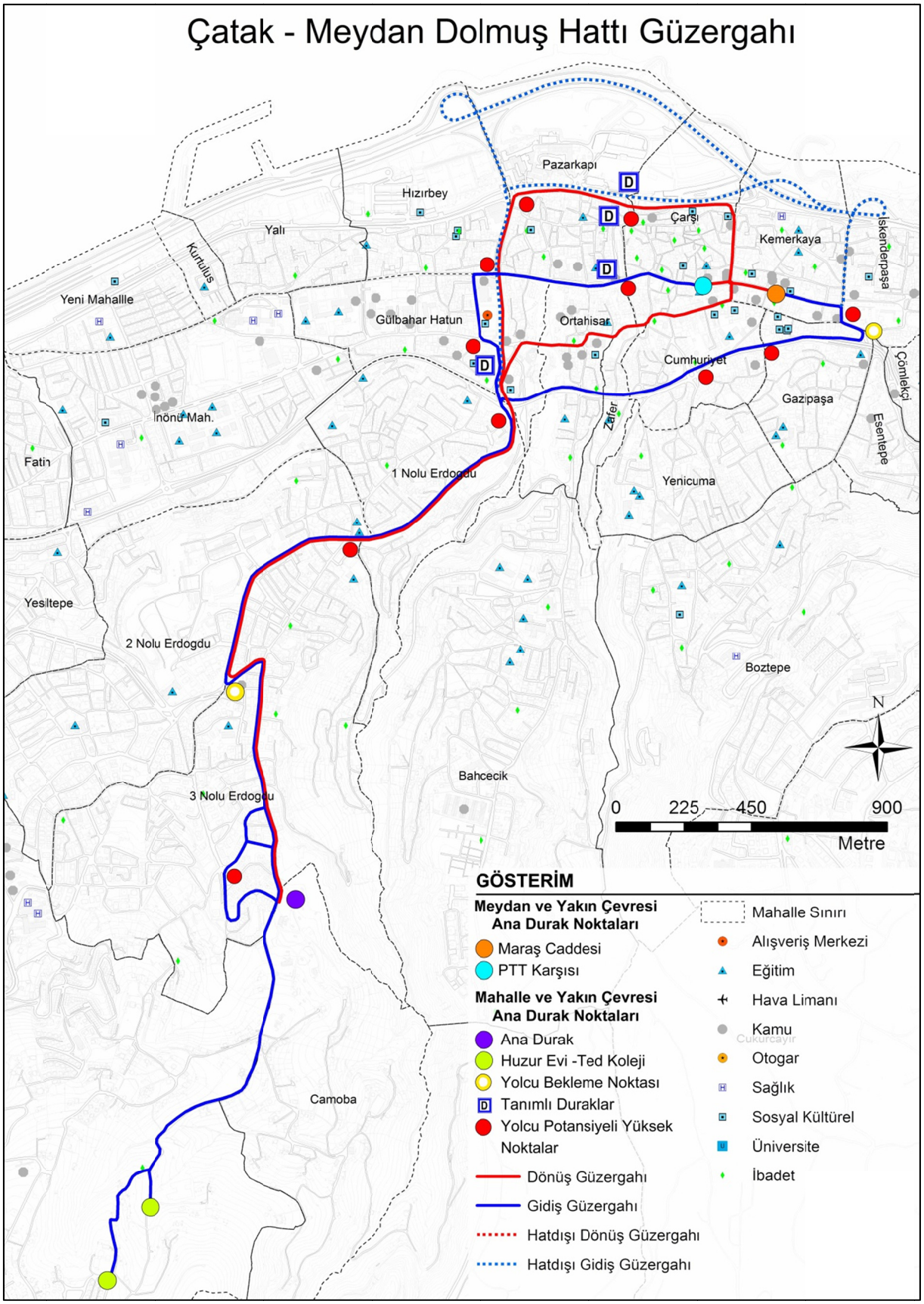

Ek Şekil 3. Bat Pazarı Yıldızlı- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



