T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRAF TABANLI YAKLAŞIM İLE UZUN VADELİ TRAFİK AKIŞ HIZI TAHMİNİ

Ceren KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Programı

Danışman
Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN

Temmuz, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRAF TABANLI YAKLAŞIM İLE UZUN VADELİ TRAFİK AKIŞ HIZI TAHMİNİ

Ceren KESKİN tarafından hazırlanan tez çalışması 27.07.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Mine Elif KARSLIGİL YAVUZ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Tolga OVATMAN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Graf Tabanlı Yaklaşım ile Uzun Vadeli Trafik Akış Hızı Tahmini başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ceren KESKİN

İmza

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBITAK) No:120E357 ve Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından No:FYL-2021-4255 desteklenmiştir.

Sevgili aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesinde ve planlanmasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve birikimlerini paylaşan, yönlendirmeleri ile tezimin şekillenmesini sağlayan değerli danışman hocam Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN'a destekleri ve anlayışlı yaklaşımı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, hiçbir durumda benden desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın yürütülmeye başladığı günden itibaren gerek ilgili verilerin paylaşımı, gerekse deneyim ve bilgi paylaşımı konusunda desteklerini ve zamanlarını esirgemeyen başta Mustafa SÜRMENELİ, Sinem ÖZTÜRK ve Serap ÇETİNKAYA olmak üzere tüm İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Şube Müdürlüğü ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Ceren KESKİN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xiii

ÖZET xvi

ABSTRACT xviii

1 GİRİŞ 1

1.1 Tezin Amacı 2

1.2 Hipotez 3

2 Literatür Taraması 4

2.1 Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Trafik Akış Hızı Çalışmaları 4

2.2 ARIMA ve Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Trafik Akış Hızı Tahmini Çalışmaları 5

2.3 Graf Tabanlı Yaklaşım ile Trafik Akış Hızı Tahmini Çalışmaları 7

2.4 Tez Kapsamında Yürütülen Çalışmanın Literatüre Katkısı 8

3 Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmininde Graf Tabanlı Yaklaşım ve Kullanılan Yöntemler 9

3.1 Graf Tabanlı Yaklaşım 9

3.2 Kullanılan Yöntemler 11

3.2.1 Ortalama Filtreleme Yöntemi 11

3.2.2 Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) 12

3.2.3 Evrişimli Sinir Ağları (CNN) 13

3.2.4 Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) 14

4 Veriseti Analizi **16**
4.1 Veriseti 16
4.2 Çalışmada Kullanılan Algılayıcılar 17
4.3 Derin Öğrenme Metodları için Graf Tabanlı Yaklaşım ile Verisetinin Düzenlenmesi 17
4.3.1 Önceki 4 Haftanın t Anındaki Hız Bilgilerinin Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi 19
4.3.2 Önceki 4 Haftanın t Anındaki Hız Bilgilerinin Ortalaması Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi 20
4.3.3 Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi 20
4.3.4 Graf Tabanlı Yaklaşım için Verisetinin Düzenlenmesi 23

5 Yazılım Geliştirmede Kullanılan Araçlar **26**

6 Sistem Tasarımı **27**
6.1 Ortalama Filtreleme Yöntemi ile Trafik Hızı Tahmini 27
6.1.1 Verisetinin Sisteme Verilmesi 27
6.1.2 Hafta Sayısı Parametresine Göre Tahmin Yapılması 28
6.1.3 Pencere Boyutu Parametresine Göre Tahmin Yapılması 28
6.1.4 Graf Tabanlı Yaklaşım ile Tahmin Yapılması 29
6.2 ARIMA Yöntemi ile Trafik Hızı Tahmini 31
6.2.1 Verisetinin Modele Verilmesi 31
6.2.2 Modelin Oluşturulması 31
6.2.3 ARIMA ile Tahmin Yapılması 31
6.3 CNN ile Trafik Hızı Tahmini 32
6.3.1 Verisetinin Hazırlanması 32
6.3.2 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınarak Verisetinin Oluşturulması 33
6.3.3 Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Verisetinin Oluşturulması 34
6.3.4 Modelin Oluşturulması 35
6.4 LSTM ile Trafik Hızı Tahmini 36
6.4.1 Verisetinin Hazırlanması 36
6.4.2 Modelin Oluşturulması 36