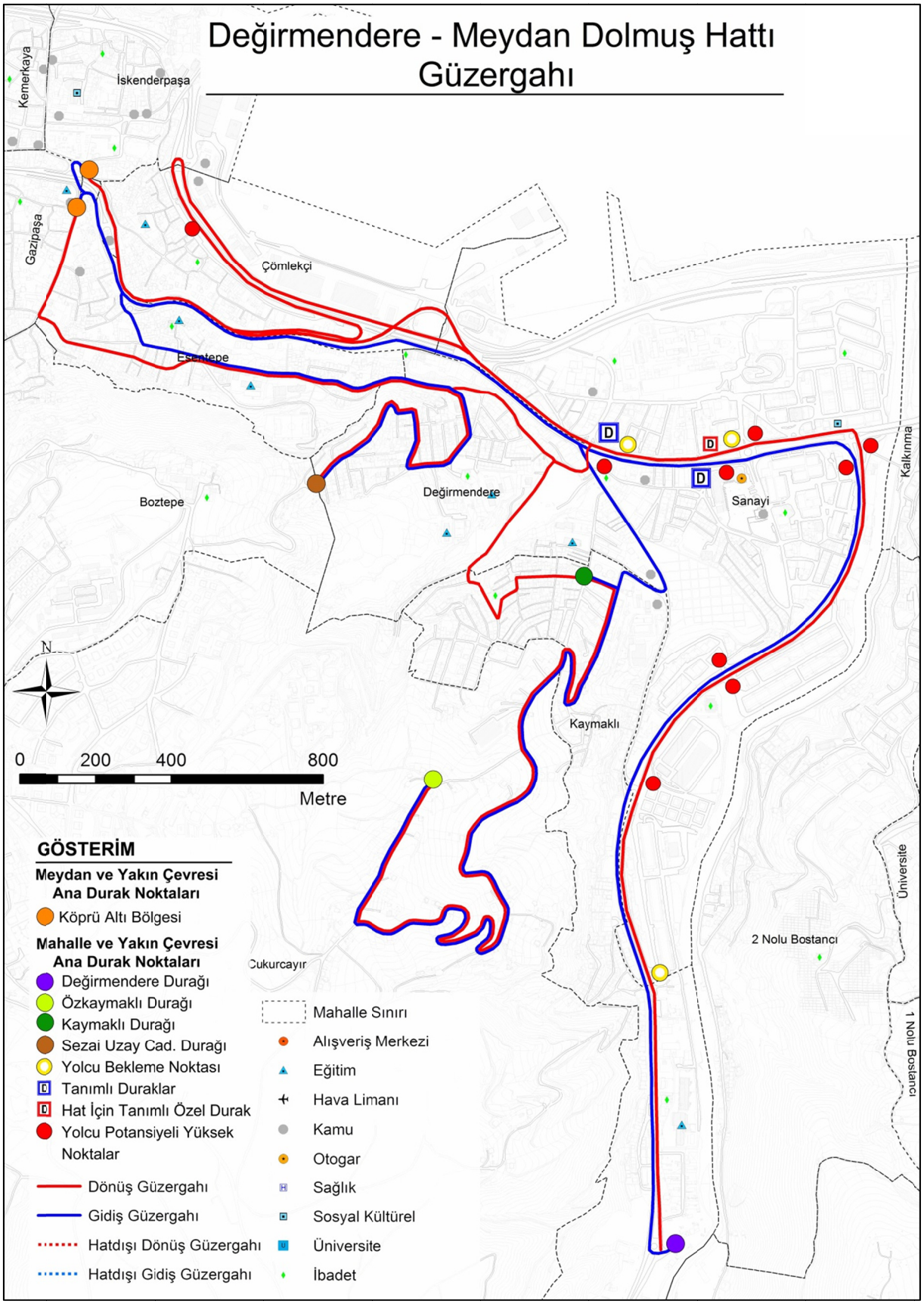

Ek Şekil 4. Beşirli- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



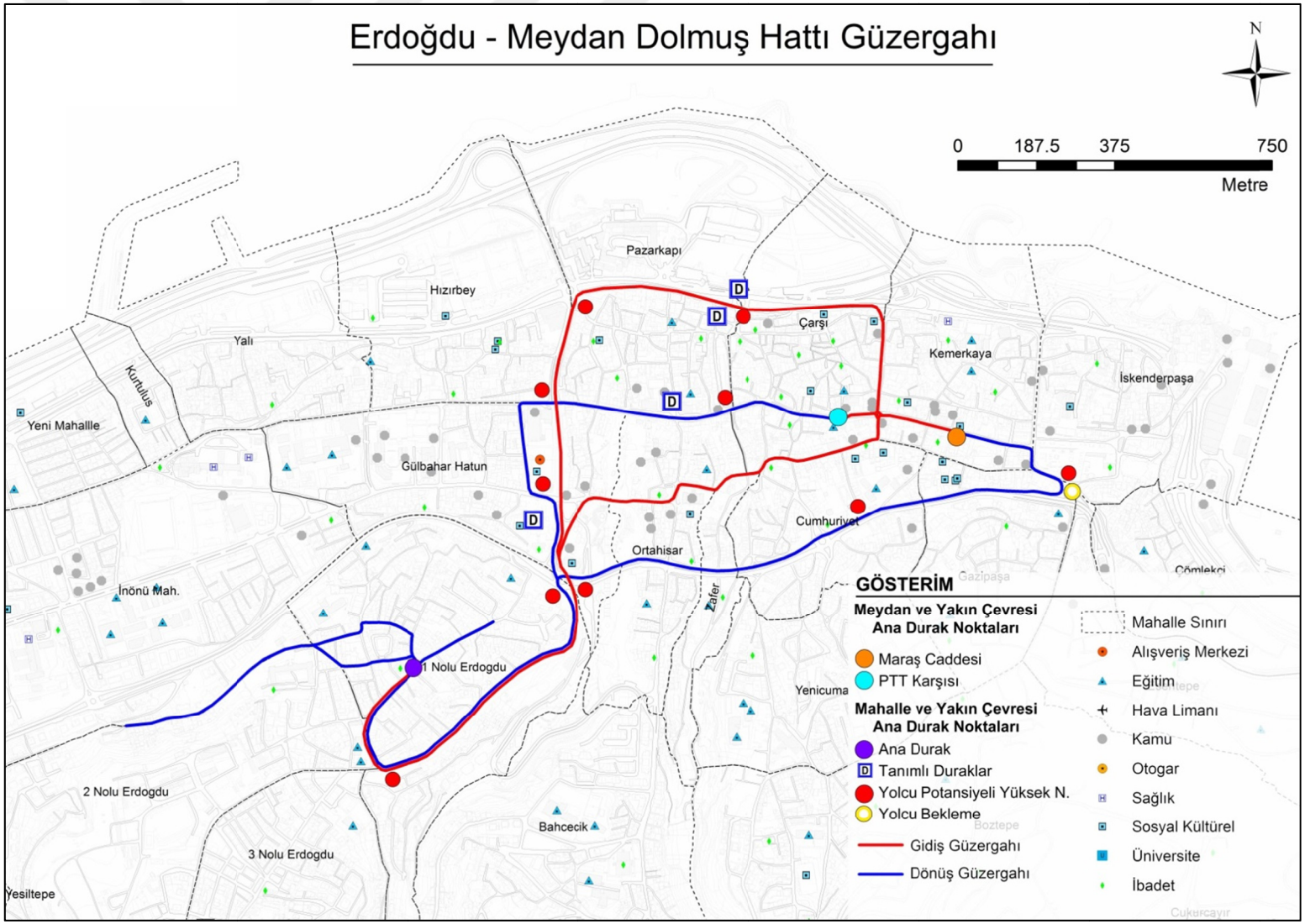

Ek Şekil 5. Boztepe- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



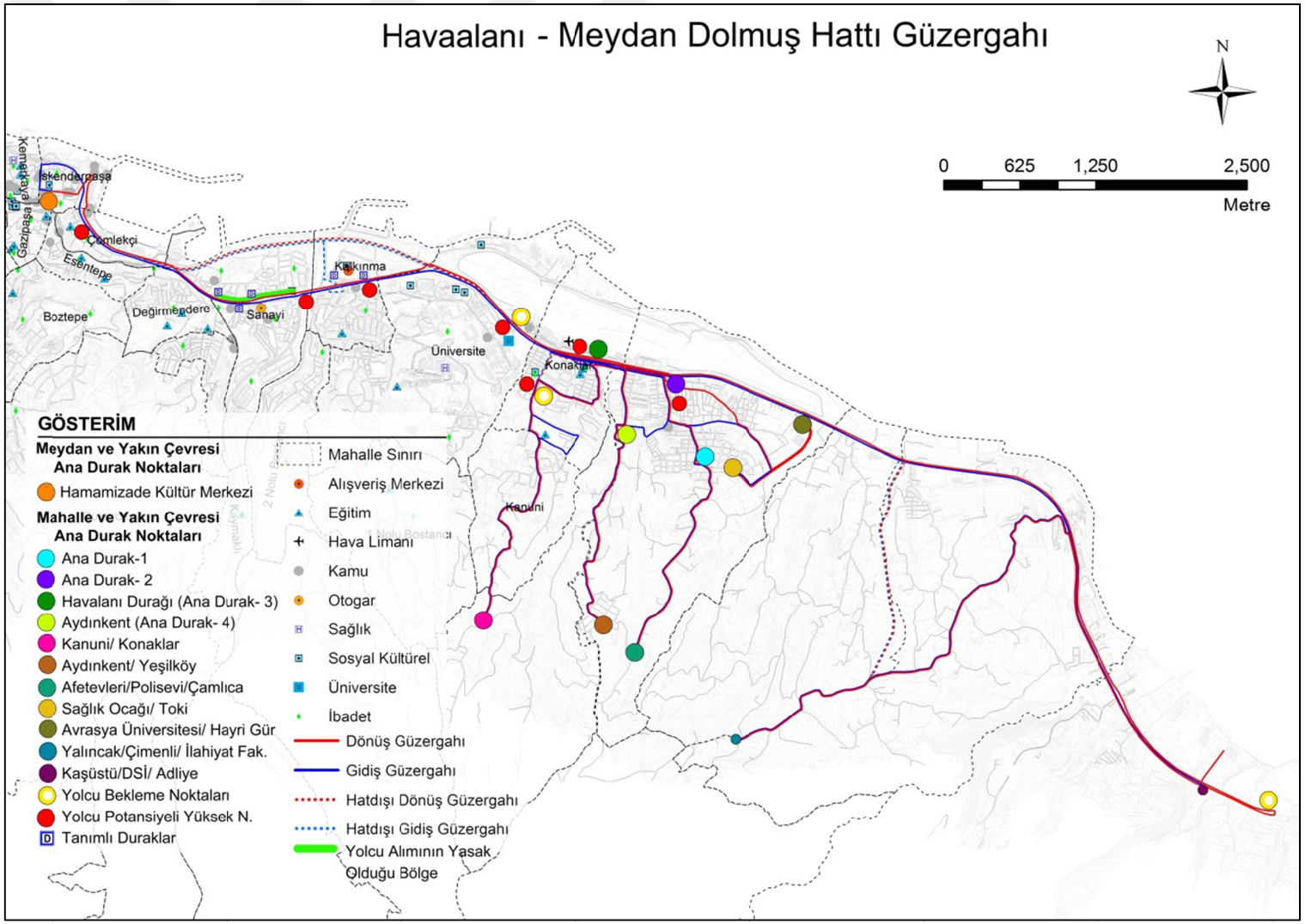

Ek Şekil 6. Çatak- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



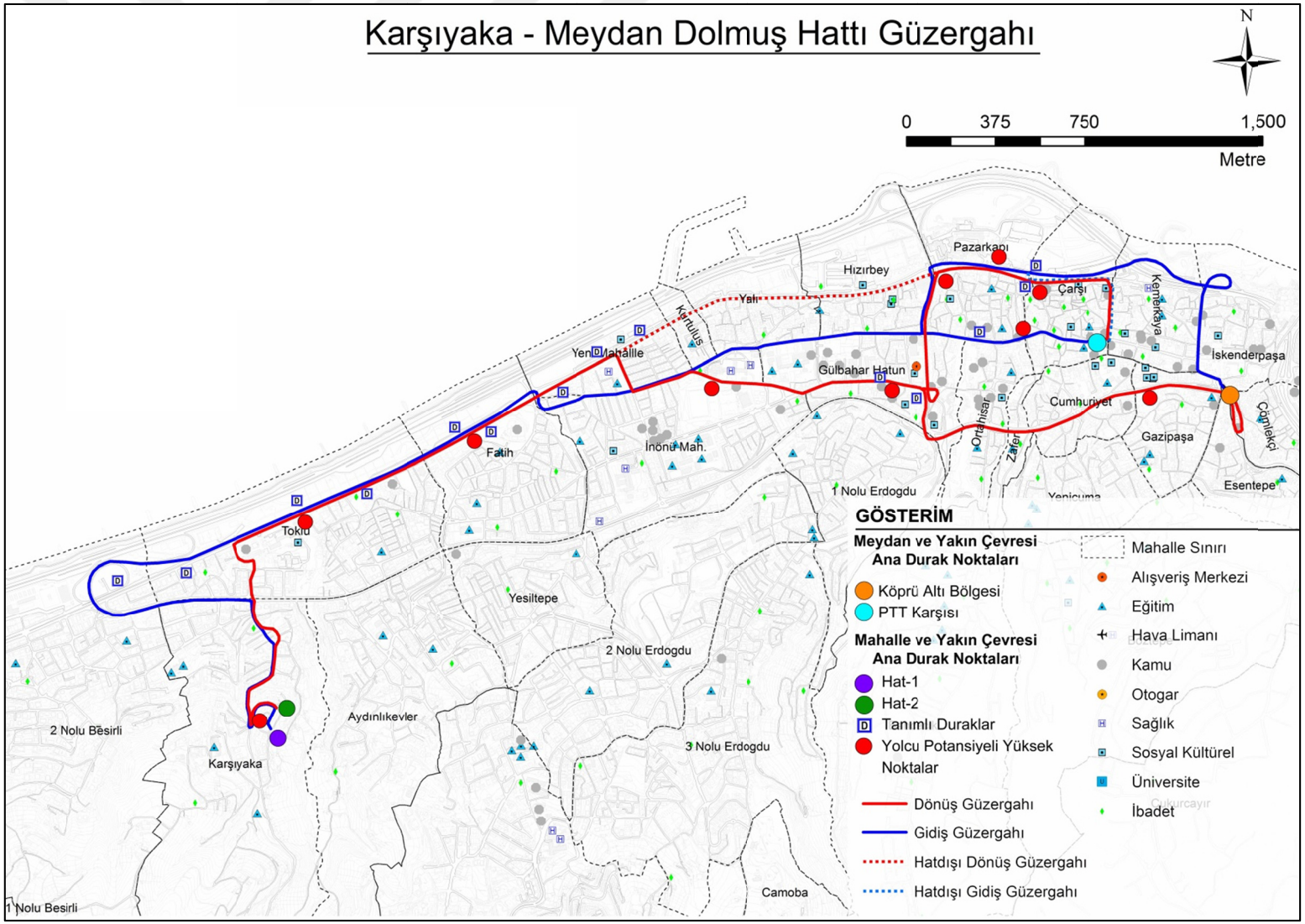

Ek Şekil 7. Değirmendere- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



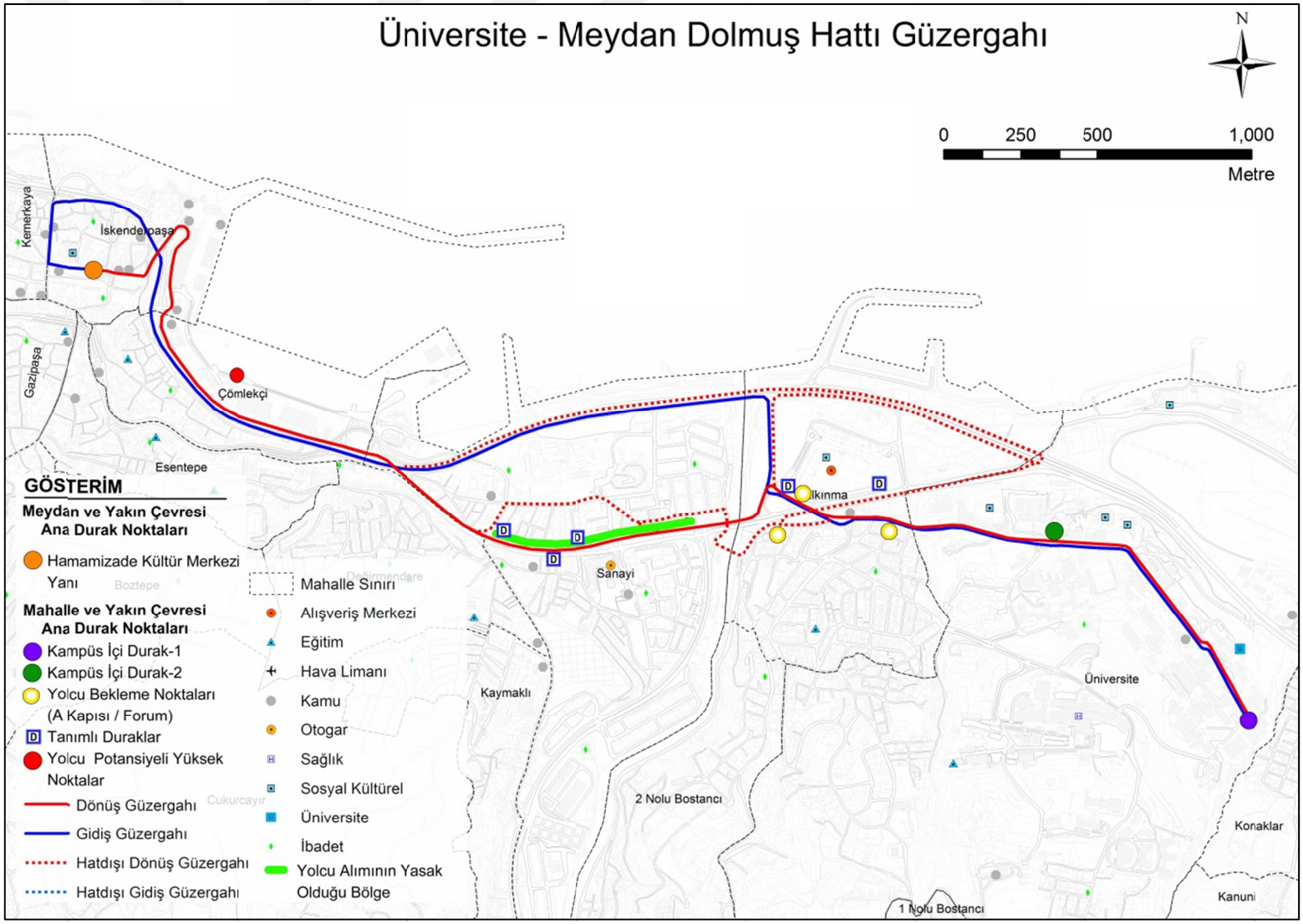

Ek Şekil 8. Erdoğdu- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



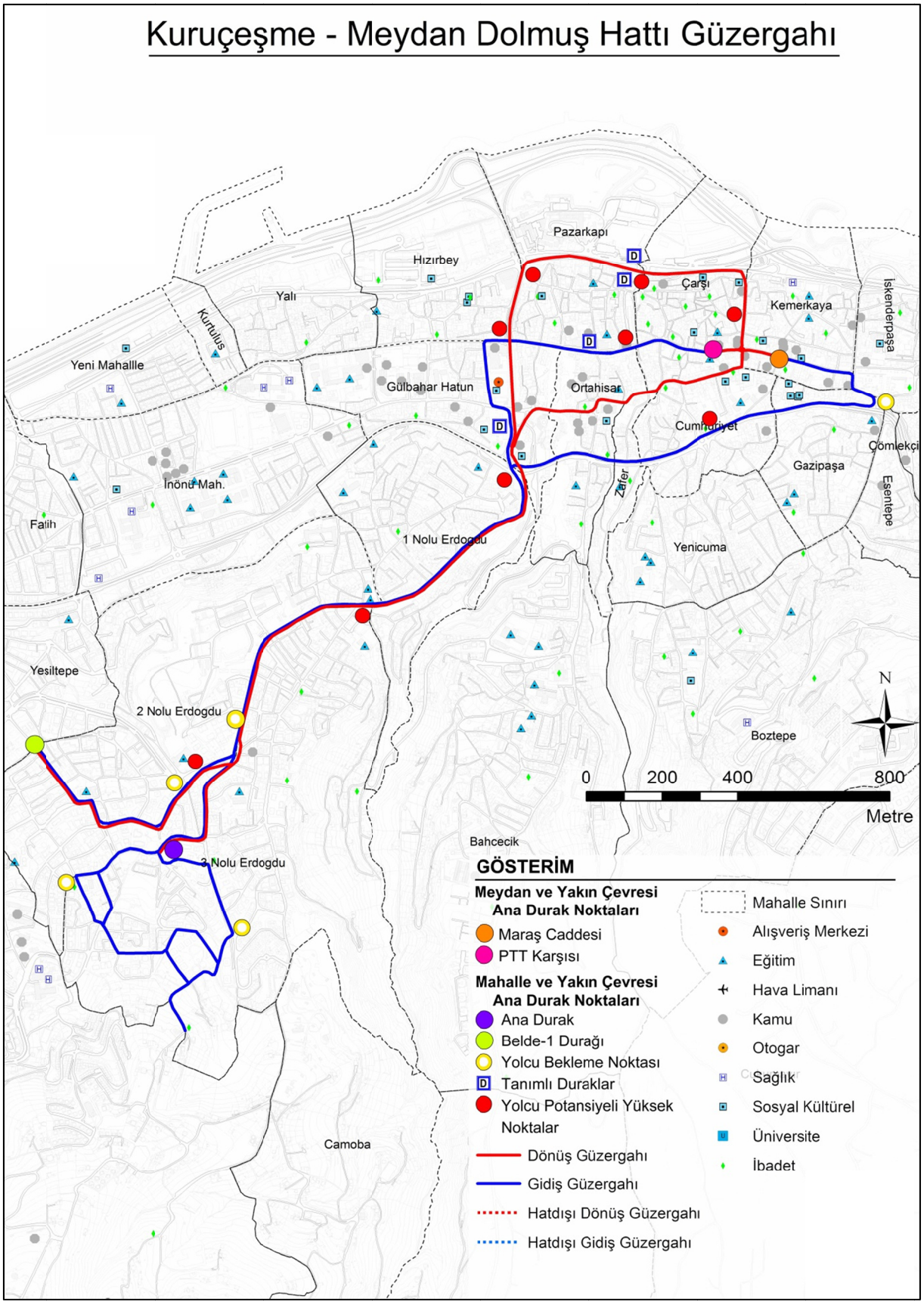

Ek Şekil 9. Havaalanı- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



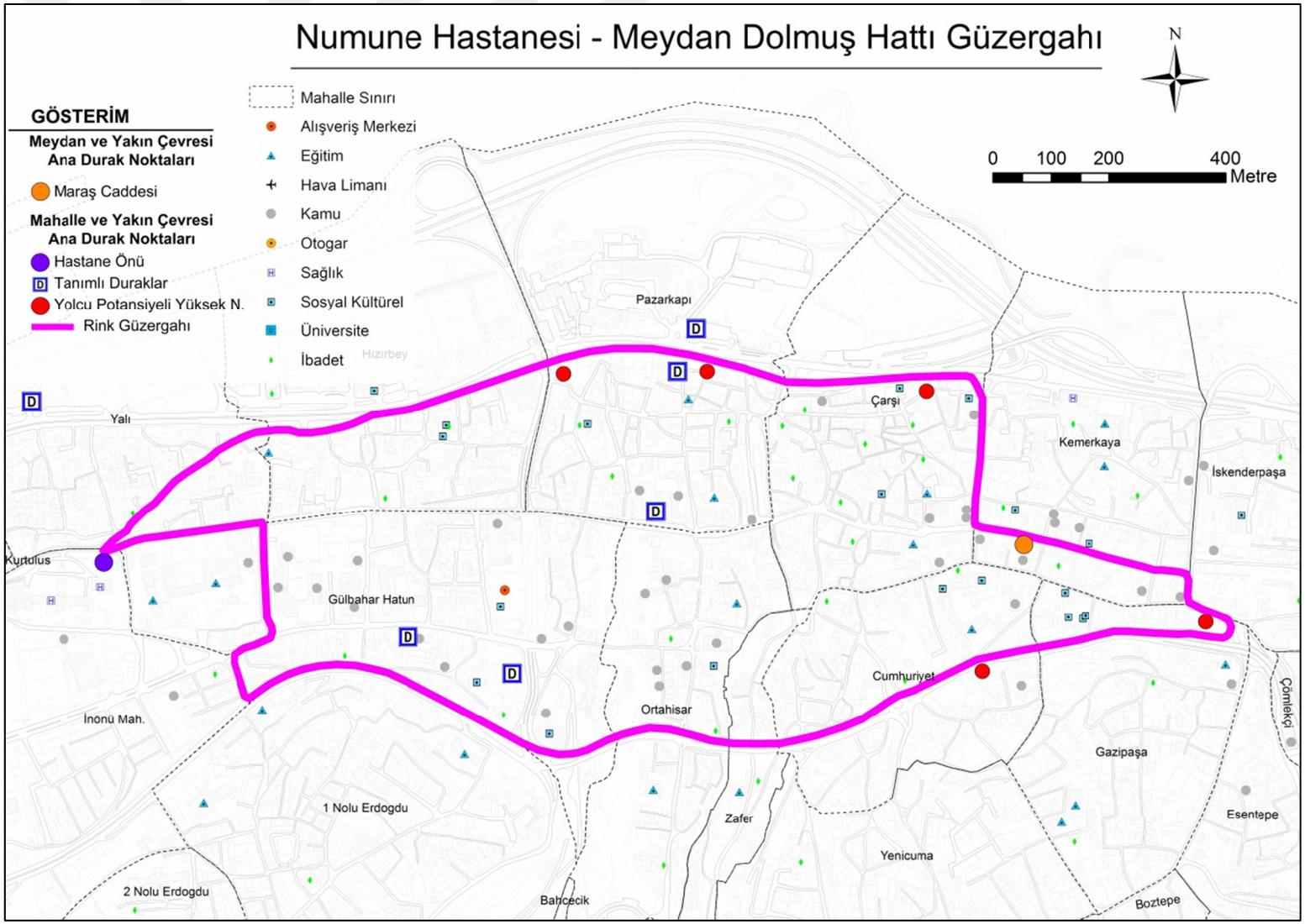

Ek Şekil 10. Karşıyaka - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



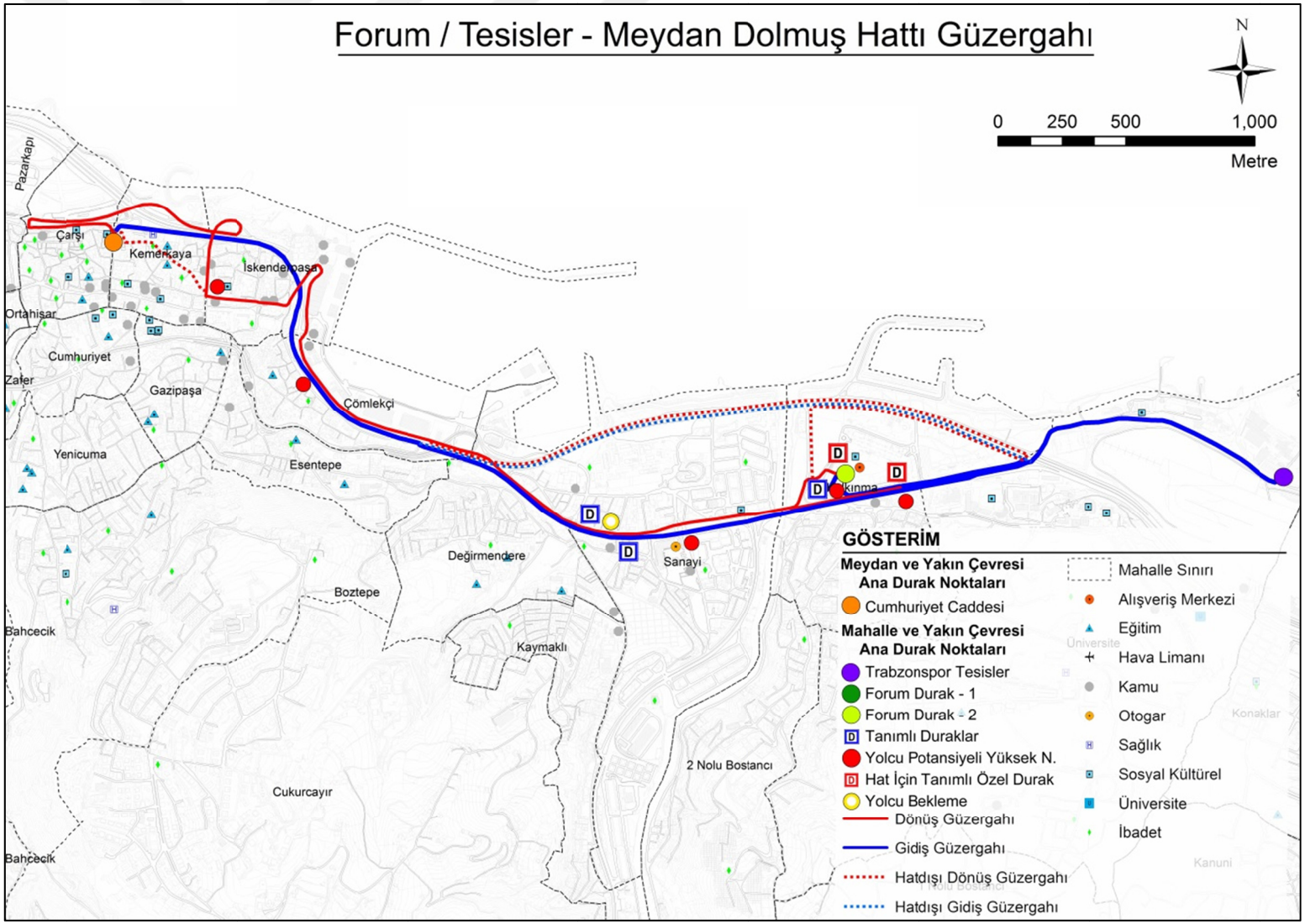

Ek Şekil 11. Üniversite - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



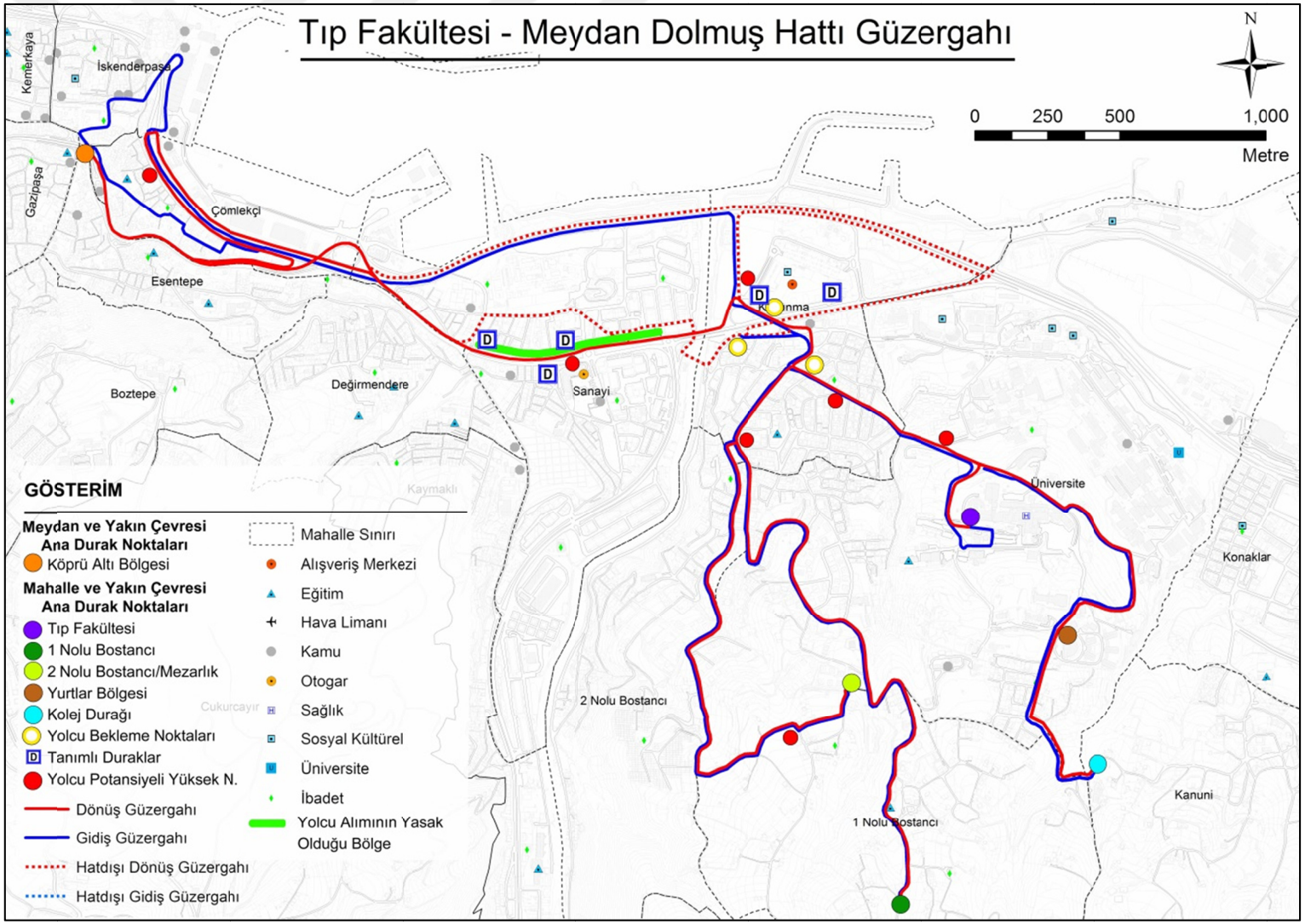

Ek Şekil 12. Kuruçeşme - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



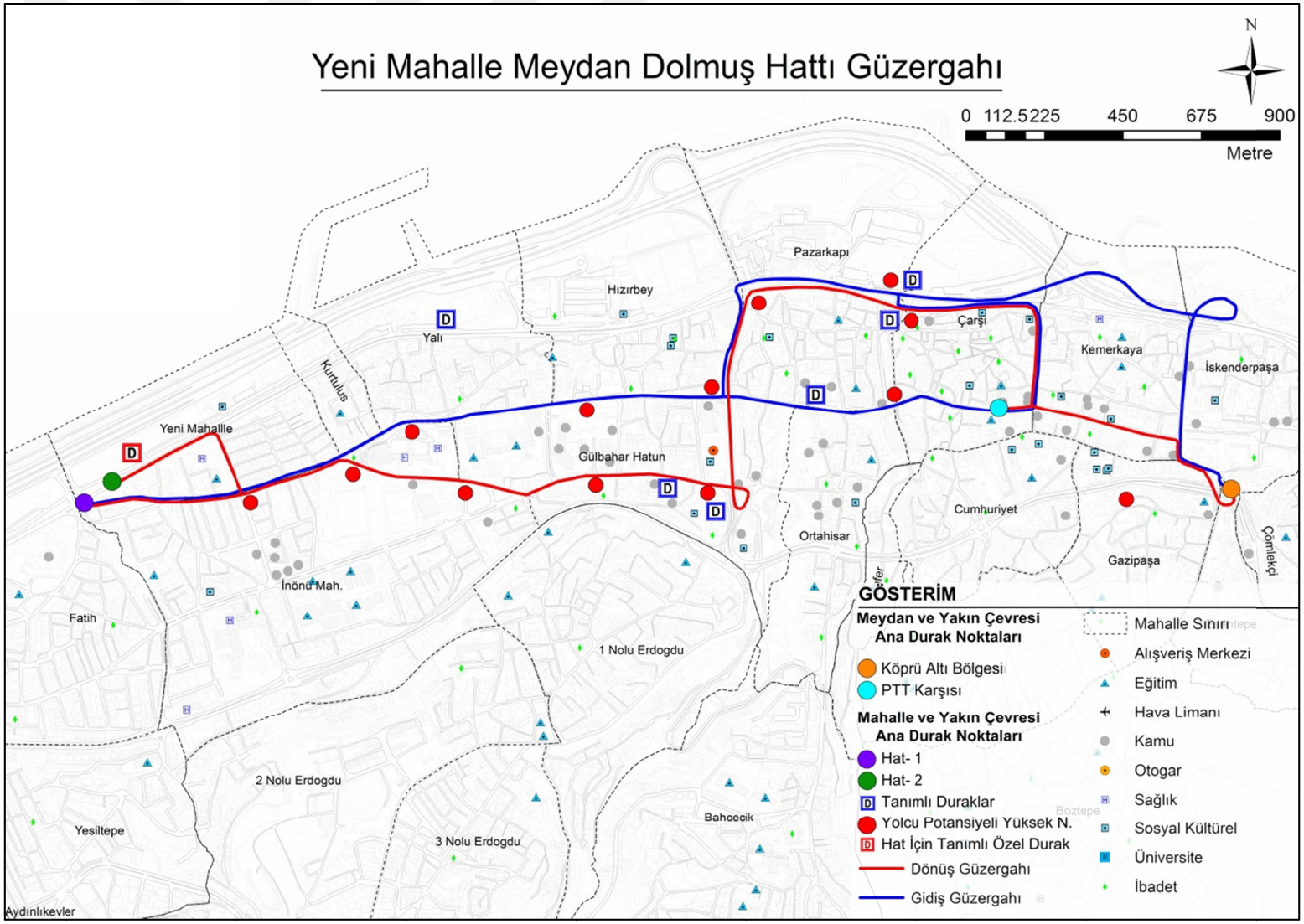

Ek Şekil 13. Numune Hastanesi - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



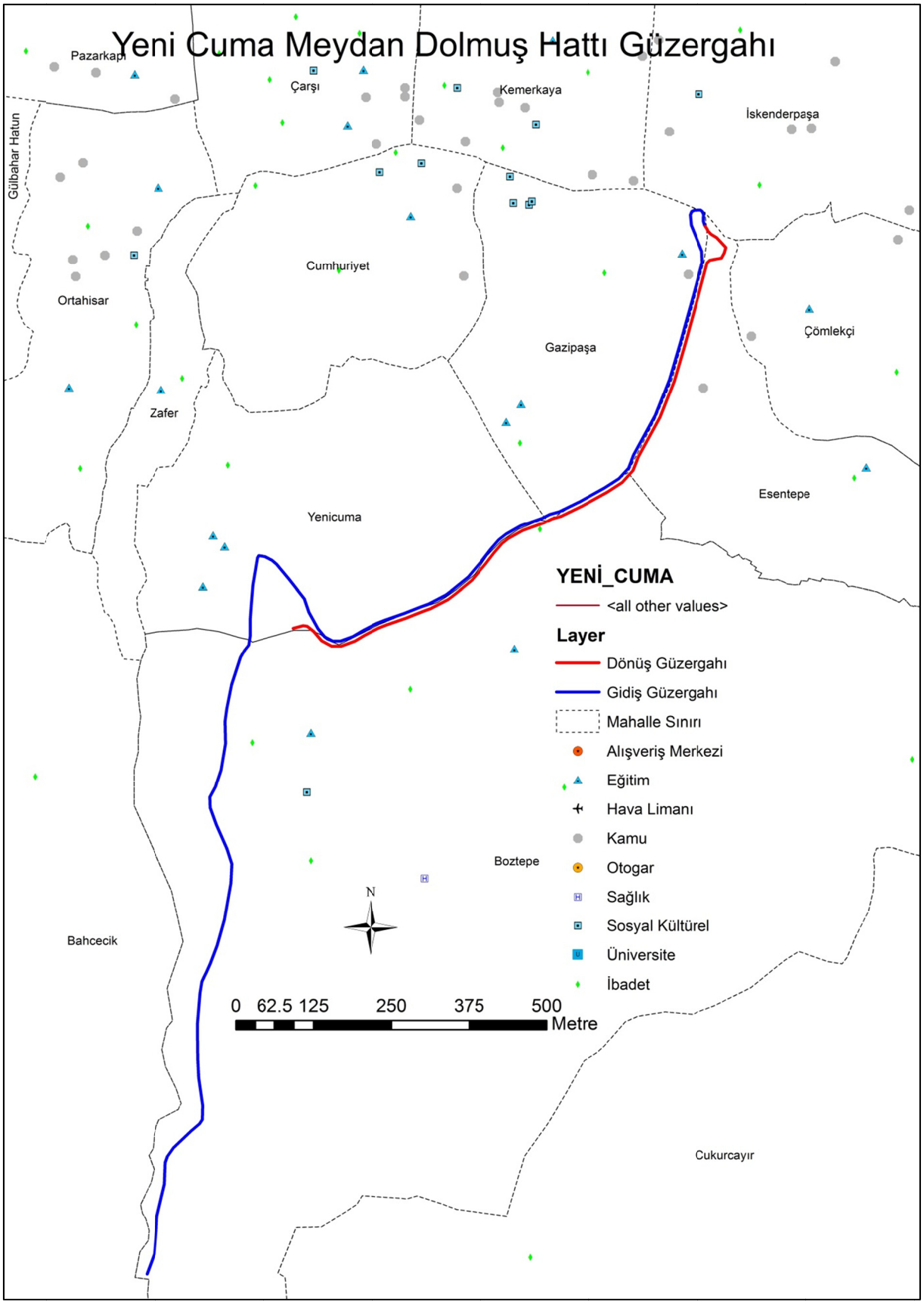

Ek Şekil 14. Forum-Tesisler - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri



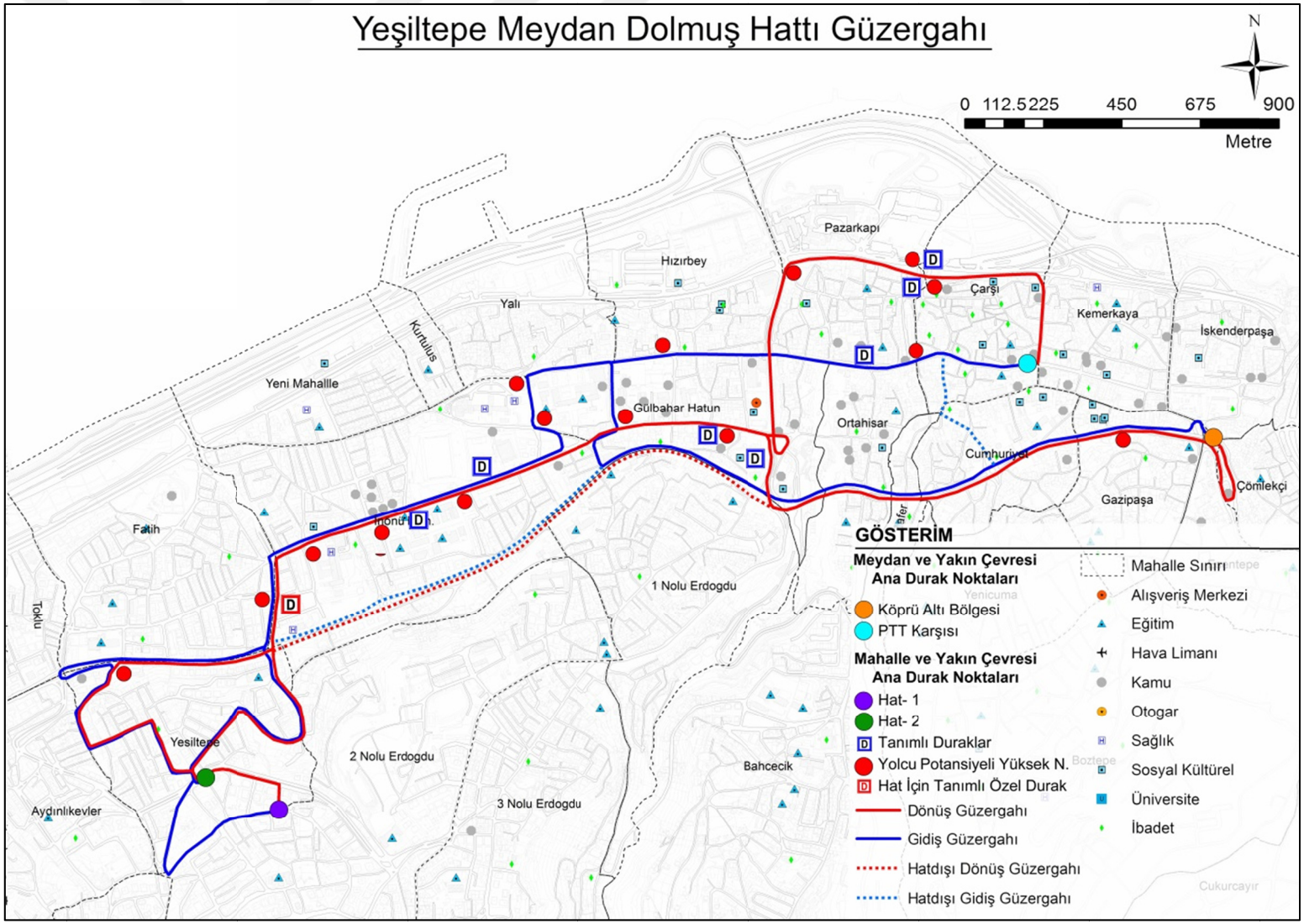

Ek Şekil 15. Tıp Fakültesi - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri




Ek Şekil 16. Yeni Mahalle - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri




Ek Şekil 17. Yeni Cuma - Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri




Ek Şekil 18. Yeşiltepe- Meydan Dolmuş durağı güzergâh bilgileri

Ek Tablo 4. Birinci YSA modellerine göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 1121,04 | -0,04 | 847 | 851,36 | -4,36 | 851 | 851,00 | 0,00 |
| 667 | 667,02 | -0,02 | 823 | 824,11 | -1,11 | 941 | 940,99 | 0,01 |
| 896 | 895,81 | 0,19 | 788 | 787,02 | 0,98 | 1181 | 1181,02 | -0,02 |
| 544 | 544,01 | -0,01 | 901 | 885,21 | 15,79 | 1059 | 1059,02 | -0,02 |
| 1119 | 1119,01 | -0,01 | 798 | 799,67 | -1,67 | 903 | 903,60 | -0,60 |
| 715 | 715,07 | -0,07 | 769 | 771,58 | -2,58 | 831 | 830,95 | 0,05 |
| 664 | 664,01 | -0,01 | 1121 | 1120,43 | 0,57 | 737 | 739,16 | -2,16 |
| 716 | 716,00 | 0,00 | 944 | 947,28 | -3,28 | 1243 | 1243,00 | 0,00 |
| 531 | 530,96 | 0,04 | 947 | 934,51 | 12,49 | 1074 | 1072,90 | 1,10 |
| 1001 | 1001,09 | -0,09 | 1091 | 1093,15 | -2,15 | 1061 | 1061,01 | -0,01 |
| 738 | 738,20 | -0,20 | 981 | 977,65 | 3,35 | 725 | 724,98 | 0,02 |
| 656 | 655,99 | 0,01 | 936 | 941,02 | -5,02 | 1172 | 1190,07 | -18,07 |
| 1163 | 1163,08 | -0,08 | 1124 | 1123,90 | 0,10 | 928 | 928,01 | -0,01 |
| 909 | 909,00 | 0,00 | 961 | 961,65 | -0,65 | 1107 | 1106,76 | 0,24 |
| 798 | 798,02 | -0,02 | 918 | 927,63 | -9,63 | 1371 | 1370,95 | 0,05 |
| 845 | 845,00 | 0,00 | 1009 | 1009,06 | -0,06 | 1070 | 1069,99 | 0,01 |
| 998 | 997,99 | 0,01 | 986 | 969,93 | 16,07 | 975 | 975,00 | 0,00 |
| 1045 | 1045,10 | -0,10 | 1056 | 1059,61 | -3,61 | 863 | 863,01 | -0,01 |
| 785 | 784,86 | 0,14 | 788 | 785,77 | 2,23 | 1167 | 1166,62 | 0,38 |
| 541 | 541,10 | -0,10 | 1178 | 1174,02 | 3,98 | 963 | 963,02 | -0,02 |
| 538 | 537,96 | 0,04 | 994 | 984,14 | 9,86 | 855 | 855,00 | 0,00 |
| 757 | 756,97 | 0,03 | 904 | 903,11 | 0,89 | 1145 | 1144,97 | 0,03 |
| 893 | 893,07 | -0,07 | 912 | 911,35 | 0,65 | 1374 | 1374,04 | -0,04 |
| 1162 | 1162,00 | 0,00 | 827 | 823,30 | 3,70 | 876 | 875,96 | 0,04 |
| 1049 | 1049,06 | -0,06 | 985 | 991,72 | -6,72 | 966 | 966,00 | 0,00 |
| 979 | 979,14 | -0,14 | 1143 | 1140,48 | 2,52 | 1081 | 1081,02 | -0,02 |
| 531 | 530,96 | 0,04 | 986 | 979,00 | 7,00 | 865 | 865,15 | -0,15 |
| 721 | 720,97 | 0,03 | 835 | 833,26 | 1,74 | 923 | 923,02 | -0,02 |
| 617 | 617,00 | 0,00 | 801 | 801,17 | -0,17 | 1315 | 1315,04 | -0,04 |
| 638 | 637,99 | 0,01 | 1006 | 1017,69 | -11,69 | 1451 | 1451,01 | -0,01 |
| 803 | 803,08 | -0,08 | 853 | 853,18 | -0,18 | 1361 | 1327,46 | 33,54 |
| 758 | 758,01 | -0,01 | 628 | 630,49 | -2,49 | 1112 | 1111,99 | 0,01 |
| 888 | 887,98 | 0,02 | 831 | 830,77 | 0,23 | 729 | 728,93 | 0,07 |
| 645 | 644,98 | 0,02 | 784 | 781,33 | 2,67 | 1184 | 1183,99 | 0,01 |
| 649 | 649,17 | -0,17 | 951 | 952,98 | -1,98 | 911 | 910,96 | 0,04 |
| 846 | 846,03 | -0,03 | 772 | 771,13 | 0,87 | 1101 | 1114,44 | -13,44 |
| 632 | 632,01 | -0,01 | 1015 | 1012,87 | 2,13 | 1039 | 1039,04 | -0,04 |
| 854 | 854,17 | -0,17 | 955 | 952,72 | 2,28 | 1023 | 1023,01 | -0,01 |
| 751 | 751,08 | -0,08 | 1062 | 1063,01 | -1,01 | 843 | 842,99 | 0,01 |
| 651 | 651,07 | -0,07 | 1051 | 1052,52 | -1,52 | 1218 | 1217,98 | 0,02 |