7 Deneysel Sonuçlar **37**
7.1 Hata Metrikleri 37
7.2 Ortalama Filtreleme Yöntemi ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini 37
7.2.1 Kullanılan Hiperparametreler 37

7.2.2 Farklı Hiperparametrelere Karşılık Elde Edilen Sonuçlar 38
7.3 Arima ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini 39
7.3.1 Graf Tabanlı Yaklaşım Arima ile İmplemente Edildiğinde Elde Edilen Sonuçlar 39
7.4 CNN ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini 40
7.4.1 Sıralı Olmayan Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları . . 40
7.4.2 Sıralı Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları 51
7.4.3 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları 62
7.4.4 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları . . . 72
7.4.5 Sıralı Veri ile Sadece Önceki Segmentin Hız Verileri Graf Yapısına Dahil Edildiğinde Yapılan Test Sonuçları 84
7.5 LSTM ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini 95
7.5.1 LSTM Kullanılarak Oluşturulan Modele İlişkin Test Sonuçları . . 95
7.6 Hibrit Yaklaşım 109

8 Sonuçlar ve Tartışma **115**

KAYNAKÇA **127**

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **129**

SİMGE LİSTESİ

W	Hafta Sayısı
W_t	Hafta Sayısına Bağlı Ortalama Hız
H	Hop Sayısı
V_H^S	Hop Sayısına Bağlı Ortalama Hız
P	Pencere Boyutu
P_t	Pencere Boyutuna Bağlı Ortalama Hız
S	Segment
V	Segmentin Hızı

KISALTMA LİSTESİ

ARIMA	Autoregressive Moving Average
CNN	Convolutional Neural Network
GNN	Graph Neural Network
Id	Identity
LSTM	Long Short Term Memory
MAE	Mean Absolute Error
MAPE	Mean Percentage Error
MFE	Mean Filtering Estimation
NN	Neural Network
RNN	Recurrent Neural Network
Seg	Segment

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Graf Yapısı 9
Şekil 3.2 Segmentler için Kurulan Graf Yapısı 10
Şekil 3.3 CNN Modeli Katman Yapısı 14
Şekil 3.4 LSTM Modeli Katman Yapısı 15
Şekil 4.1 Çalışmada Kullanılan Segmentler 17
Şekil 4.2 Segmentler için Kurulan Graf Yapısı 24
Şekil 6.1 4 Segmentine Ait Graf Yapısı 30
Şekil 7.1 Pencere Boyutunun Tahmin Başarısına Etkisi 38
Şekil 7.2 Arima Yönteminin Uzun Vadeli Tahmin Başarısı 39
Şekil 7.3 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 45
Şekil 7.4 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 45
Şekil 7.5 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 50
Şekil 7.6 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 55
Şekil 7.7 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 56
Şekil 7.8 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 61
Şekil 7.9 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 66
Şekil 7.10 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 67
Şekil 7.11 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 71
Şekil 7.12 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 77
Şekil 7.13 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 78
Şekil 7.14 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 83
Şekil 7.15 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 89
Şekil 7.16 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 90
Şekil 7.17 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 95
Şekil 7.18 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 101
Şekil 7.19 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları 102

Şekil 7.20 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları 108
Şekil 7.21 MAE'nin Hibrit Yaklaşım Uygulandığında ve Uygulanmadığındaki Zamana Bağlı Değişimi 113
Şekil 7.22 MAPE'nin Hibrit Yaklaşım Uygulandığında ve Uygulanmadığındaki Zamana Bağlı Değişimi 114
Şekil 8.1 Arima ile MFE'nin Tahminlerdeki MAE Oranlarının Karşılaştırılması 115
Şekil 8.2 CNN ile Yapılan Tahminler, LSTM ile Yapılan Tahminler ve MFE ile Yapılan Tahminlerdeki MAE Oranlarının Karşılaştırılması 116
Şekil 8.3 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE'de İyileşme Sağladığı Segmentlerdeki Ortalama İyileşme 117
Şekil 8.4 Graf Tabanlı Yaklaşım ile İyileşme Gösteren (MAE veya MAPE) ve Hiç İyileşme Görülmeyen Segment Sayıları 119
Şekil 8.5 Hibrit Yaklaşımın Farklı Modellerdeki İyileşme Oranları 123
Şekil 8.6 Hibrit Yaklaşımın Farklı Modellerdeki İyileşme Oranları 124
Şekil 8.7 Hibrit Yaklaşımın Ortalamanın Üzerinde İyileşme Sağladığı Lokasyonlar 124
Şekil 8.8 Hibrit Yaklaşımın Ortalamanın Altında İyileşme Sağladığı Lokasyonlar125
Şekil 8.9 Hibrit Yaklaşımın İyileşme Sağlamadığı Lokasyonlar 125