Ek Tablo 4'ün devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 581,03 | -0,03 | 1085 | 1085,76 | -0,76 | 1144 | 1144,03 | -0,03 |
| 756 | 755,93 | 0,07 | 1100 | 1100,65 | -0,65 | 962 | 962,01 | -0,01 |
| 655 | 655,09 | -0,09 | 1072 | 1070,57 | 1,43 | 1005 | 1005,01 | -0,01 |
| 715 | 715,01 | -0,01 | 973 | 971,91 | 1,09 | 1027 | 1027,03 | -0,03 |
| 789 | 788,90 | 0,10 | 1069 | 1066,30 | 2,70 | 942 | 942,00 | 0,00 |
| 758 | 757,91 | 0,09 | 1094 | 1094,33 | -0,33 | 1175 | 1174,99 | 0,01 |
| 992 | 992,02 | -0,02 | 963 | 962,97 | 0,03 | 1278 | 1277,96 | 0,04 |
| 1001 | 1000,98 | 0,02 | 977 | 976,94 | 0,06 | 941 | 941,00 | 0,00 |
| 895 | 894,96 | 0,04 | 1199 | 1200,71 | -1,71 | 804 | 803,99 | 0,01 |
| 952 | 952,45 | -0,45 | 1031 | 1031,65 | -0,65 | 827 | 826,96 | 0,04 |
| 611 | 611,01 | -0,01 | 1056 | 1058,32 | -2,32 | 1043 | 1043,00 | 0,00 |
| 625 | 624,95 | 0,05 | 922 | 923,97 | -1,97 | 697 | 696,99 | 0,01 |
| 621 | 620,98 | 0,02 | 956 | 964,38 | -8,38 | 735 | 734,98 | 0,02 |
| 1041 | 1040,94 | 0,06 | 1047 | 1047,53 | -0,53 | 966 | 966,01 | -0,01 |
| 928 | 927,94 | 0,06 | 1169 | 1171,20 | -2,20 | 769 | 769,00 | 0,00 |
| 747 | 746,97 | 0,03 | 1241 | 1241,17 | -0,17 | 801 | 800,97 | 0,03 |

Ek Tablo 5. Birinci YSA bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 845,55 | 1,45 | 851 | 851,28 | -0,28 | 1121 | 1121,00 | 9,55 |
| 823 | 823,28 | -0,28 | 941 | 941,13 | -0,13 | 667 | 667,00 | 1,29 |
| 788 | 793,21 | -5,21 | 1181 | 1180,79 | 0,21 | 896 | 896,00 | -1,18 |
| 901 | 907,72 | -6,72 | 1059 | 1058,07 | 0,93 | 544 | 544,00 | 0,13 |
| 798 | 796,67 | 1,33 | 903 | 908,21 | -5,21 | 1119 | 1119,00 | 1,63 |
| 769 | 765,63 | 3,37 | 831 | 830,77 | 0,23 | 715 | 715,00 | 0,44 |
| 1121 | 1114,32 | 6,68 | 737 | 726,64 | 10,36 | 664 | 664,00 | 0,64 |
| 944 | 947,97 | -3,97 | 1243 | 1242,55 | 0,45 | 716 | 716,00 | -2,25 |
| 947 | 938,81 | 8,19 | 1074 | 1076,09 | -2,09 | 531 | 531,00 | 1,39 |
| 1091 | 1095,16 | -4,16 | 1061 | 1060,04 | 0,96 | 1001 | 1001,00 | -2,36 |
| 981 | 979,69 | 1,31 | 725 | 724,60 | 0,40 | 738 | 738,00 | -4,63 |
| 936 | 939,03 | -3,03 | 1172 | 1161,52 | 10,48 | 656 | 656,00 | -0,58 |
| 1124 | 1122,62 | 1,38 | 928 | 928,94 | -0,94 | 1163 | 1163,00 | -0,25 |
| 961 | 957,22 | 3,78 | 1107 | 1104,49 | 2,51 | 909 | 909,00 | -0,09 |
| 918 | 929,75 | -11,75 | 1371 | 1372,84 | -1,84 | 798 | 798,00 | -1,56 |
| 1009 | 1005,07 | 3,93 | 1070 | 1070,61 | -0,61 | 845 | 845,00 | -0,07 |
| 986 | 979,21 | 6,79 | 975 | 975,20 | -0,20 | 998 | 998,00 | 15,29 |
| 1056 | 1050,56 | 5,44 | 863 | 863,39 | -0,39 | 1045 | 1045,00 | 1,86 |
| 788 | 783,90 | 4,10 | 1167 | 1152,05 | 14,95 | 785 | 785,00 | 3,75 |
| 1178 | 1172,89 | 5,11 | 963 | 964,55 | -1,55 | 541 | 541,00 | -1,85 |
| 994 | 986,08 | 7,92 | 855 | 854,85 | 0,15 | 538 | 538,00 | 0,15 |
| 904 | 898,39 | 5,61 | 1145 | 1145,59 | -0,59 | 757 | 757,00 | -1,33 |

Ek Tablo 5'in devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 912 | 915,16 | -3,16 | 1374 | 1372,85 | 1,15 | 893 | 893,00 | -0,24 |
| 827 | 821,60 | 5,40 | 876 | 875,71 | 0,29 | 1162 | 1162,00 | 0,20 |
| 985 | 998,43 | -13,43 | 966 | 965,48 | 0,52 | 1049 | 1049,00 | 0,00 |
| 1143 | 1137,93 | 5,07 | 1081 | 1078,55 | 2,45 | 979 | 979,00 | -3,36 |
| 986 | 984,50 | 1,50 | 865 | 866,61 | -1,61 | 531 | 531,00 | -0,23 |
| 835 | 828,33 | 6,67 | 923 | 922,52 | 0,48 | 721 | 721,00 | 1,55 |
| 801 | 800,61 | 0,39 | 1315 | 1315,03 | -0,03 | 617 | 617,00 | 0,14 |
| 1006 | 1004,89 | 1,11 | 1451 | 1452,43 | -1,43 | 638 | 638,00 | -0,27 |
| 853 | 852,09 | 0,91 | 1361 | 1362,57 | -1,57 | 803 | 803,00 | -6,34 |
| 628 | 623,64 | 4,36 | 1112 | 1111,24 | 0,76 | 758 | 758,00 | 0,57 |
| 831 | 829,55 | 1,45 | 729 | 728,48 | 0,52 | 888 | 888,00 | 0,61 |
| 784 | 783,28 | 0,72 | 1184 | 1184,36 | -0,36 | 645 | 645,00 | 1,95 |
| 951 | 954,61 | -3,61 | 911 | 913,04 | -2,04 | 649 | 649,00 | 0,77 |
| 772 | 773,18 | -1,18 | 1101 | 1294,51 | -193,51 | 846 | 846,00 | -0,19 |
| 1015 | 1014,45 | 0,55 | 1039 | 1039,49 | -0,49 | 632 | 632,00 | 0,35 |
| 955 | 956,26 | -1,26 | 1023 | 1022,88 | 0,12 | 854 | 854,00 | 0,57 |
| 1062 | 1060,79 | 1,21 | 843 | 842,82 | 0,18 | 751 | 751,00 | 0,64 |
| 1051 | 1049,51 | 1,49 | 1218 | 1218,07 | -0,07 | 651 | 651,00 | -0,26 |
| 1085 | 1084,79 | 0,21 | 1144 | 1146,29 | -2,29 | 581 | 581,00 | 1,98 |
| 1100 | 1099,06 | 0,94 | 962 | 962,93 | -0,93 | 756 | 756,00 | -3,59 |
| 1072 | 1072,12 | -0,12 | 1005 | 1005,34 | -0,33 | 655 | 655,00 | -0,06 |
| 973 | 974,16 | -1,16 | 1027 | 1026,77 | 0,23 | 715 | 715,00 | -0,48 |
| 1069 | 1070,51 | -1,51 | 942 | 942,05 | -0,05 | 789 | 789,00 | -1,57 |
| 1094 | 1093,32 | 0,68 | 1175 | 1173,71 | 1,29 | 758 | 758,00 | -0,34 |
| 963 | 963,06 | -0,06 | 1278 | 1275,33 | 2,67 | 992 | 992,00 | 1,26 |
| 977 | 977,38 | -0,38 | 941 | 941,30 | -0,30 | 1001 | 1001,00 | -1,05 |
| 1199 | 1197,96 | 1,04 | 804 | 803,37 | 0,63 | 895 | 895,00 | 0,33 |
| 1031 | 1031,93 | -0,93 | 827 | 828,02 | -1,02 | 952 | 952,00 | -2,70 |
| 1056 | 1057,00 | -1,00 | 1043 | 1043,12 | -0,12 | 611 | 611,00 | 1,37 |
| 922 | 921,80 | 0,20 | 697 | 696,28 | 0,72 | 625 | 625,00 | 0,13 |
| 956 | 958,30 | -2,30 | 735 | 735,97 | -0,97 | 621 | 621,00 | 0,30 |
| 1047 | 1047,36 | -0,36 | 966 | 966,54 | -0,54 | 1041 | 1041,00 | -0,89 |
| 1169 | 1168,65 | 0,35 | 769 | 769,70 | -0,70 | 928 | 928,00 | -1,00 |
| 1241 | 1241,44 | -0,44 | 801 | 802,17 | -1,17 | 747 | 747,00 | -1,37 |

Ek Tablo 6. İkinci YSA modellerine göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 1122,67 | -1,67 | 847 | 843,07 | 3,93 | 851 | 852,55 | -1,55 |
| 667 | 666,97 | 0,03 | 823 | 823,80 | -0,80 | 941 | 944,48 | -3,48 |
| 896 | 895,99 | 0,01 | 788 | 785,64 | 2,36 | 1181 | 1159,76 | 21,24 |
| 544 | 544,00 | 0,00 | 901 | 825,78 | 75,22 | 1059 | 1147,57 | -88,57 |
| 1119 | 1119,03 | -0,03 | 798 | 795,80 | 2,20 | 903 | 955,28 | -52,28 |
| 715 | 715,01 | -0,01 | 769 | 767,23 | 1,77 | 831 | 837,44 | -6,44 |
| 664 | 664,00 | 0,00 | 1121 | 1119,76 | 1,24 | 737 | 811,28 | -74,28 |
| 716 | 716,00 | 0,00 | 944 | 945,42 | -1,42 | 1243 | 1237,35 | 5,65 |
| 531 | 531,00 | 0,00 | 947 | 941,85 | 5,15 | 1074 | 1012,92 | 61,08 |
| 1001 | 1001,00 | 0,00 | 1091 | 1091,84 | -0,84 | 1061 | 1048,21 | 12,79 |
| 738 | 738,01 | -0,01 | 981 | 981,07 | -0,07 | 725 | 724,20 | 0,80 |
| 656 | 656,00 | 0,00 | 936 | 935,43 | 0,57 | 1172 | 1216,62 | -44,62 |
| 1163 | 1163,01 | -0,01 | 1124 | 1123,10 | 0,90 | 928 | 925,16 | 2,84 |
| 909 | 909,00 | 0,00 | 961 | 960,70 | 0,30 | 1107 | 1074,77 | 32,23 |
| 798 | 798,00 | 0,00 | 918 | 923,57 | -5,57 | 1371 | 1281,82 | 89,18 |
| 845 | 845,01 | -0,01 | 1009 | 1009,66 | -0,66 | 1070 | 1066,37 | 3,63 |
| 998 | 998,00 | 0,00 | 986 | 970,77 | 15,23 | 975 | 973,01 | 1,99 |
| 1045 | 1045,01 | -0,01 | 1056 | 1057,56 | -1,56 | 863 | 861,06 | 1,94 |
| 785 | 785,00 | 0,00 | 788 | 788,05 | -0,05 | 1167 | 1104,19 | 62,81 |
| 541 | 541,00 | 0,00 | 1178 | 1178,60 | -0,60 | 963 | 957,08 | 5,92 |
| 538 | 538,00 | 0,00 | 994 | 989,64 | 4,36 | 855 | 843,77 | 11,23 |
| 757 | 757,00 | 0,00 | 904 | 895,26 | 8,74 | 1145 | 1145,38 | -0,38 |
| 893 | 893,00 | 0,00 | 912 | 911,25 | 0,75 | 1374 | 1341,20 | 32,80 |
| 1162 | 1162,01 | -0,01 | 827 | 821,45 | 5,55 | 876 | 919,99 | -43,99 |
| 1049 | 1049,00 | 0,00 | 985 | 1003,24 | -18,24 | 966 | 959,42 | 6,58 |
| 979 | 978,99 | 0,01 | 1143 | 1143,21 | -0,21 | 1081 | 1065,43 | 15,57 |
| 531 | 531,00 | 0,00 | 986 | 988,25 | -2,25 | 865 | 868,52 | -3,52 |
| 721 | 721,00 | 0,00 | 835 | 831,93 | 3,07 | 923 | 923,50 | -0,50 |
| 617 | 617,00 | 0,00 | 801 | 800,18 | 0,82 | 1315 | 1302,71 | 12,29 |
| 638 | 638,00 | 0,00 | 1006 | 1007,94 | -1,94 | 1451 | 1496,92 | -45,92 |
| 803 | 802,98 | 0,02 | 853 | 854,49 | -1,49 | 1361 | 1503,98 | -142,98 |
| 758 | 758,00 | 0,00 | 628 | 630,10 | -2,10 | 1112 | 1130,49 | -18,49 |
| 888 | 887,99 | 0,01 | 831 | 830,86 | 0,14 | 729 | 733,63 | -4,63 |
| 645 | 645,00 | 0,00 | 784 | 783,63 | 0,37 | 1184 | 1197,93 | -13,93 |
| 649 | 649,01 | -0,01 | 951 | 952,34 | -1,34 | 911 | 914,10 | -3,10 |
| 846 | 846,01 | -0,01 | 772 | 771,42 | 0,58 | 1101 | 1152,25 | -51,25 |
| 632 | 632,00 | 0,00 | 1015 | 1014,80 | 0,20 | 1039 | 1037,40 | 1,60 |
| 854 | 854,01 | -0,01 | 955 | 954,77 | 0,23 | 1023 | 1013,71 | 9,29 |
| 751 | 751,00 | 0,00 | 1062 | 1059,80 | 2,20 | 843 | 835,90 | 7,10 |
| 651 | 651,00 | 0,00 | 1051 | 1049,52 | 1,48 | 1218 | 1228,16 | -10,16 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 581,00 | 0,00 | 1085 | 1085,22 | -0,22 | 1144 | 1167,90 | -23,90 |
| 756 | 756,01 | -0,01 | 1100 | 1100,36 | -0,36 | 962 | 962,15 | -0,15 |
| 655 | 655,00 | 0,00 | 1072 | 1070,79 | 1,21 | 1005 | 999,59 | 5,41 |
| 715 | 715,00 | 0,00 | 973 | 974,44 | -1,44 | 1027 | 1020,07 | 6,93 |
| 789 | 789,01 | -0,01 | 1069 | 1072,24 | -3,24 | 942 | 953,66 | -11,66 |
| 758 | 758,00 | 0,00 | 1094 | 1093,84 | 0,16 | 1175 | 1178,13 | -3,13 |
| 992 | 998,19 | -6,19 | 963 | 963,13 | -0,13 | 1278 | 1274,46 | 3,54 |
| 1001 | 1001,00 | 0,00 | 977 | 977,50 | -0,50 | 941 | 939,94 | 1,06 |
| 895 | 895,00 | 0,00 | 1199 | 1199,45 | -0,45 | 804 | 789,86 | 14,14 |
| 952 | 952,00 | 0,00 | 1031 | 1030,90 | 0,10 | 827 | 838,46 | -11,46 |
| 611 | 611,00 | 0,00 | 1056 | 1057,14 | -1,14 | 1043 | 912,65 | 130,35 |
| 625 | 625,01 | -0,01 | 922 | 921,92 | 0,08 | 697 | 696,57 | 0,43 |
| 621 | 621,00 | 0,00 | 956 | 956,39 | -0,39 | 735 | 746,90 | -11,90 |
| 1041 | 1041,01 | -0,01 | 1047 | 1045,92 | 1,08 | 966 | 849,31 | 116,69 |
| 928 | 928,00 | 0,00 | 1169 | 1169,96 | -0,96 | 769 | 772,38 | -3,38 |
| 747 | 747,00 | 0,00 | 1241 | 1240,69 | 0,31 | 801 | 806,49 | -5,49 |

Ek Tablo 7. İkinci YSA bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 841,48 | 5,52 | 851 | 848,43 | 2,57 | 1121 | 1117,70 | 3,30 |
| 823 | 823,04 | -0,04 | 941 | 940,80 | 0,20 | 667 | 662,54 | 4,46 |
| 788 | 820,82 | -32,82 | 1181 | 1187,58 | -6,58 | 896 | 893,58 | 2,42 |
| 901 | 843,70 | 57,30 | 1059 | 1134,52 | -75,52 | 544 | 540,17 | 3,83 |
| 798 | 815,86 | -17,86 | 903 | 937,06 | -34,06 | 1119 | 1115,09 | 3,91 |
| 769 | 801,06 | -32,06 | 831 | 825,73 | 5,27 | 715 | 729,01 | -14,01 |
| 1121 | 1123,97 | -2,97 | 737 | 1013,97 | -276,97 | 664 | 655,70 | 8,30 |
| 944 | 952,87 | -8,87 | 1243 | 1235,88 | 7,12 | 716 | 728,49 | -12,49 |
| 947 | 933,80 | 13,20 | 1074 | 1227,08 | -153,08 | 531 | 533,57 | -2,57 |
| 1091 | 1095,40 | -4,40 | 1061 | 1067,87 | -6,87 | 1001 | 986,41 | 14,59 |
| 981 | 978,02 | 2,98 | 725 | 722,82 | 2,18 | 738 | 729,65 | 8,35 |
| 936 | 929,67 | 6,33 | 1172 | 1238,12 | -66,12 | 656 | 659,47 | -3,47 |
| 1124 | 1134,17 | -10,17 | 928 | 923,38 | 4,62 | 1163 | 1174,89 | -11,89 |
| 961 | 963,42 | -2,42 | 1107 | 1108,07 | -1,07 | 909 | 915,33 | -6,33 |
| 918 | 931,55 | -13,55 | 1371 | 1374,78 | -3,78 | 798 | 794,70 | 3,30 |
| 1009 | 1009,64 | -0,64 | 1070 | 1075,51 | -5,51 | 845 | 849,00 | -4,00 |
| 986 | 970,35 | 15,65 | 975 | 974,93 | 0,07 | 998 | 984,00 | 14,00 |
| 1056 | 1068,54 | -12,54 | 863 | 858,48 | 4,52 | 1045 | 1037,38 | 7,62 |
| 788 | 782,05 | 5,95 | 1167 | 1010,48 | 156,52 | 785 | 775,85 | 9,15 |
| 1178 | 1169,34 | 8,66 | 963 | 953,71 | 9,29 | 541 | 535,91 | 5,09 |
| 994 | 983,85 | 10,15 | 855 | 841,67 | 13,33 | 538 | 543,54 | -5,54 |
| 904 | 893,77 | 10,23 | 1145 | 1134,89 | 10,11 | 757 | 766,82 | -9,82 |
| 912 | 913,51 | -1,51 | 1374 | 1389,18 | -15,18 | 893 | 888,70 | 4,30 |

Ek Tablo 7'nin devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 827 | 817,69 | 9,31 | 876 | 941,41 | -65,41 | 1162 | 1180,48 | -18,48 |
| 985 | 997,69 | -12,69 | 966 | 967,42 | -1,42 | 1049 | 1050,08 | -1,08 |
| 1143 | 1128,53 | 14,47 | 1081 | 1073,19 | 7,81 | 979 | 987,04 | -8,04 |
| 986 | 981,81 | 4,19 | 865 | 868,70 | -3,70 | 531 | 537,92 | -6,92 |
| 835 | 837,00 | -2,00 | 923 | 919,47 | 3,53 | 721 | 720,67 | 0,33 |
| 801 | 794,30 | 6,70 | 1315 | 1321,75 | -6,75 | 617 | 613,67 | 3,33 |
| 1006 | 1001,46 | 4,54 | 1451 | 1412,35 | 38,65 | 638 | 635,85 | 2,15 |
| 853 | 861,11 | -8,11 | 1361 | 1454,39 | -93,39 | 803 | 802,61 | 0,39 |
| 628 | 608,33 | 19,67 | 1112 | 1109,78 | 2,22 | 758 | 758,80 | -0,80 |
| 831 | 840,18 | -9,18 | 729 | 729,63 | -0,63 | 888 | 884,33 | 3,67 |
| 784 | 778,52 | 5,48 | 1184 | 1167,63 | 16,37 | 645 | 639,28 | 5,72 |
| 951 | 968,79 | -17,79 | 911 | 908,47 | 2,53 | 649 | 642,27 | 6,73 |
| 772 | 766,76 | 5,24 | 1101 | 1295,89 | -194,89 | 846 | 850,17 | -4,17 |
| 1015 | 1008,81 | 6,19 | 1039 | 1041,08 | -2,08 | 632 | 632,17 | -0,17 |
| 955 | 956,11 | -1,11 | 1023 | 1021,81 | 1,19 | 854 | 865,35 | -11,35 |
| 1062 | 1053,77 | 8,23 | 843 | 837,54 | 5,46 | 751 | 751,41 | -0,41 |
| 1051 | 1051,09 | -0,09 | 1218 | 1220,83 | -2,83 | 651 | 635,86 | 15,14 |
| 1085 | 1084,90 | 0,10 | 1144 | 1126,41 | 17,59 | 581 | 579,05 | 1,95 |
| 1100 | 1104,13 | -4,13 | 962 | 952,86 | 9,14 | 756 | 762,50 | -6,50 |
| 1072 | 1065,57 | 6,43 | 1005 | 998,08 | 6,92 | 655 | 655,14 | -0,14 |
| 973 | 982,67 | -9,67 | 1027 | 1019,78 | 7,22 | 715 | 695,72 | 19,28 |
| 1069 | 1063,14 | 5,86 | 942 | 943,41 | -1,41 | 789 | 797,69 | -8,69 |
| 1094 | 1091,58 | 2,42 | 1175 | 1175,39 | -0,39 | 758 | 760,96 | -2,96 |
| 963 | 961,07 | 1,93 | 1278 | 1271,41 | 6,59 | 992 | 986,65 | 5,35 |
| 977 | 974,96 | 2,04 | 941 | 927,96 | 13,04 | 1001 | 1009,89 | -8,89 |
| 1199 | 1200,28 | -1,28 | 804 | 795,32 | 8,68 | 895 | 897,95 | -2,95 |
| 1031 | 1030,93 | 0,07 | 827 | 821,52 | 5,48 | 952 | 964,74 | -12,74 |
| 1056 | 1062,82 | -6,82 | 1043 | 906,40 | 136,60 | 611 | 606,08 | 4,92 |
| 922 | 916,10 | 5,90 | 697 | 696,57 | 0,43 | 625 | 617,65 | 7,35 |
| 956 | 977,06 | -21,06 | 735 | 732,92 | 2,08 | 621 | 622,29 | -1,29 |
| 1047 | 1046,44 | 0,56 | 966 | 839,84 | 126,16 | 1041 | 1044,12 | -3,12 |
| 1169 | 1170,67 | -1,67 | 769 | 774,64 | -5,64 | 928 | 940,97 | -12,97 |
| 1241 | 1241,24 | -0,24 | 801 | 803,92 | -2,92 | 747 | 750,93 | -3,93 |

Ek Tablo 8. Üçüncü YSA modellerine göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 1080,32 | 40,68 | 847 | 907,37 | -60,37 | 851 | 935,65 | -84,65 |
| 667 | 706,94 | -39,94 | 823 | 873,92 | -50,92 | 941 | 986,84 | -45,84 |
| 896 | 855,20 | 40,80 | 788 | 724,09 | 63,91 | 1181 | 1290,16 | -109,16 |
| 544 | 600,17 | -56,17 | 901 | 902,82 | -1,82 | 1059 | 1113,22 | -54,22 |
| 1119 | 1017,13 | 101,87 | 798 | 880,03 | -82,03 | 903 | 695,24 | 207,76 |
| 715 | 718,65 | -3,65 | 769 | 888,16 | -119,16 | 831 | 867,31 | -36,31 |
| 664 | 659,61 | 4,39 | 1121 | 1044,58 | 76,42 | 737 | 828,36 | -91,36 |
| 716 | 676,90 | 39,10 | 944 | 927,19 | 16,81 | 1243 | 1220,98 | 22,02 |
| 531 | 526,15 | 4,85 | 947 | 939,92 | 7,08 | 1074 | 841,40 | 232,60 |
| 1001 | 1037,91 | -36,91 | 1091 | 1139,93 | -48,93 | 1061 | 994,31 | 66,69 |
| 738 | 734,66 | 3,34 | 981 | 1102,71 | -121,71 | 725 | 706,31 | 18,69 |
| 656 | 749,46 | -93,46 | 936 | 1012,31 | -76,31 | 1172 | 972,47 | 199,53 |
| 1163 | 1137,80 | 25,20 | 1124 | 1027,68 | 96,32 | 928 | 981,74 | -53,74 |
| 909 | 977,26 | -68,26 | 961 | 989,97 | -28,97 | 1107 | 1229,89 | -122,89 |
| 798 | 840,38 | -42,38 | 918 | 922,45 | -4,45 | 1371 | 1056,48 | 314,52 |
| 845 | 891,24 | -46,24 | 1009 | 1047,66 | -38,66 | 1070 | 1077,20 | -7,20 |
| 998 | 950,08 | 47,92 | 986 | 922,41 | 63,59 | 975 | 959,31 | 15,69 |
| 1045 | 1043,50 | 1,50 | 1056 | 1071,99 | -15,99 | 863 | 891,08 | -28,08 |
| 785 | 777,19 | 7,81 | 788 | 755,03 | 32,97 | 1167 | 1273,52 | -106,52 |
| 541 | 591,43 | -50,43 | 1178 | 1112,67 | 65,33 | 963 | 887,88 | 75,12 |
| 538 | 549,68 | -11,68 | 994 | 1000,49 | -6,49 | 855 | 812,35 | 42,65 |
| 757 | 740,36 | 16,64 | 904 | 1095,26 | -191,26 | 1145 | 987,92 | 157,08 |
| 893 | 893,65 | -0,65 | 912 | 855,50 | 56,50 | 1374 | 1453,46 | -79,46 |
| 1162 | 1180,98 | -18,98 | 827 | 829,10 | -2,10 | 876 | 1069,23 | -193,23 |
| 1049 | 1145,20 | -96,20 | 985 | 852,27 | 132,73 | 966 | 925,42 | 40,58 |
| 979 | 1084,94 | -105,94 | 1143 | 1193,75 | -50,75 | 1081 | 948,94 | 132,06 |
| 531 | 588,76 | -57,76 | 986 | 1010,49 | -24,49 | 865 | 731,44 | 133,56 |
| 721 | 777,95 | -56,95 | 835 | 897,41 | -62,41 | 923 | 940,71 | -17,71 |
| 617 | 628,64 | -11,64 | 801 | 801,11 | -0,11 | 1315 | 1406,58 | -91,58 |
| 638 | 676,67 | -38,67 | 1006 | 1070,70 | -64,70 | 1451 | 1291,23 | 159,77 |
| 803 | 790,55 | 12,45 | 853 | 964,95 | -111,95 | 1361 | 1370,20 | -9,20 |
| 758 | 830,39 | -72,39 | 628 | 653,39 | -25,39 | 1112 | 1091,54 | 20,46 |
| 888 | 947,80 | -59,80 | 831 | 819,24 | 11,76 | 729 | 727,61 | 1,39 |
| 645 | 684,80 | -39,80 | 784 | 774,52 | 9,48 | 1184 | 1317,93 | -133,93 |
| 649 | 718,77 | -69,77 | 951 | 1003,79 | -52,79 | 911 | 876,66 | 34,34 |
| 846 | 851,51 | -5,51 | 772 | 741,11 | 30,89 | 1101 | 957,83 | 143,17 |
| 632 | 649,44 | -17,44 | 1015 | 1012,05 | 2,95 | 1039 | 1077,16 | -38,16 |
| 854 | 927,67 | -73,67 | 955 | 971,86 | -16,86 | 1023 | 985,82 | 37,18 |
| 751 | 605,05 | 145,95 | 1062 | 1072,02 | -10,02 | 843 | 848,33 | -5,33 |
| 651 | 634,04 | 16,96 | 1051 | 1025,95 | 25,05 | 1218 | 1114,70 | 103,30 |

Ek Tablo 8'in devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 596,71 | -15,71 | 1085 | 1067,95 | 17,05 | 1144 | 1162,51 | -18,51 |
| 756 | 794,63 | -38,63 | 1100 | 942,91 | 157,09 | 962 | 922,26 | 39,74 |
| 655 | 553,49 | 101,51 | 1072 | 988,65 | 83,35 | 1005 | 933,98 | 71,02 |
| 715 | 695,61 | 19,39 | 973 | 965,53 | 7,47 | 1027 | 974,13 | 52,87 |
| 789 | 845,97 | -56,97 | 1069 | 1119,97 | -50,97 | 942 | 1073,26 | -131,26 |
| 758 | 745,06 | 12,94 | 1094 | 1072,56 | 21,44 | 1175 | 1067,26 | 107,74 |
| 992 | 730,27 | 261,73 | 963 | 915,81 | 47,19 | 1278 | 1085,35 | 192,65 |
| 1001 | 864,85 | 136,15 | 977 | 945,54 | 31,46 | 941 | 894,21 | 46,79 |
| 895 | 903,75 | -8,75 | 1199 | 1161,36 | 37,64 | 804 | 788,77 | 15,23 |
| 952 | 871,72 | 80,28 | 1031 | 1111,64 | -80,64 | 827 | 841,95 | -14,95 |
| 611 | 621,01 | -10,01 | 1056 | 1024,64 | 31,36 | 1043 | 1087,14 | -44,14 |
| 625 | 614,66 | 10,34 | 922 | 971,00 | -49,00 | 697 | 763,55 | -66,55 |
| 621 | 612,87 | 8,13 | 956 | 1022,11 | -66,11 | 735 | 792,55 | -57,55 |
| 1041 | 1030,53 | 10,47 | 1047 | 1016,62 | 30,38 | 966 | 899,79 | 66,21 |
| 928 | 956,92 | -28,92 | 1169 | 1113,67 | 55,33 | 769 | 817,23 | -48,23 |
| 747 | 806,81 | -59,81 | 1241 | 1164,20 | 76,80 | 801 | 809,18 | -8,18 |

Ek Tablo 9. Üçüncü YSA bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 841.07 | 5.93 | 851 | 912.43 | -61.43 | 1121 | 1139.19 | -18.19 |
| 823 | 836.01 | -13.01 | 941 | 1059.01 | -118.01 | 667 | 686.53 | -19.53 |
| 788 | 799.67 | -11.67 | 1181 | 1292.42 | -111.42 | 896 | 841.96 | 54.04 |
| 901 | 857.46 | 43.54 | 1059 | 1104.65 | -45.65 | 544 | 561.88 | -17.88 |
| 798 | 822.29 | -24.29 | 903 | 797.25 | 105.75 | 1119 | 1075.09 | 43.91 |
| 769 | 844.83 | -75.83 | 831 | 943.18 | -112.18 | 715 | 737.03 | -22.03 |
| 1121 | 1086.79 | 34.21 | 737 | 907.84 | -170.84 | 664 | 627.73 | 36.27 |
| 944 | 928.91 | 15.09 | 1243 | 1188.81 | 54.19 | 716 | 662.44 | 53.56 |
| 947 | 923.42 | 23.58 | 1074 | 1248.52 | -174.52 | 531 | 513.84 | 17.16 |
| 1091 | 1136.16 | -45.16 | 1061 | 1007.10 | 53.90 | 1001 | 1099.46 | -98.46 |
| 981 | 1098.17 | -117.17 | 725 | 684.01 | 40.99 | 738 | 711.94 | 26.06 |
| 936 | 1026.40 | -90.40 | 1172 | 1131.90 | 40.10 | 656 | 693.08 | -37.08 |
| 1124 | 1071.42 | 52.58 | 928 | 1002.16 | -74.16 | 1163 | 1207.50 | -44.50 |
| 961 | 1018.33 | -57.33 | 1107 | 1250.51 | -143.51 | 909 | 977.74 | -68.74 |
| 918 | 926.11 | -8.11 | 1371 | 1171.40 | 199.60 | 798 | 816.13 | -18.13 |
| 1009 | 1031.19 | -22.19 | 1070 | 1115.09 | -45.09 | 845 | 894.29 | -49.29 |
| 986 | 964.48 | 21.52 | 975 | 954.20 | 20.80 | 998 | 856.60 | 141.40 |
| 1056 | 1152.87 | -96.87 | 863 | 907.44 | -44.44 | 1045 | 1039.24 | 5.76 |
| 788 | 781.71 | 6.29 | 1167 | 1251.38 | -84.38 | 785 | 776.21 | 8.79 |
| 1178 | 1107.76 | 70.24 | 963 | 908.09 | 54.91 | 541 | 616.35 | -75.35 |
| 994 | 1018.46 | -24.46 | 855 | 763.90 | 91.10 | 538 | 536.50 | 1.50 |
| 904 | 1022.03 | -118.03 | 1145 | 956.53 | 188.47 | 757 | 742.86 | 14.14 |