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 [5] no'lu Çalışma Sonuçları 5
Tablo 2.2 [1] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar 6
Tablo 2.3 [2] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar 6
Tablo 2.4 [3] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar 7
Tablo 3.1 Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahminine Etki Eden Hiperparametreler . . 11
Tablo 4.1 10 no'lu Segmente Ait Örnek Hız Verisi 16
Tablo 4.2 10 no'lu Segmente Ait Beşer Dakikalık Aralıklar ile oluşturulan Verisetinden Örnek 17
Tablo 4.3 Oluşturulan verisetinden bir kesit 19
Tablo 4.4 Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Verisetine Ait Bir Kesit 20
Tablo 4.5 Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgileri ile Oluşturulan Verisetine Ait Bir Kesit 21
Tablo 4.6 Graf Tabanlı Yaklaşım için Oluşturulan Veriseti 25
Tablo 6.1 Beşer Dakika Aralıklar ile Düzenlenen Verisetinden Bir Kesit 27
Tablo 6.2 Hafta Sayısı Parametresinin Başarıya Etkisi İncelenirken Kullanılan Veriseti 28
Tablo 6.3 Örnek Hız Verisi 28
Tablo 6.4 Pencere Boyutu Parametresinin Başarıya Etkisi İncelenirken Kullanılan Veriseti 29
Tablo 6.5 Graf Tabanlı Yaklaşımda Kullanılan Veriseti 30
Tablo 6.6 Arima Yönteminde Model Eğitilirken Kullanılan Veriseti 31
Tablo 6.7 Model Oluşturulurken Kullanılan Parametrelerin Değerleri 31
Tablo 6.8 Sırasız Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit 33
Tablo 6.9 Sıralı Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit 33
Tablo 6.10 Sıralı ve Önceki Haftalardaki Hız Verilerinin Ortalaması Alınarak Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit 34
Tablo 6.11 Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit 34
Tablo 6.12 Derin Öğrenme Modeli Oluşturulurken Kullanılan Parametreler . . . 35
Tablo 6.13 LSTM ile Model Oluşturulurken Kullanılan Parametreler 36
Tablo 7.1 Hafta Sayısı Parametresinin Başarıya Etkisi 38

Tablo 7.2 Graf Tabanlı Yaklaşımın Ortalama Filtereleme Yöntemi ile İmplemente Edildiğinde Başarıya Etkisi 39
Tablo 7.3 Graf Tabanlı Yaklaşımın Arima Yöntemi ile İmplemente Edildiğinde Tahmin Başarısına Etkisi 40
Tablo 7.4 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE 41
Tablo 7.5 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri 41
Tablo 7.6 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri 46
Tablo 7.7 İyileşme Görülen Segmentlerdeki İyileşme Oranları 50
Tablo 7.8 İyileşme Görülmeyen Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları 51
Tablo 7.9 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE 51
Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri . . . 51
Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri . . 56
Tablo 7.12 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri 61
Tablo 7.13 İyileşme Olmayan Segmentlere Ait Kötüleşme Oranları 62
Tablo 7.14 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE 62
Tablo 7.15 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri 62
Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri 67
Tablo 7.17 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri 72
Tablo 7.18 İyileşme Olmayan Segmentlere Ait Kötüleşme Oranları 72
Tablo 7.19 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE . 73
Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri 73
Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri 79
Tablo 7.22 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri 83
Tablo 7.23 İyileşme Olmayan Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları 84
Tablo 7.24 Sıralı ve Sadece Ön segmentler ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE 84

Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri 85
Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri 90
Tablo 7.27 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri 95
Tablo 7.28 LSTM Kullanılarak Oluşturulan Modele Ait Test Sonuçları 96
Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri . . . 96
Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri . . 102
Tablo 7.31 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri 108
Tablo 7.32 İyileşme Olmayan Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları 109
Tablo 7.33 Hibrit Yaklaşım Uygulandığında Segment Bazlı En İyi MAE, MAPE ve Hop Sayıları 109
Tablo 8.1 Segmentlerin Ortalama MAE ve MAPE Sonuçları 118
Tablo 8.2 İyileşme Olmayan Segmentler 119
Tablo 8.3 CNN Modeli Eğitiminde Kullanılan Verisetine Bağlı Olarak MAE'deki İyileşme Oranlarının Segment Sayılarına Göre İncelenmesi 123

ÖZET

Graf Tabanlı Yaklaşım ile Uzun Vadeli Trafik Akış Hızı Tahmini

Ceren KESKİN

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. M. Amaç GÜVENSAN

Günümüzde, özellikle yoğun nüfuslu şehirlerde yaşayan insanlar için trafik çok önemli bir yere sahiptir. İnsanlar işlerini planlarken trafiği hesaba katmak durumunda kalmaktadırlar. Ulaşımlarını gerek özel araç ile gerekse toplu ulaşım ile sağlasalar dahi trafik bilgisine sık sık ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple, trafik akış hızının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca, trafik izleme, rota planlaması ve trafik sıkışıklığını azaltmaya yönelik yapılacak çalışmalar için de oldukça önemlidir. Bu problem ele alınırken literatürde çok sayıda yöntem denenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğu çalışmanın kısa süreli hız tahmini yapabilmeye yönelik olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise komşuluk bilgileri kullanılarak uzun vadeli trafik akış tahmini başarısının artırılması hedeflenmiştir.

Çalışmada, Ortalama Filtreleme Yöntemi, Arima ve derin öğrenme yöntemleri ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tez çıktısı olarak graf tabanlı hibrit bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşıma göre, çalışmada kullanılan lokasyonların birbirleriyle bağlantıları çıkarılmış ve bir graf ağı kurulmuştur. Buna bağlı olarak, lokasyonun sadece kendisine ait geçmiş haftaların hız verilerinin kullanılmasının yanı sıra kurulan graf yapısındaki önünde ve/veya arkasında bulunan lokasyonların da hız bilgileri eğitim ve/veya tahmin süreçlerine dahil edilmiştir. Çalışmada İstanbul'un önemli noktalarına ait 114 segmentin verileri kullanılmıştır.

Çalışma sonunda, graf tabanlı yaklaşımın MAE'de segment verilerinin lokasyona göre sırasız verildiği veriseti ile eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde %6.64'e, segment verilerinin lokasyona göre sıralı verildiği veriseti ile eğitilen CNN modeli ile yapılan

testlerde %7.95'e, segment verilerinin lokasyona göre sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınarak oluşturulan veri ile eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde %18.84'e ve segment verilerinin lokasyona göre sıralı ve zaman penceresi kullanılarak geçmiş haftaların t+/-15 dakikalarının verisetine dahil edilerek eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde ise %12.41'e kadar iyileşme sağladığı görülmüştür. Segment verilerinin lokasyona göre sıralı ve zaman penceresi kullanılarak geçmiş haftaların t+/-15 dakikalarının verisetine dahil edilerek eğitilen LSTM modeli ile yapılan testlerde graf tabanlı yaklaşımın %56.45'lere varan iyileşme sağladığı görülmüştür.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, segment bazlı iyileşme oranlarının daha yüksek olduğu ve segmentlerin kullanılan CNN modeline bağlı olarak iyileşme oranlarının değiştiği görülmüştür. Bu sebeple, yöntemlerin segment bazlı iyileşme sağlayacağı öngörüldüğünden hibrit yaklaşım önerilmektedir. Hibrit yaklaşım ele alındığında, en iyi sonucun alındığı hibrit yaklaşımın sıralı ve önceki haftaların ortalama hız bilgileri ile oluşturulan veri ile eğitilen CNN modelinde alındığı görülmüştür. Hibrit yaklaşım kullanılarak uzun vadeli trafik tahmininde hata oranları MAE'de 8.07, MAPE'de ise 11.67 değerlerine kadar azaltılabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hız Tahmini, Arima, Ortalama, Derin öğrenme, Konvolüsyonel Sinir Ağları, Tekrarlı Sinir Ağları, LSTM, Graf, Graf Konvolüsyonel Ağlar

ABSTRACT

Long Term Traffic Speed Prediction With Graph Based Approach

Ceren KESKİN

Department of Computer Engineering
Master of Science Thesis

Supervisor: Doç. Dr. M. Amaç Güvensan

Today, traffic has a very important place, especially for people living in densely populated cities. People have to consider traffic when planning their business. Even if they provide their transportation by private vehicle or public transportation, the traffic information of the road is often needed. For this reason, it is of great importance to be able to accurately predict the traffic flow rate. In addition, it is of great importance for traffic monitoring, route planning and work to be done to reduce traffic congestion. Many methods have been tried in the literature while dealing with this problem. When the studies in the literature are examined, it is seen that most of the studies are aimed at making short-term speed estimation. In this study, it is aimed to increase the success of long-term traffic flow prediction by using neighborhood information.