Ek Tablo 9'un devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 912 | 864.49 | 47.51 | 1374 | 1332.77 | 41.23 | 893 | 884.58 | 8.42 |
| 827 | 850.97 | -23.97 | 876 | 1067.08 | -191.08 | 1162 | 1191.25 | -29.25 |
| 985 | 842.53 | 142.47 | 966 | 959.83 | 6.17 | 1049 | 1150.02 | -101.02 |
| 1143 | 1169.49 | -26.49 | 1081 | 936.75 | 144.25 | 979 | 1052.49 | -73.49 |
| 986 | 976.80 | 9.20 | 865 | 745.43 | 119.57 | 531 | 642.28 | -111.28 |
| 835 | 874.77 | -39.77 | 923 | 885.28 | 37.72 | 721 | 767.46 | -46.46 |
| 801 | 829.29 | -28.29 | 1315 | 1398.04 | -83.04 | 617 | 627.20 | -10.20 |
| 1006 | 1027.70 | -21.70 | 1451 | 1236.39 | 214.61 | 638 | 674.82 | -36.82 |
| 853 | 936.61 | -83.61 | 1361 | 1390.65 | -29.65 | 803 | 806.50 | -3.50 |
| 628 | 650.38 | -22.38 | 1112 | 1072.72 | 39.28 | 758 | 804.52 | -46.52 |
| 831 | 818.04 | 12.96 | 729 | 688.69 | 40.31 | 888 | 917.53 | -29.53 |
| 784 | 733.32 | 50.68 | 1184 | 1251.60 | -67.60 | 645 | 682.41 | -37.41 |
| 951 | 982.77 | -31.77 | 911 | 951.49 | -40.49 | 649 | 732.23 | -83.23 |
| 772 | 786.86 | -14.86 | 1101 | 1332.63 | -231.63 | 846 | 810.61 | 35.39 |
| 1015 | 989.55 | 25.45 | 1039 | 1100.29 | -61.29 | 632 | 643.14 | -11.14 |
| 955 | 956.31 | -1.31 | 1023 | 955.74 | 67.26 | 854 | 929.54 | -75.54 |
| 1062 | 1051.08 | 10.92 | 843 | 832.24 | 10.76 | 751 | 622.31 | 128.69 |
| 1051 | 1036.66 | 14.34 | 1218 | 1104.91 | 113.09 | 651 | 677.65 | -26.65 |
| 1085 | 1052.41 | 32.59 | 1144 | 1205.59 | -61.59 | 581 | 598.04 | -17.04 |
| 1100 | 984.56 | 115.44 | 962 | 980.02 | -18.02 | 756 | 755.24 | 0.76 |
| 1072 | 995.67 | 76.33 | 1005 | 950.15 | 54.85 | 655 | 575.05 | 79.95 |
| 973 | 951.59 | 21.41 | 1027 | 978.54 | 48.46 | 715 | 725.83 | -10.83 |
| 1069 | 1036.47 | 32.53 | 942 | 991.16 | -49.16 | 789 | 782.09 | 6.91 |
| 1094 | 1064.32 | 29.68 | 1175 | 1060.04 | 114.96 | 758 | 739.93 | 18.07 |
| 963 | 912.58 | 50.42 | 1278 | 1082.28 | 195.72 | 992 | 809.10 | 182.90 |
| 977 | 950.70 | 26.30 | 941 | 934.76 | 6.24 | 1001 | 915.69 | 85.31 |
| 1199 | 1125.96 | 73.04 | 804 | 815.18 | -11.18 | 895 | 951.95 | -56.95 |
| 1031 | 1076.12 | -45.12 | 827 | 831.73 | -4.73 | 952 | 902.69 | 49.31 |
| 1056 | 1054.98 | 1.02 | 1043 | 1044.80 | -1.80 | 611 | 626.87 | -15.87 |
| 922 | 954.78 | -32.78 | 697 | 749.76 | -52.76 | 625 | 615.30 | 9.70 |
| 956 | 1026.14 | -70.14 | 735 | 744.19 | -9.19 | 621 | 592.39 | 28.61 |
| 1047 | 995.28 | 51.72 | 966 | 918.92 | 47.08 | 1041 | 1079.58 | -38.58 |
| 1169 | 1109.52 | 59.48 | 769 | 848.03 | -79.03 | 928 | 927.23 | 0.77 |
| 1241 | 1185.47 | 55.53 | 801 | 812.89 | -11.89 | 747 | 731.87 | 15.13 |

Ek Tablo 10. Dördüncü YSA modellerine göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 986.87 | 134.13 | 847 | 1095.28 | -248.28 | 851 | 970.20 | -119.20 |
| 667 | 912.80 | -245.80 | 823 | 1095.28 | -272.28 | 941 | 1039.82 | -98.82 |
| 896 | 734.57 | 161.43 | 788 | 1063.23 | -275.23 | 1181 | 1039.82 | 141.18 |
| 544 | 622.99 | -78.99 | 901 | 810.35 | 90.65 | 1059 | 970.20 | 88.80 |
| 1119 | 968.99 | 150.01 | 798 | 1002.62 | -204.62 | 903 | 840.73 | 62.27 |
| 715 | 595.76 | 119.24 | 769 | 1002.62 | -233.62 | 831 | 1047.60 | -216.60 |
| 664 | 739.40 | -75.40 | 1121 | 921.33 | 199.67 | 737 | 1327.92 | -590.92 |
| 716 | 923.27 | -207.27 | 944 | 921.33 | 22.67 | 1243 | 970.20 | 272.80 |
| 531 | 776.48 | -245.48 | 947 | 921.33 | 25.67 | 1074 | 1327.92 | -253.92 |
| 1001 | 819.06 | 181.94 | 1091 | 921.33 | 169.67 | 1061 | 970.20 | 90.80 |
| 738 | 734.57 | 3.43 | 981 | 986.51 | -5.51 | 725 | 970.20 | -245.20 |
| 656 | 776.48 | -120.48 | 936 | 986.51 | -50.51 | 1172 | 1249.12 | -77.12 |
| 1163 | 979.79 | 183.21 | 1124 | 921.33 | 202.67 | 928 | 970.20 | -42.20 |
| 909 | 797.70 | 111.30 | 961 | 921.33 | 39.67 | 1107 | 1004.04 | 102.96 |
| 798 | 739.40 | 58.60 | 918 | 921.33 | -3.33 | 1371 | 1054.66 | 316.34 |
| 845 | 622.99 | 222.01 | 1009 | 921.33 | 87.67 | 1070 | 979.14 | 90.86 |
| 998 | 739.40 | 258.60 | 986 | 986.51 | -0.51 | 975 | 970.20 | 4.80 |
| 1045 | 968.99 | 76.01 | 1056 | 986.51 | 69.49 | 863 | 970.20 | -107.20 |
| 785 | 819.06 | -34.06 | 788 | 921.33 | -133.33 | 1167 | 1004.04 | 162.96 |
| 541 | 739.40 | -198.40 | 1178 | 921.33 | 256.67 | 963 | 970.20 | -7.20 |
| 538 | 622.99 | -84.99 | 994 | 921.33 | 72.67 | 855 | 970.20 | -115.20 |
| 757 | 622.99 | 134.01 | 904 | 986.51 | -82.51 | 1145 | 1039.82 | 105.18 |
| 893 | 968.99 | -75.99 | 912 | 921.33 | -9.33 | 1374 | 1047.60 | 326.40 |
| 1162 | 797.70 | 364.30 | 827 | 921.33 | -94.33 | 876 | 970.20 | -94.20 |
| 1049 | 968.99 | 80.01 | 985 | 921.33 | 63.67 | 966 | 970.20 | -4.20 |
| 979 | 923.27 | 55.73 | 1143 | 921.33 | 221.67 | 1081 | 970.20 | 110.80 |
| 531 | 595.76 | -64.76 | 986 | 921.33 | 64.67 | 865 | 840.73 | 24.27 |
| 721 | 739.40 | -18.40 | 835 | 921.33 | -86.33 | 923 | 970.20 | -47.20 |
| 617 | 622.99 | -5.99 | 801 | 810.84 | -9.84 | 1315 | 1054.47 | 260.53 |
| 638 | 622.99 | 15.01 | 1006 | 810.84 | 195.16 | 1451 | 1054.66 | 396.34 |
| 803 | 979.79 | -176.79 | 853 | 810.84 | 42.16 | 1361 | 1249.12 | 111.88 |
| 758 | 876.02 | -118.02 | 628 | 810.84 | -182.84 | 1112 | 970.20 | 141.80 |
| 888 | 923.27 | -35.27 | 831 | 810.84 | 20.16 | 729 | 970.20 | -241.20 |
| 645 | 797.70 | -152.70 | 784 | 810.84 | -26.84 | 1184 | 1039.82 | 144.18 |
| 649 | 797.70 | -148.70 | 951 | 810.84 | 140.16 | 911 | 970.20 | -59.20 |
| 846 | 739.40 | 106.60 | 772 | 810.84 | -38.84 | 1101 | 1327.92 | -226.92 |
| 632 | 622.99 | 9.01 | 1015 | 1095.28 | -80.28 | 1039 | 1039.82 | -0.82 |
| 854 | 975.08 | -121.08 | 955 | 1063.23 | -108.23 | 1023 | 970.20 | 52.80 |
| 751 | 622.99 | 128.01 | 1062 | 1063.23 | -1.23 | 843 | 970.20 | -127.20 |
| 651 | 595.76 | 55.24 | 1051 | 1063.23 | -12.23 | 1218 | 970.20 | 247.80 |

Ek Tablo 10'un devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 739.40 | -158.40 | 1085 | 1095.28 | -10.28 | 1144 | 1039.82 | 104.18 |
| 756 | 776.48 | -20.48 | 1100 | 1095.28 | 4.72 | 962 | 970.20 | -8.20 |
| 655 | 739.40 | -84.40 | 1072 | 1095.28 | -23.28 | 1005 | 979.14 | 25.86 |
| 715 | 595.76 | 119.24 | 973 | 1063.23 | -90.23 | 1027 | 979.14 | 47.86 |
| 789 | 776.48 | 12.52 | 1069 | 1063.23 | 5.77 | 942 | 1039.82 | -97.82 |
| 758 | 622.99 | 135.01 | 1094 | 1095.28 | -1.28 | 1175 | 970.20 | 204.80 |
| 992 | 986.87 | 5.13 | 963 | 1095.28 | -132.28 | 1278 | 985.10 | 292.90 |
| 1001 | 797.70 | 203.30 | 977 | 1095.28 | -118.28 | 941 | 1039.82 | -98.82 |
| 895 | 912.80 | -17.80 | 1199 | 1095.28 | 103.72 | 804 | 970.20 | -166.20 |
| 952 | 797.70 | 154.30 | 1031 | 1095.28 | -64.28 | 827 | 970.20 | -143.20 |
| 611 | 595.76 | 15.24 | 1056 | 1095.28 | -39.28 | 1043 | 970.20 | 72.80 |
| 625 | 912.80 | -287.80 | 922 | 1095.28 | -173.28 | 697 | 970.20 | -273.20 |
| 621 | 622.99 | -1.99 | 956 | 1063.23 | -107.23 | 735 | 970.20 | -235.20 |
| 1041 | 968.99 | 72.01 | 1047 | 1095.28 | -48.28 | 966 | 970.20 | -4.20 |
| 928 | 876.02 | 51.98 | 1169 | 1095.28 | 73.72 | 769 | 979.42 | -210.42 |
| 747 | 776.48 | -29.48 | 1241 | 1095.28 | 145.72 | 801 | 978.91 | -177.91 |

Ek Tablo 11. Dördüncü YSA bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 1035,73 | -188,73 | 851 | 983,29 | -132,29 | 1121 | 975,19 | 145,81 |
| 823 | 1035,73 | -212,73 | 941 | 1012,45 | -71,45 | 667 | 938,44 | -271,44 |
| 788 | 1059,17 | -271,17 | 1181 | 1012,45 | 168,55 | 896 | 694,16 | 201,84 |
| 901 | 935,64 | -34,64 | 1059 | 983,29 | 75,71 | 544 | 653,58 | -109,58 |
| 798 | 1045,73 | -247,73 | 903 | 660,16 | 242,84 | 1119 | 1011,19 | 107,81 |
| 769 | 1045,73 | -276,73 | 831 | 1012,45 | -181,45 | 715 | 698,68 | 16,32 |
| 1121 | 892,35 | 228,65 | 737 | 1504,13 | -767,13 | 664 | 728,52 | -64,52 |
| 944 | 892,35 | 51,65 | 1243 | 983,29 | 259,71 | 716 | 887,17 | -171,17 |
| 947 | 892,35 | 54,65 | 1074 | 1504,13 | -430,13 | 531 | 707,20 | -176,20 |
| 1091 | 892,35 | 198,65 | 1061 | 983,29 | 77,71 | 1001 | 936,98 | 64,02 |
| 981 | 1077,86 | -96,86 | 725 | 983,29 | -258,29 | 738 | 694,16 | 43,84 |
| 936 | 1077,86 | -141,86 | 1172 | 1161,04 | 10,96 | 656 | 707,20 | -51,20 |
| 1124 | 892,35 | 231,65 | 928 | 983,29 | -55,29 | 1163 | 993,36 | 169,64 |
| 961 | 892,35 | 68,65 | 1107 | 937,64 | 169,36 | 909 | 824,38 | 84,62 |
| 918 | 892,35 | 25,65 | 1371 | 1012,45 | 358,55 | 798 | 728,52 | 69,48 |
| 1009 | 892,35 | 116,65 | 1070 | 983,29 | 86,71 | 845 | 653,58 | 191,42 |
| 986 | 1077,86 | -91,86 | 975 | 983,29 | -8,29 | 998 | 728,52 | 269,48 |
| 1056 | 1077,86 | -21,86 | 863 | 983,29 | -120,29 | 1045 | 1011,19 | 33,81 |
| 788 | 892,35 | -104,35 | 1167 | 937,64 | 229,36 | 785 | 936,98 | -151,98 |
| 1178 | 892,35 | 285,65 | 963 | 983,29 | -20,29 | 541 | 728,52 | -187,52 |
| 994 | 892,35 | 101,65 | 855 | 983,29 | -128,29 | 538 | 653,58 | -115,58 |
| 904 | 1077,86 | -173,86 | 1145 | 1012,45 | 132,55 | 757 | 653,58 | 103,42 |

Ek Tablo 11'in devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 912 | 892,35 | 19,65 | 1374 | 1012,45 | 361,55 | 893 | 1011,19 | -118,19 |
| 827 | 892,35 | -65,35 | 876 | 983,29 | -107,29 | 1162 | 824,38 | 337,62 |
| 985 | 892,35 | 92,65 | 966 | 983,29 | -17,29 | 1049 | 1011,19 | 37,81 |
| 1143 | 892,35 | 250,65 | 1081 | 983,29 | 97,71 | 979 | 887,17 | 91,83 |
| 986 | 892,35 | 93,65 | 865 | 660,16 | 204,84 | 531 | 698,68 | -167,68 |
| 835 | 892,35 | -57,35 | 923 | 983,29 | -60,29 | 721 | 728,52 | -7,52 |
| 801 | 756,45 | 44,55 | 1315 | 1012,45 | 302,55 | 617 | 653,58 | -36,58 |
| 1006 | 756,45 | 249,55 | 1451 | 1012,45 | 438,55 | 638 | 653,58 | -15,58 |
| 853 | 756,45 | 96,55 | 1361 | 1161,04 | 199,96 | 803 | 993,36 | -190,36 |
| 628 | 756,45 | -128,45 | 1112 | 983,29 | 128,71 | 758 | 891,60 | -133,60 |
| 831 | 756,45 | 74,55 | 729 | 983,29 | -254,29 | 888 | 887,17 | 0,83 |
| 784 | 756,45 | 27,55 | 1184 | 1012,45 | 171,55 | 645 | 824,38 | -179,38 |
| 951 | 756,45 | 194,55 | 911 | 983,29 | -72,29 | 649 | 824,38 | -175,38 |
| 772 | 756,45 | 15,55 | 1101 | 1504,13 | -403,13 | 846 | 728,52 | 117,48 |
| 1015 | 1035,73 | -20,73 | 1039 | 1012,45 | 26,55 | 632 | 653,58 | -21,58 |
| 955 | 1059,17 | -104,17 | 1023 | 983,29 | 39,71 | 854 | 955,76 | -101,76 |
| 1062 | 1059,17 | 2,83 | 843 | 983,29 | -140,29 | 751 | 653,58 | 97,42 |
| 1051 | 1059,17 | -8,17 | 1218 | 983,29 | 234,71 | 651 | 698,68 | -47,68 |
| 1085 | 1035,73 | 49,27 | 1144 | 1012,45 | 131,55 | 581 | 728,52 | -147,52 |
| 1100 | 1035,73 | 64,27 | 962 | 983,29 | -21,29 | 756 | 707,20 | 48,80 |
| 1072 | 1035,73 | 36,27 | 1005 | 983,29 | 21,71 | 655 | 728,52 | -73,52 |
| 973 | 1059,17 | -86,17 | 1027 | 983,29 | 43,71 | 715 | 698,68 | 16,32 |
| 1069 | 1059,17 | 9,83 | 942 | 1012,45 | -70,45 | 789 | 707,20 | 81,80 |
| 1094 | 1035,73 | 58,27 | 1175 | 983,29 | 191,71 | 758 | 653,58 | 104,42 |
| 963 | 1035,73 | -72,73 | 1278 | 983,29 | 294,71 | 992 | 975,19 | 16,81 |
| 977 | 1035,73 | -58,73 | 941 | 1012,45 | -71,45 | 1001 | 824,38 | 176,62 |
| 1199 | 1035,73 | 163,27 | 804 | 983,29 | -179,29 | 895 | 938,44 | -43,44 |
| 1031 | 1035,73 | -4,73 | 827 | 983,29 | -156,29 | 952 | 824,38 | 127,62 |
| 1056 | 1035,73 | 20,27 | 1043 | 983,29 | 59,71 | 611 | 698,68 | -87,68 |
| 922 | 1035,73 | -113,73 | 697 | 983,29 | -286,29 | 625 | 938,44 | -313,44 |
| 956 | 1059,17 | -103,17 | 735 | 983,29 | -248,29 | 621 | 653,58 | -32,58 |
| 1047 | 1035,73 | 11,27 | 966 | 983,29 | -17,29 | 1041 | 1011,19 | 29,81 |
| 1169 | 1035,73 | 133,27 | 769 | 983,29 | -214,29 | 928 | 891,60 | 36,40 |
| 1241 | 1035,73 | 205,27 | 801 | 983,29 | -182,29 | 747 | 707,20 | 39,80 |