In the study, prediction models were created with the Mean Filtering Method, Arima and deep learning methods. As a thesis output, a graph-based hybrid approach is proposed. According to this approach, the connections between the locations used in the study were extracted and a graph network was established. Accordingly, in addition to using the speed data of the past weeks belonging only to the location itself, the speed information of the locations in front of and/or behind the established graph structure are also included in the training and/or estimation processes. In the study, the data of 114 segments belonging to the important points of Istanbul were used.

At the end of the study, the graph-based approach increased to %6.64 in the tests performed with the CNN model trained with the dataset in which the segment data

is unordered according to the location in MAE, and to %7.95 in the tests performed with the CNN model trained with the dataset where the segment data are ordered according to the location. %18.84 in the tests performed with the CNN model trained with the data ordered by location and by taking the average of the previous weeks, and in the tests performed with the trained CNN model by including the segment data ordered by location and using the time window in the dataset of the t+/-15 minutes of the past weeks. It has been observed that it provides up to %12.41 improvement. It has been observed that the graph-based approach provides an improvement of up to %56.45 in the tests performed with the LSTM model, which is trained by including the segment data ordered by location and using the time window to include the t+/-15 minutes of the past weeks.

When the results were evaluated, it was seen that the segment-based recovery rates were higher and the recovery rates of the segments changed depending on the CNN model used. For this reason, a hybrid approach is recommended as it is predicted that the methods will provide segment-based improvement. Considering the hybrid approach, it was seen that the best result was obtained in the CNN model, which was trained with the data created with the sequential and average speed information of the previous weeks. By using the hybrid approach, the error rates in long-term traffic forecasting could be reduced to 8.07 MAE and 11.67 MAPE.

Keywords: Speed Prediction, ARIMA, Average, Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Recurrent Neural Networks, LSTM, Graph, Graph Convolutional Network

1
GİRİŞ

Yoğun nüfuslu şehirlerde yaşayan insanlar için şehir içinde ulaşım büyük bir problem haline gelmiştir. Gittikçe artan nüfus, buna bağlı olarak toplu taşıma araçlarının kalabalıklaşması, insanların daha konforlu seyahat etme ihtiyacı, yollardaki özel araç sayısının gitgide artmasına sebep olmuştur. Bu durum, trafik yoğunluklarında ciddi artışa sebep olmuş ve insanların hayat kalitesini büyük ölçüde etkilemiştir. Dolayısıyla, trafikte beklemeyi en aza indirebilmek adına, insanların gidecekleri noktaya varabilecekleri minimum ve maksimum süreleri seyahatlerinden önce çeşitli uygulamalar aracılığıyla günler önceden minimum hata ile öğrenebilmeleri ihtiyacı doğmuştur.

Trafik akış hızının tahmin edilmesi, özellikle düzenli bir değişim göstermeyen yollar için oldukça zor olmaktadır. Düzensiz trafik akışına sahip kısa vadeli zaman serilerinin, tutarlı modellerin olmaması nedeniyle analizi ve tahmin edilmesi zor olabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında İstanbul'daki yolların 2018 yılına ait verileri kullanılmaktadır. Veriler 1'er dakikalık hız bilgilerinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında 114 farklı segmentin hız verileri kullanılmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde özellikle kısa vadeli trafik akış hızı tahminlerinde çalışma [1]'de de görüldüğü gibi makine öğrenmesi yöntemleri, [1] ve [2]'deki çalışmalarda da çörüldüğü üzere ARIMA (Auto Regressive Moving Average), [3] no'lu çalışmadan da görüldüğü gibi CNN(Convolutional Neural Network) ve LSTM(Long Short Term Memory) yöntemlerine sıklıkla başvurulduğu görülmektedir.

Literatürdeki [4] no'lu çalışmada, uzun vadeli trafik akış hızı tahmini için Ortalama Filtreleme Yöntemi(Mean Filtering Estimation) önerilmektedir. Çalışma kapsamında MFE, farklı hiperparametreler için incelenmiştir. Bu yöntemde, bir t anına ait geçmiş haftaların hız bilgilerinin ortalamaları alınarak t anındaki hız tahmini yapılmaktadır. Ortalama Filtreleme yönteminde üç farklı hiperparametre ile çalışılmıştır. Bu parametreler, hafta sayısı, pencere boyutu ve hop sayısıdır.

Çalışma kapsamında kullanılan bir diğer yöntem ise ARIMA'dır. Genellikle, zaman serisi veriler ile kısa zamanlı tahminler yapabilmek için kullanılan bu yöntemin uzun zamanlı tahmin başarısı incelenmiştir. Bu yöntemde, hop sayısı ve veri boyutu olmak üzere iki hiperparametre kullanılmıştır.

Trafik verileri hem çok stabil hem de çok dinamik bir yapıya sahiptir. Aylarca stabil bir şekilde seyreden trafik verileri aniden bir hava koşulu ile ya da bir kazanın gerçekleşmesi ile değişebilmektedir. Bu sebeple, sadece tek bir segmente ait veriler ile tahmin yapmak her koşulda doğru sonuçlar vermemektedir.

İlgili segmentteki anlık hız henüz yüksek iken önünde bulunan segmentin o anlık hızı daha düşük olabilir. Bu aslında, ilgili segmentteki aracın da o anda bir yavaşlama eğilimi göstereceğine işarettir. Diğer taraftan, segmentin arkasındaki segmentin hız bilgisinin kendisinden düşük ya da yüksek olması da algılayıcıdaki hız bilgisi hakkında bize fikir verebilmektedir. Dolayısıyla, trafik hızı tahmini yaparken sadece ilgili segmentin geçmiş hız verileri ile çalışmak her zaman yeterli olmayabilir. Bu çalışmada, graf tabanlı bir yaklaşım ile komşu segmentlerin de hız bilgilerinin işleme alındığı bir yöntem önerilmiştir. Graf tabanlı yaklaşım MFE, ARIMA, CNN ve LSTM yöntemleri ile uygulanmış ve testler yapılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Projenin asıl amacı graf tabanlı yaklaşımı farklı yöntem ve yaklaşımlar ile gerçekleyerek geçmiş haftaların da verilerini kullanıp uzun vadeli trafik hızı tahmini yapabilmektir. Bu doğrultuda, sadece hızı tahmin edilecek noktanın geçmiş haftalardaki hız bilgilerinin kullanılmasının yanında kendinden önce ve/veya sonra gelen segmentlerin de hız bilgilerinin kullanılmasının başarıyı olumlu etkileyebileceği düşünülmektedir.

Bu bağlamda, segmentlerin hız bilgilerini graf yapısı yardımı ile ilişkilendirerek trafik hızı tahmini yapabilmek ve hata oranlarını azaltmak hedeflenmiştir. Hız tahmin edilirken, hızı tahmin edilen segmentin kendinden önceki ve sonraki segmentlerinin hesaplamaya katılmasının başarıya etkisi incelenmiştir. Kaçıncı komşuluğa kadar segment hız bilgisinin işleme dahil edilmesinin, sadece önündeki segmentin ya da hem önündeki hem de arkasındaki segmentin hız bilgilerinin işleme katılmasının başarıya etkileri incelenmiştir. Bu yeni yaklaşım, ARIMA, ortalama filtreleme, CNN ve LSTM yöntemleri için denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.2 Hipotez

Proje kapsamında, hedefe yönelik yol haritası oluşturan hipotezler belirlenmiştir. Bu hipotezler şu şekildedir:

- Geçmiş haftaların ortalamaları alınırken yalnızca t anının değil, t+k/t-k anlarının hız bilgilerinin de kullanılması tahmin başarısını artıracaktır.
- Geçmiş haftaların ortalamaları alınırken kaç hafta geriye gidildiği tahmin başarısını büyük ölçüde etkileyebilir.
- Derin öğrenme tabanlı yöntemler, zaman serisi veriler ile başarılı tahminler yapabilir.
- Segmentlerin karakteristiklerinin doğru bir şekilde çıkarılması tahmin başarısını artıracaktır.
- Graf tabanlı bir yaklaşım ile ilgili segmentin ön ve arka segmentlerinin hız bilgilerinin de kullanılması tahmin başarısını artıracaktır.
- Her bir segmentin karakteristiği kendine özel olduğundan CNN yönteminde her biri için ayrı model oluşturulması başarıyı artıracaktır.
- Standart sapması yüksek segmentlerde, graf tabanlı yaklaşımın kullanılması tahmin başarısını büyük ölçüde artıracaktır.
- Model oluşturulurken LSTM ağlarının da kullanılması başarıyı artıracaktır.