Ek Tablo 12. Beşinci YSA modellerine göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 1137,30 | -16,30 | 847 | 845,35 | 1,65 | 851 | 914,13 | -63,13 |
| 667 | 683,49 | -16,49 | 823 | 826,47 | -3,47 | 941 | 970,63 | -29,63 |
| 896 | 902,15 | -6,15 | 788 | 784,01 | 3,99 | 1181 | 1165,30 | 15,70 |
| 544 | 591,72 | -47,72 | 901 | 809,16 | 91,84 | 1059 | 1093,26 | -34,26 |
| 1119 | 1146,59 | -27,59 | 798 | 800,29 | -2,29 | 903 | 857,26 | 45,74 |
| 715 | 754,77 | -39,77 | 769 | 777,42 | -8,42 | 831 | 798,73 | 32,27 |
| 664 | 621,27 | 42,73 | 1121 | 1118,86 | 2,14 | 737 | 831,28 | -94,28 |
| 716 | 746,83 | -30,83 | 944 | 952,82 | -8,82 | 1243 | 1133,88 | 109,12 |
| 531 | 555,95 | -24,95 | 947 | 930,81 | 16,19 | 1074 | 1222,97 | -148,97 |
| 1001 | 1003,58 | -2,58 | 1091 | 1095,23 | -4,23 | 1061 | 1071,80 | -10,80 |
| 738 | 745,31 | -7,31 | 981 | 958,83 | 22,17 | 725 | 789,49 | -64,49 |
| 656 | 673,47 | -17,47 | 936 | 939,65 | -3,65 | 1172 | 1367,13 | -195,13 |
| 1163 | 1144,85 | 18,15 | 1124 | 1127,11 | -3,11 | 928 | 976,71 | -48,71 |
| 909 | 905,93 | 3,07 | 961 | 971,18 | -10,18 | 1107 | 1182,64 | -75,64 |
| 798 | 784,50 | 13,50 | 918 | 928,68 | -10,68 | 1371 | 1439,12 | -68,12 |
| 845 | 840,65 | 4,35 | 1009 | 1015,56 | -6,56 | 1070 | 1079,26 | -9,26 |
| 998 | 830,50 | 167,50 | 986 | 964,26 | 21,74 | 975 | 896,83 | 78,17 |
| 1045 | 988,00 | 57,00 | 1056 | 1056,77 | -0,77 | 863 | 903,93 | -40,93 |
| 785 | 720,10 | 64,90 | 788 | 774,94 | 13,06 | 1167 | 1090,17 | 76,83 |
| 541 | 523,87 | 17,13 | 1178 | 1174,59 | 3,41 | 963 | 904,63 | 58,37 |
| 538 | 528,89 | 9,11 | 994 | 976,59 | 17,41 | 855 | 895,22 | -40,22 |
| 757 | 718,44 | 38,56 | 904 | 909,59 | -5,59 | 1145 | 1161,04 | -16,04 |
| 893 | 909,61 | -16,61 | 912 | 921,82 | -9,82 | 1374 | 1277,13 | 96,87 |
| 1162 | 1145,80 | 16,20 | 827 | 812,95 | 14,05 | 876 | 925,11 | -49,11 |
| 1049 | 1068,06 | -19,06 | 985 | 1004,41 | -19,41 | 966 | 857,44 | 108,56 |
| 979 | 1000,95 | -21,95 | 1143 | 1143,36 | -0,36 | 1081 | 1101,68 | -20,68 |
| 531 | 547,80 | -16,80 | 986 | 966,68 | 19,32 | 865 | 896,69 | -31,69 |
| 721 | 724,34 | -3,34 | 835 | 820,86 | 14,14 | 923 | 1005,53 | -82,53 |
| 617 | 629,31 | -12,31 | 801 | 797,73 | 3,27 | 1315 | 1340,35 | -25,35 |
| 638 | 643,05 | -5,05 | 1006 | 1025,20 | -19,20 | 1451 | 1515,23 | -64,23 |
| 803 | 726,88 | 76,12 | 853 | 853,15 | -0,15 | 1361 | 1405,73 | -44,73 |
| 758 | 745,00 | 13,00 | 628 | 640,56 | -12,56 | 1112 | 1207,15 | -95,15 |
| 888 | 859,91 | 28,09 | 831 | 831,23 | -0,23 | 729 | 800,33 | -71,33 |
| 645 | 680,70 | -35,70 | 784 | 779,63 | 4,37 | 1184 | 1203,95 | -19,95 |
| 649 | 649,55 | -0,55 | 951 | 962,57 | -11,57 | 911 | 930,17 | -19,17 |
| 846 | 873,20 | -27,20 | 772 | 769,50 | 2,50 | 1101 | 1410,10 | -309,10 |
| 632 | 629,38 | 2,62 | 1015 | 1012,86 | 2,14 | 1039 | 989,31 | 49,69 |
| 854 | 888,03 | -34,03 | 955 | 954,59 | 0,41 | 1023 | 932,77 | 90,23 |
| 751 | 709,49 | 41,51 | 1062 | 1062,27 | -0,27 | 843 | 916,34 | -73,34 |
| 651 | 615,47 | 35,53 | 1051 | 1054,10 | -3,10 | 1218 | 1254,46 | -36,46 |

Ek Tablo 12'nin devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 582,21 | -1,21 | 1085 | 1083,86 | 1,14 | 1144 | 1273,41 | -129,41 |
| 756 | 771,28 | -15,28 | 1100 | 1097,83 | 2,17 | 962 | 964,73 | -2,73 |
| 655 | 690,34 | -35,34 | 1072 | 1075,45 | -3,45 | 1005 | 958,88 | 46,12 |
| 715 | 691,63 | 23,37 | 973 | 978,63 | -5,63 | 1027 | 1030,93 | -3,93 |
| 789 | 796,79 | -7,79 | 1069 | 1071,63 | -2,63 | 942 | 927,27 | 14,73 |
| 758 | 753,36 | 4,64 | 1094 | 1091,61 | 2,39 | 1175 | 1128,21 | 46,79 |
| 992 | 1039,60 | -47,60 | 963 | 965,57 | -2,57 | 1278 | 1247,95 | 30,05 |
| 1001 | 970,90 | 30,10 | 977 | 975,20 | 1,80 | 941 | 963,75 | -22,75 |
| 895 | 887,73 | 7,27 | 1199 | 1197,91 | 1,09 | 804 | 827,73 | -23,73 |
| 952 | 865,93 | 86,07 | 1031 | 1034,74 | -3,74 | 827 | 764,53 | 62,47 |
| 611 | 602,65 | 8,35 | 1056 | 1053,92 | 2,08 | 1043 | 957,80 | 85,20 |
| 625 | 632,97 | -7,97 | 922 | 920,58 | 1,42 | 697 | 732,66 | -35,66 |
| 621 | 618,46 | 2,54 | 956 | 952,27 | 3,73 | 735 | 812,81 | -77,81 |
| 1041 | 1045,18 | -4,18 | 1047 | 1048,59 | -1,59 | 966 | 849,80 | 116,20 |
| 928 | 910,09 | 17,91 | 1169 | 1167,48 | 1,52 | 769 | 850,30 | -81,30 |
| 747 | 749,03 | -2,03 | 1241 | 1240,21 | 0,79 | 801 | 702,88 | 98,12 |

Ek Tablo 13. Beşinci YSA bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler ve aralarındaki farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 840,85 | 6,15 | 851 | 909,29 | -58,29 | 1121,00 | 1153,42 | -32,42 |
| 823 | 825,31 | -2,31 | 941 | 987,74 | -46,73 | 667,00 | 662,27 | 4,73 |
| 788 | 752,84 | 35,16 | 1181 | 1173,68 | 7,32 | 896,00 | 922,49 | -26,49 |
| 901 | 758,03 | 142,97 | 1059 | 1082,42 | -23,42 | 544,00 | 584,29 | -40,29 |
| 798 | 816,08 | -18,08 | 903 | 851,67 | 51,33 | 1119,00 | 1125,00 | -6,00 |
| 769 | 785,80 | -16,80 | 831 | 842,26 | -11,26 | 715,00 | 765,13 | -50,13 |
| 1121 | 1119,14 | 1,86 | 737 | 867,49 | -130,49 | 664,00 | 633,52 | 30,48 |
| 944 | 956,25 | -12,25 | 1243 | 1127,50 | 115,50 | 716,00 | 741,78 | -25,78 |
| 947 | 934,82 | 12,18 | 1074 | 1216,40 | -142,40 | 531,00 | 533,85 | -2,85 |
| 1091 | 1094,89 | -3,89 | 1061 | 1075,48 | -14,48 | 1001,00 | 1041,02 | -40,02 |
| 981 | 968,80 | 12,20 | 725 | 799,40 | -74,40 | 738,00 | 744,71 | -6,71 |
| 936 | 950,28 | -14,28 | 1172 | 1279,16 | -107,16 | 656,00 | 650,08 | 5,92 |
| 1124 | 1125,50 | -1,50 | 928 | 971,86 | -43,86 | 1163,00 | 1158,77 | 4,23 |
| 961 | 975,09 | -14,09 | 1107 | 1090,28 | 16,72 | 909,00 | 894,86 | 14,14 |
| 918 | 932,58 | -14,58 | 1371 | 1417,83 | -46,83 | 798,00 | 793,58 | 4,42 |
| 1009 | 1018,66 | -9,66 | 1070 | 1070,06 | -0,06 | 845,00 | 824,27 | 20,73 |
| 986 | 971,73 | 14,27 | 975 | 900,85 | 74,15 | 998,00 | 836,66 | 161,34 |
| 1056 | 1059,15 | -3,15 | 863 | 906,48 | -43,48 | 1045,00 | 1005,89 | 39,11 |
| 788 | 776,49 | 11,51 | 1167 | 1031,31 | 135,69 | 785,00 | 720,45 | 64,55 |
| 1178 | 1171,90 | 6,10 | 963 | 912,89 | 50,11 | 541,00 | 529,45 | 11,55 |
| 994 | 980,39 | 13,61 | 855 | 898,76 | -43,76 | 538,00 | 530,25 | 7,75 |
| 904 | 923,03 | -19,03 | 1145 | 1199,07 | -54,07 | 757,00 | 712,64 | 44,36 |

Ek Tablo 13'ün devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 912 | 924,09 | -12,09 | 1374 | 1322,26 | 51,74 | 893,00 | 906,43 | -13,43 |
| 827 | 815,10 | 11,90 | 876 | 926,56 | -50,56 | 1162,00 | 1113,15 | 48,85 |
| 985 | 998,86 | -13,86 | 966 | 858,56 | 107,44 | 1049,00 | 1080,79 | -31,79 |
| 1143 | 1140,31 | 2,69 | 1081 | 1111,52 | -30,52 | 979,00 | 1014,34 | -35,34 |
| 986 | 968,86 | 17,14 | 865 | 896,79 | -31,79 | 531,00 | 525,48 | 5,52 |
| 835 | 823,37 | 11,63 | 923 | 1004,56 | -81,56 | 721,00 | 735,27 | -14,27 |
| 801 | 797,06 | 3,94 | 1315 | 1308,80 | 6,20 | 617,00 | 634,11 | -17,11 |
| 1006 | 999,45 | 6,55 | 1451 | 1498,25 | -47,25 | 638,00 | 636,34 | 1,66 |
| 853 | 848,13 | 4,87 | 1361 | 1323,72 | 37,28 | 803,00 | 742,54 | 60,46 |
| 628 | 624,07 | 3,93 | 1112 | 1204,89 | -92,89 | 758,00 | 748,52 | 9,48 |
| 831 | 829,60 | 1,40 | 729 | 808,76 | -79,76 | 888,00 | 868,49 | 19,51 |
| 784 | 777,92 | 6,08 | 1184 | 1236,96 | -52,96 | 645,00 | 699,44 | -54,44 |
| 951 | 944,45 | 6,55 | 911 | 920,77 | -9,77 | 649,00 | 673,66 | -24,66 |
| 772 | 770,99 | 1,01 | 1101 | 1406,45 | -305,45 | 846,00 | 864,36 | -18,36 |
| 1015 | 1013,73 | 1,27 | 1039 | 1022,36 | 16,64 | 632,00 | 630,51 | 1,49 |
| 955 | 939,29 | 15,71 | 1023 | 935,18 | 87,82 | 854,00 | 881,32 | -27,32 |
| 1062 | 1052,88 | 9,12 | 843 | 920,47 | -77,47 | 751,00 | 716,25 | 34,75 |
| 1051 | 1042,44 | 8,56 | 1218 | 1273,51 | -55,51 | 651,00 | 602,72 | 48,28 |
| 1085 | 1084,47 | 0,53 | 1144 | 1297,57 | -153,57 | 581,00 | 592,44 | -11,44 |
| 1100 | 1100,04 | -0,04 | 962 | 972,24 | -10,24 | 756,00 | 760,59 | -4,59 |
| 1072 | 1074,84 | -2,84 | 1005 | 950,71 | 54,29 | 655,00 | 667,03 | -12,03 |
| 973 | 959,61 | 13,39 | 1027 | 1012,80 | 14,20 | 715,00 | 699,72 | 15,28 |
| 1069 | 1061,37 | 7,63 | 942 | 948,30 | -6,30 | 789,00 | 792,30 | -3,30 |
| 1094 | 1093,69 | 0,31 | 1175 | 1128,03 | 46,97 | 758,00 | 752,66 | 5,34 |
| 963 | 959,47 | 3,53 | 1278 | 1301,59 | -23,59 | 992,00 | 1030,75 | -38,75 |
| 977 | 974,88 | 2,12 | 941 | 986,33 | -45,33 | 1001,00 | 961,07 | 39,93 |
| 1199 | 1197,13 | 1,87 | 804 | 831,04 | -27,04 | 895,00 | 885,14 | 9,86 |
| 1031 | 1038,43 | -7,43 | 827 | 773,47 | 53,53 | 952,00 | 859,06 | 92,94 |
| 1056 | 1056,66 | -0,66 | 1043 | 953,79 | 89,21 | 611,00 | 592,74 | 18,26 |
| 922 | 917,94 | 4,06 | 697 | 742,21 | -45,21 | 625,00 | 591,40 | 33,60 |
| 956 | 940,71 | 15,29 | 735 | 818,47 | -83,47 | 621,00 | 621,51 | -0,51 |
| 1047 | 1046,88 | 0,12 | 966 | 858,69 | 107,31 | 1041,00 | 1043,18 | -2,18 |
| 1169 | 1167,76 | 1,24 | 769 | 838,69 | -69,69 | 928,00 | 891,15 | 36,85 |
| 1241 | 1242,77 | -1,77 | 801 | 696,86 | 104,14 | 747,00 | 741,78 | 5,22 |

Ek Tablo 14. Çoklu regresyon modellerine göre gerçekleşen değerler ile tahmin edilen değerler ve farkları

| 1 nolu durak | | | 2 nolu durak | | | 3 nolu durak | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
| 1121 | 1137.30 | -16.30 | 847 | 845.35 | 1.65 | 851 | 914.13 | -63.13 |
| 667 | 683.49 | -16.49 | 823 | 826.47 | -3.47 | 941 | 970.63 | -29.63 |
| 896 | 902.15 | -6.15 | 788 | 784.01 | 3.99 | 1181 | 1165.30 | 15.70 |
| 544 | 591.72 | -47.72 | 901 | 809.16 | 91.84 | 1059 | 1093.26 | -34.26 |
| 1119 | 1146.59 | -27.59 | 798 | 800.29 | -2.29 | 903 | 857.26 | 45.74 |
| 715 | 754.77 | -39.77 | 769 | 777.42 | -8.42 | 831 | 798.73 | 32.27 |
| 664 | 621.27 | 42.73 | 1121 | 1118.86 | 2.14 | 737 | 831.28 | -94.28 |
| 716 | 746.83 | -30.83 | 944 | 952.82 | -8.82 | 1243 | 1133.88 | 109.12 |
| 531 | 555.95 | -24.95 | 947 | 930.81 | 16.19 | 1074 | 1222.97 | -148.97 |
| 1001 | 1003.58 | -2.58 | 1091 | 1095.23 | -4.23 | 1061 | 1071.80 | -10.80 |
| 738 | 745.31 | -7.31 | 981 | 958.83 | 22.17 | 725 | 789.49 | -64.49 |
| 656 | 673.47 | -17.47 | 936 | 939.65 | -3.65 | 1172 | 1367.13 | -195.13 |
| 1163 | 1144.85 | 18.15 | 1124 | 1127.11 | -3.11 | 928 | 976.71 | -48.71 |
| 909 | 905.93 | 3.07 | 961 | 971.18 | -10.18 | 1107 | 1182.64 | -75.64 |
| 798 | 784.50 | 13.50 | 918 | 928.68 | -10.68 | 1371 | 1439.12 | -68.12 |
| 845 | 840.65 | 4.35 | 1009 | 1015.56 | -6.56 | 1070 | 1079.26 | -9.26 |
| 998 | 830.50 | 167.50 | 986 | 964.26 | 21.74 | 975 | 896.83 | 78.17 |
| 1045 | 988.00 | 57.00 | 1056 | 1056.77 | -0.77 | 863 | 903.93 | -40.93 |
| 785 | 720.10 | 64.90 | 788 | 774.94 | 13.06 | 1167 | 1090.17 | 76.83 |
| 541 | 523.87 | 17.13 | 1178 | 1174.59 | 3.41 | 963 | 904.63 | 58.37 |
| 538 | 528.89 | 9.11 | 994 | 976.59 | 17.41 | 855 | 895.22 | -40.22 |
| 757 | 718.44 | 38.56 | 904 | 909.59 | -5.59 | 1145 | 1161.04 | -16.04 |
| 893 | 909.61 | -16.61 | 912 | 921.82 | -9.82 | 1374 | 1277.13 | 96.87 |
| 1162 | 1145.80 | 16.20 | 827 | 812.95 | 14.05 | 876 | 925.11 | -49.11 |
| 1049 | 1068.06 | -19.06 | 985 | 1004.41 | -19.41 | 966 | 857.44 | 108.56 |
| 979 | 1000.95 | -21.95 | 1143 | 1143.36 | -0.36 | 1081 | 1101.68 | -20.68 |
| 531 | 547.80 | -16.80 | 986 | 966.68 | 19.32 | 865 | 896.69 | -31.69 |
| 721 | 724.34 | -3.34 | 835 | 820.86 | 14.14 | 923 | 1005.53 | -82.53 |
| 617 | 629.31 | -12.31 | 801 | 797.73 | 3.27 | 1315 | 1340.35 | -25.35 |
| 638 | 643.05 | -5.05 | 1006 | 1025.20 | -19.20 | 1451 | 1515.23 | -64.23 |
| 803 | 726.88 | 76.12 | 853 | 853.15 | -0.15 | 1361 | 1405.73 | -44.73 |
| 758 | 745.00 | 13.00 | 628 | 640.56 | -12.56 | 1112 | 1207.15 | -95.15 |
| 888 | 859.91 | 28.09 | 831 | 831.23 | -0.23 | 729 | 800.33 | -71.33 |
| 645 | 680.70 | -35.70 | 784 | 779.63 | 4.37 | 1184 | 1203.95 | -19.95 |
| 649 | 649.55 | -0.55 | 951 | 962.57 | -11.57 | 911 | 930.17 | -19.17 |
| 846 | 873.20 | -27.20 | 772 | 769.50 | 2.50 | 1101 | 1410.10 | -309.10 |
| 632 | 629.38 | 2.62 | 1015 | 1012.86 | 2.14 | 1039 | 989.31 | 49.69 |
| 854 | 888.03 | -34.03 | 955 | 954.59 | 0.41 | 1023 | 932.77 | 90.23 |
| 751 | 709.49 | 41.51 | 1062 | 1062.27 | -0.27 | 843 | 916.34 | -73.34 |
| 651 | 615.47 | 35.53 | 1051 | 1054.10 | -3.10 | 1218 | 1254.46 | -36.46 |