2
Literatür Taraması

Literatürde, trafik hızı tahmini için yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Bunların birçoğu kısa vadeli trafik tahminleri için yapılmıştır, ancak uzun vadeli trafik hızı tahmini amacıyla yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Trafik hızı tahmini için akla ilk gelen en temel yöntemlerden biri hızların ortalamasını almaktır. Ancak, bu çalışmalarda asıl problem karakteristiği oturtulamayan, standart sapması yüksek olan segmentler için tahmin yapmaktır ve ortalama yöntemi bu tür segmentler için her zaman iyi sonuçlar verememektedir. Bu bölümde, literatürde problemi ele alan çalışmalar ve yapılan yaklaşımlar incelenmiştir.

2.1 Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Trafik Akış Hızı Çalışmaları

Yapılan bir çalışmada LSTM-NN ve CNN kullanılmıştır. Trafiği etkileyen parametreler de dahil edilmiştir. İlk etapta yollar kritik parçalra bölünmüştür. Ardından ise bidirectional LSTM kullanılmıştır. Yollar kritik parçalara bölünürken derin öğrenme metodları kullanılmıştır. Diğer çalışmaların aksine bu çalışmada yollara ait resimler kullanılmıştır. CNN ile yolların resimleri verilmektedir, özellikle resimlerin işleme katılması çalışma için büyük bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada veriler 15 dakikalık zaman dilimleri şeklindedir. CNN yönteminde MSE'nin 7.86, LSTM-NN için 10.51, A-NN için 10.85 ve K-NN için ise 16.90 olduğu görülmektedir.30 dakikalık veriler verildiğinde ise bu oranların arttığı gözlemlenmiştir. Bu oranlar, CNN için 9.71, LSTM-NN için 10.14, A-NN 12.90 ve K-NN için 15.12 olduğu görülmektedir. Önceki çalışmaların aksine bu çalışmada derin öğrenme ağları ile LSTM birleştirilmiştir. Bi-LSTM -NN trafik tahminindeki yolları modellemek için kullanılmış ve etkileri gözlemlenmiştir. [5] Tablo 2.1'de sonuçlar gösterilmiştir.

Bir diğer çalışmada ise bundan farklı olarak BP (geriye yayılım) – LSTM kullanılmıştır. Bu yöntemin tercih edilmesindeki amaç, geçmiş sürüş verilerini de dahil ederek daha doğru tahminler yapılmasını sağlamaktır. Çalışmada buna ek olarak, yolların

Tablo 2.1 [5] no'lu Çalışma Sonuçları

MSE	CNN	LSTM-NN	A-NN	K-NN
15'er dakikalık veri	7.86	10.51	10.85	16.90
30'ar dakikalık veri	9.71	10.14	12.90	15.12

karakteristiklerini çıkarabilmek adına Pearson korelasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalar göz önüne alındığında daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. [6]

LSTM yöntemine başvurulan bir diğer çalışmada ise, hem ileri hem de gerideki komşuluklara bakılarak tahmin yapılması hedeflenmektedir. Bunun için iki yönlü ve çok yönlü LSTM ile RNN kullanılmaktadır. Çift yönlü LSTM, geçmiş verilerden bir karakteristik çıkarabilmek için kullanılmıştır. Buna ek olarak bir maskeleme mekanizması kullanılmakta ve bu geçmiş veriler ile eldeki eksik veriler de doldurulmaktadır. Bu modelin, hem otoyollar gibi basit hem de daha karmaşık şehir içi trafikler için doğruluk ve güvenilirlik açısından diğer çalışmalardan daha iyi bir başarı gösterdiği görülmüştür. [7]