Ek Tablo 14'ün devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 581 | 582.21 | -1.21 | 1085 | 1083.86 | 1.14 | 1144 | 1273.41 | -129.41 |
| 756 | 771.28 | -15.28 | 1100 | 1097.83 | 2.17 | 962 | 964.73 | -2.73 |
| 655 | 690.34 | -35.34 | 1072 | 1075.45 | -3.45 | 1005 | 958.88 | 46.12 |
| 715 | 691.63 | 23.37 | 973 | 978.63 | -5.63 | 1027 | 1030.93 | -3.93 |
| 789 | 796.79 | -7.79 | 1069 | 1071.63 | -2.63 | 942 | 927.27 | 14.73 |
| 758 | 753.36 | 4.64 | 1094 | 1091.61 | 2.39 | 1175 | 1128.21 | 46.79 |
| 992 | 1039.60 | -47.60 | 963 | 965.57 | -2.57 | 1278 | 1247.95 | 30.05 |
| 1001 | 970.90 | 30.10 | 977 | 975.20 | 1.80 | 941 | 963.75 | -22.75 |
| 895 | 887.73 | 7.27 | 1199 | 1197.91 | 1.09 | 804 | 827.73 | -23.73 |
| 952 | 865.93 | 86.07 | 1031 | 1034.74 | -3.74 | 827 | 764.53 | 62.47 |
| 611 | 602.65 | 8.35 | 1056 | 1053.92 | 2.08 | 1043 | 957.80 | 85.20 |
| 625 | 632.97 | -7.97 | 922 | 920.58 | 1.42 | 697 | 732.66 | -35.66 |
| 621 | 618.46 | 2.54 | 956 | 952.27 | 3.73 | 735 | 812.81 | -77.81 |
| 1041 | 1045.18 | -4.18 | 1047 | 1048.59 | -1.59 | 966 | 849.80 | 116.20 |
| 928 | 910.09 | 17.91 | 1169 | 1167.48 | 1.52 | 769 | 850.30 | -81.30 |
| 747 | 749.03 | -2.03 | 1241 | 1240.21 | 0.79 | 801 | 702.88 | 98.12 |

Ek Tablo 15. Çoklu regresyonun bütünleşik modeline göre gerçekleşen değerler ile tahmin edilen değerler ve farkları

| Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark | Gerçekleşen | Tahmin | Fark |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 847 | 764,03 | 82,97 | 851 | 1054,01 | -203,01 | 1121 | 976,69 | 144,31 |
| 823 | 757,18 | 65,82 | 941 | 1114,31 | -173,31 | 667 | 592,88 | 74,12 |
| 788 | 745,52 | 42,48 | 1181 | 1136,98 | 44,02 | 896 | 968,59 | -72,59 |
| 901 | 822,76 | 78,24 | 1059 | 1193,55 | -134,55 | 544 | 726,34 | -182,34 |
| 798 | 798,98 | -0,98 | 903 | 744,20 | 158,80 | 1119 | 1024,32 | 94,68 |
| 769 | 797,20 | -28,20 | 831 | 933,63 | -102,63 | 715 | 842,06 | -127,06 |
| 1121 | 948,05 | 172,95 | 737 | 871,71 | -134,71 | 664 | 652,53 | 11,47 |
| 944 | 842,22 | 101,78 | 1243 | 1159,28 | 83,72 | 716 | 653,71 | 62,29 |
| 947 | 886,42 | 60,58 | 1074 | 988,43 | 85,57 | 531 | 591,94 | -60,94 |
| 1091 | 1093,63 | -2,63 | 1061 | 792,61 | 268,39 | 1001 | 1147,47 | -146,47 |
| 981 | 996,15 | -15,15 | 725 | 761,32 | -36,32 | 738 | 776,34 | -38,34 |
| 936 | 930,85 | 5,15 | 1172 | 1022,37 | 149,63 | 656 | 840,92 | -184,92 |
| 1124 | 1061,96 | 62,04 | 928 | 1046,87 | -118,87 | 1163 | 1088,00 | 75,00 |
| 961 | 968,19 | -7,19 | 1107 | 1050,25 | 56,75 | 909 | 1060,94 | -151,94 |
| 918 | 871,10 | 46,90 | 1371 | 1163,94 | 207,06 | 798 | 882,00 | -84,00 |
| 1009 | 1009,79 | -0,78 | 1070 | 1046,64 | 23,36 | 845 | 1050,47 | -205,47 |
| 986 | 862,99 | 123,01 | 975 | 956,83 | 18,17 | 998 | 870,70 | 127,30 |
| 1056 | 1015,61 | 40,39 | 863 | 1002,57 | -139,57 | 1045 | 921,01 | 123,99 |
| 788 | 707,87 | 80,13 | 1167 | 1036,03 | 130,97 | 785 | 719,80 | 65,20 |
| 1178 | 1098,70 | 79,30 | 963 | 912,70 | 50,30 | 541 | 567,08 | -26,08 |
| 994 | 1012,69 | -18,69 | 855 | 923,50 | -68,50 | 538 | 549,88 | -11,88 |
| 904 | 1046,02 | -142,02 | 1145 | 1009,84 | 135,16 | 757 | 783,05 | -26,05 |
| 912 | 811,77 | 100,23 | 1374 | 1210,47 | 163,53 | 893 | 828,25 | 64,75 |
| 827 | 785,68 | 41,32 | 876 | 1016,73 | -140,73 | 1162 | 1307,73 | -145,73 |
| 985 | 808,99 | 176,01 | 966 | 955,50 | 10,50 | 1049 | 1086,05 | -37,05 |
| 1143 | 1145,90 | -2,90 | 1081 | 963,67 | 117,33 | 979 | 1086,88 | -107,88 |

Ek Tablo 15'in devamı

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 986 | 909,55 | 76,45 | 865 | 912,96 | -47,96 | 531 | 632,46 | -101,46 |
| 835 | 788,97 | 46,03 | 923 | 980,67 | -57,67 | 721 | 833,86 | -112,86 |
| 801 | 939,46 | -138,46 | 1315 | 1210,42 | 104,58 | 617 | 783,23 | -166,23 |
| 1006 | 1194,41 | -188,41 | 1451 | 1140,10 | 310,90 | 638 | 831,08 | -193,08 |
| 853 | 1083,85 | -230,85 | 1361 | 1275,88 | 85,12 | 803 | 718,76 | 84,24 |
| 628 | 790,92 | -162,92 | 1112 | 1161,25 | -49,25 | 758 | 814,43 | -56,43 |
| 831 | 1034,61 | -203,61 | 729 | 749,52 | -20,52 | 888 | 946,66 | -58,66 |
| 784 | 916,15 | -132,15 | 1184 | 1158,72 | 25,28 | 645 | 775,50 | -130,50 |
| 951 | 1171,75 | -220,75 | 911 | 1046,30 | -135,30 | 649 | 721,08 | -72,08 |
| 772 | 914,08 | -142,08 | 1101 | 1088,85 | 12,15 | 846 | 854,31 | -8,31 |
| 1015 | 950,47 | 64,53 | 1039 | 968,94 | 70,06 | 632 | 804,96 | -172,96 |
| 955 | 864,14 | 90,86 | 1023 | 973,53 | 49,47 | 854 | 919,02 | -65,02 |
| 1062 | 960,14 | 101,86 | 843 | 908,55 | -65,55 | 751 | 760,72 | -9,72 |
| 1051 | 979,05 | 71,95 | 1218 | 1034,79 | 183,21 | 651 | 735,65 | -84,65 |
| 1085 | 937,02 | 147,98 | 1144 | 1184,78 | -40,78 | 581 | 627,01 | -46,01 |
| 1100 | 934,47 | 165,53 | 962 | 939,45 | 22,55 | 756 | 884,39 | -128,39 |
| 1072 | 964,84 | 107,16 | 1005 | 1037,46 | -32,46 | 655 | 655,92 | -0,92 |
| 973 | 903,17 | 69,83 | 1027 | 985,65 | 41,35 | 715 | 801,25 | -86,25 |
| 1069 | 1010,03 | 58,97 | 942 | 1077,05 | -135,05 | 789 | 922,19 | -133,19 |
| 1094 | 999,46 | 94,54 | 1175 | 1123,40 | 51,60 | 758 | 907,53 | -149,53 |
| 963 | 840,74 | 122,26 | 1278 | 1080,19 | 197,81 | 992 | 810,63 | 181,37 |
| 977 | 902,48 | 74,52 | 941 | 1047,94 | -106,94 | 1001 | 1027,93 | -26,93 |
| 1199 | 1102,54 | 96,46 | 804 | 932,70 | -128,70 | 895 | 883,63 | 11,37 |
| 1031 | 1102,55 | -71,55 | 827 | 850,50 | -23,50 | 952 | 1032,26 | -80,26 |
| 1056 | 1007,55 | 48,45 | 1043 | 1060,97 | -17,97 | 611 | 637,82 | -26,82 |
| 922 | 897,97 | 24,03 | 697 | 838,02 | -141,02 | 625 | 529,54 | 95,46 |
| 956 | 953,27 | 2,73 | 735 | 846,27 | -111,27 | 621 | 726,26 | -105,26 |
| 1047 | 897,67 | 149,33 | 966 | 890,74 | 75,26 | 1041 | 966,83 | 74,17 |
| 1169 | 1066,15 | 102,85 | 769 | 847,80 | -78,80 | 928 | 950,07 | -22,07 |
| 1241 | 1156,64 | 84,36 | 801 | 792,98 | 8,02 | 747 | 858,07 | -111,07 |

Ek Tablo 16. Matlab programında kullanılan kodlama

```
clc,
disp(' Bu Program verileri yapay sinir ağı uygular.')
veri2 = xlsread('dosya.xlsx');
minV=repmat (min(veri2),[length(veri2) 1]);
range=repmat ((max(veri2)-min(veri2)),[length(veri2) 1]);
veri1 = (0.8*((veri2-minV)./range)+0.1);
veri = veri1';
veri3=(veri1-0.1).*range/0.8+minV;
veri4=veri3';
%verinin girdi ve çıktı olarak ayrılması, p=girdi, t=çıktı
p=veri(1:18,:);
t=veri(19,:);
%ağın mimarisinin oluşturulması
m=8;                                %Ara katman eleman sayısı
net1=newff(p,t,m,{'tansig',                 'purelin'},'trainlm',                 'learngdm','sse');
%{'fixunknowns','removeconstantrows','mapminmax'}, {'removeconstantrows','mapminmax'},'divideind');
% giriş verileri eğitim, doğrulama ve test setlerinin oluşturulması.
net1.divideFcn = 'divideind';
eg=216 ; %eğitim veri sayısı ilk değerden eg değerine kadar
va=56; %validasyon veri sayısı eg+1'den eg+va değerine kadar
```

```
ts=56; % test veri sayısı eg+va+1'den eg+va+ts'ye kadar
net1.divideparam.trainInd=(1:eg);
net1.divideparam.valInd= ((eg+1):(eg+va));
net1.divideparam.testInd=((eg+va+1):(eg+va+ts));
%eğitim parametrelerinin belirlenmesi
lp.lr=0.1;
lp.mc=0.7;
Param.show=50;
net1.trainParam.lr=0.01;
net1.trainParam.mc=0.9;
net1.trainParam.epochs=10000;    %max iterasyon sayısı
net1.trainParam.goal=1e-500000;   % ağ performans değerine ulaşınca duracaktır.
net1.trainParam.max_fail=10000;
net1.iw{1,1}=rand(m,18)-0.5;  % m'nin yanındaki değer girdi veri sayısıdır.
net1.lw{2,1}=rand(1,m)-0.5;
net1.b{1}=rand(m,1)-0.5;
net1.b{2}=rand(1,1)-0.5;
[net1,tr]=train(net1,p,t);
simeg=sim(net1,p(:,1:eg)); %eğitim seti simulasyon
simva=sim(net1,p(:,eg+1:eg+va));     % validasyon seti simulasyon
simts=sim(net1,p(:,(eg+va+1):(eg+va+ts)));    %test seti simulasyon
% Çıkış verilerinin Anormalize edilmesi
n=18; %girdi veri sayısı=
an_simeg=(repmat   (min(veri2(:,n+1)),[length(simeg')   1]))'+((simeg-0.1).*(repmat(max(veri2(:,n+1))-
min(veri2(:,n+1)),[length(simeg') 1]))'*1.25);
an_simva=(repmat   (min(veri2(:,n+1)),[length(simva')   1]))'+((simva-0.1).*(repmat(max(veri2(:,n+1))-
min(veri2(:,n+1)),[length(simva') 1]))'*1.25);
an_simts=(repmat   (min(veri2(:,n+1)),[length(simts')   1]))'+((simts-0.1).*(repmat(max(veri2(:,n+1))-
min(veri2(:,n+1)),[length(simts') 1]))'*1.25);
an_simtss=an_simts';
an_simvaa=an_simva';
geregg= veri2(1:216,19);
gereg=geregg';
RH_eg= mean(abs(an_simeg-gereg)./gereg)*100;
MSE_eg= mean((gereg-an_simeg).^2);
RMSE_eg= (mean((an_simeg-gereg).^2))^(0.5);
MAE_eg= mean(abs(an_simeg-gereg));
MARE_eg= mean(abs(an_simeg-gereg)./gereg)*100;
rh=[RH_eg'];
NS_eg=1-(mean((gereg-an_simeg).^2)/mean((gereg-mean(gereg)).^2));
gervaa= veri2(217:272,19);
    gerva=gervaa';
    RH_val= mean(abs(an_simva-gerva)./gerva)*100;
    MSE_val= mean((gerva-an_simva).^2);
    RMSE_val= (mean((an_simva-gerva).^2))^(0.5);
    MAE_val= mean(abs(an_simva-gerva));
    MARE_val= mean(abs(an_simva-gerva)./gerva)*100;
    rh=[RH_val'];
    NS_va=1-(mean((gerva-an_simva).^2)/mean((gerva-mean(gerva)).^2));
    gertss= veri2(273:328,19);
    gerts=gertss';
    % gerts=veri4(4,eg+va+1:eg+va+ts);
    RH_ts= mean(abs(an_simts-gerts)./gerts)*100;
    MSE_ts= mean((gerts-an_simts).^2);
    RMSE_ts= (mean((an_simts-gerts).^2))^(0.5);
    MAE_ts= mean(abs(an_simts-gerts));
    MARE_ts= mean(abs(an_simts-gerts)./gerts)*100;
    NS_ts=1-(mean((gerts-an_simts).^2)/mean((gerts-mean(gerts)).^2));
    figure;plot(gertss,'--');hold on;plot(an_simtss,'-')
    legend({'Gerçek Değerler','Tahmin Değerleri'})
    xlabel('Test Sayısı')
    ylabel('Süre (sn)')
    fark=gertss-an_simtss;
```

```
farkkare=( gertss-an_simtss).^2;
farktop=sum(farkkare);
MAPE=mean((abs(gertss-an_simtss))./gertss)*100
MPE=mean((gertss-an_simtss)./gertss)*100
MSE=mean(farkkare)
RMSE=MSE^(0.5)
SSE=(mean((gerts-an_simts).^2))
MAD=mean((abs(gertss-an_simtss)))
korelasyon=corr(an_simtss,gertss)
NS_ts=1-(mean((gerts-an_simts).^2)/mean((gerts-mean(gerts)).^2))
```

# ÖZGEÇMİŞ

Beytullah SULAK, ilk ve ortaokul eğitimini Maçka Ce-Zi-Ne Kardeşler İlköğretim Okulu'nda lise öğrenimini Trabzon (YDA) Fatih Lisesi'nde tamamladı.

2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nden bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl KTÜ Fen Bilimler Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2014 yılında "Doğu Karadeniz kırsalında ikincil Konut Eğiliminin Nedensel Çözümlenmesi: Trabzon Örneği " adlı yüksek lisans tez çalışmasını tamamladı. 2014 yılında başladığı doktora çalışmasını 2024'te tamamladı.

2012 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümüne ÖYP kapsamında araştırma görevlisi olarak atandı. Aralık 2013'te bu görevinden ayrılarak Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. 2020 yılı şubat ayına kadar aynı kurumda araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2020-2022 yılları arasında bir kamu kurumuna ait özel bir şirkette proje koordinatörü olarak görev aldı. 2021 yılından itibaren İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde kısmi zamanlı öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.