2.2 ARIMA ve Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Trafik Akış Hızı Tahmini Çalışmaları

Literatürde kısa süreli trafik hızı tahmini için çeşitli metodlar denenmiştir. Regresyon modelleri, k-NN, ARIMA, makine öğrenmesi algoritmaları, destek vektör makineler (SVR), random forest vs. Ancak, bunların hiçbiri tek başına yeterli olamamaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda lineer regresyon modelinin k-NN'e göre daha başarılı olduğu, bazılarında ise derin öğrenme yaklaşımlarının ARIMA ve SVR gibi makine öğrenmesi yaklaşımlarına nazaran daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Buna istinaden yapılan bir çalışmada, sinir ağları , destek vektör makineleri, random forest ve çoklu regresyon modeli implemente edilmiştir. Bu çalışmada üç farklı senaryo için gözlem yapılmıştır. İlk senaryoda, rasgele seçilmiş yollar için rasgele tarih ve zamanlarda, ikinci senaryoda rasgele seçilmiş yollar için 8 saatlik bir dilimde ve üçüncü senaryoda rasgele yollar için 24 saatlik bir dilim için tahmin yapılmıştı.İlk seanryo için 35 test segmenti kullanılmış ve başarılar ölçülmüştür. SVR yöntemi için MAE' nin 6.25, sinir ağları ile yapılan modelin MAE'sinin 6.57, random forestın 6.44 ve lineer regresyon modeli için başarının 6.90 olduğu gözlemlenmiştir. İkinci senaryoda insanların hareketli olduğu 8 saatlik dilimi göz önünde bulundurulduğunda hata oranın arttığı gözlemlenmiştir.

Üçüncü senaryoda ise, işin içerisine çeşitli etmenler katılmakta ve başarının büyük

oranda arttığı gözlemlenmektedir. Çalışmanın sonunda, 24 saatlik dilimler için hız tahmini yapıldığında; SVR yöntemi için MAE 3.67, sinir ağları için 3.74, random forest için 3.87 ve lineer regresyon modeli için MAE' nin 4.10 olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, bir şehre ait veriler kullanılmakta ve 15'er dakikalık pencere boyutu kullanılmıştır. [1] Tablo 2.2'de sonuçlar görülmektedir.

Tablo 2.2 [1] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar

MAE	SVR	NN	Random Forest	Lineer Regresyon
8 saatlik tahmin	6.25	6.57	6.44	6.90
24 saatlik tahmin	3.67	3.74	3.87	4.10

Kısa süreli trafik hızı tahmini için 2014 yılında yapılan bir çalışmada deneysel mod ayrışımı ve ARIMA model birleştirilerek kullanılmıştır. Bu metodolojide, trafik hızı verilerini bağımsız bileşenlere ayırmak için EMD tekniği kullanılmıştır. EMD, kullanılarak sabit olmayan ve doğrusal olmayan seriler işlemek için uygun, uyarlanabilir bir zaman uzay analizi yöntemidir. Veriler modlara bölünmekte ve çeşitli öngörüler verebilmektedir. Ardından bu modelden elde edilen veriler ARIMA metoduna verilmekmiş ve tahmin yapılmıştır. ARIMA'ya ek olarak A-nn ve HoltWinters yöntemi de implemente edilmiştir. 5 dakikalık tahminler için MAE, EMD-ARIMA için 2.84, ARIMA için 4.36, Holt Winters için 2.70, A-NN için 5.74 olarak gözlemlenmiştir. 10 dakikalık tahminler içinse EMD-ARIMA 3.04, ARIMA 5.05, Holt- winters 4.37 ve A-NN'in MAE'si, 6.20 olarak hesaplanmıştır. Tahmin aralığı genişledikçe MAE' lerin arttığı görülmüştür. [2] Tablo 2.3'de sonuçlar görülmektedir.

Tablo 2.3 [2] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar

MAE	EMD-ARIMA	ARIMA	Holt Winters	A-NN
5 dakikalık tahmin	2.84	4.36	2.70	5.74
10 dakikalık tahmin	3.04	5.05	4.37	6.20

Bir diğer çalışmada ise CNN'e dayalı kısa vadeli bir trafik hızı tahmin modeli implemente edilmiştir. Model, trafik verilerinin uzamsal özelliklerini çıkarmak için CNN kullanmıştır. İşlenmiş trafik özellikleri, birden çok detektörün trafik hızını tahmin etmek için kullanılmıştır. Önerilen yöntemin performansını değerlendirmek için, önerilen modeller sırasıyla ARIMA, LSVR (Doğrusal Destek Vektör Regresyonu), KNN, SAEs, LSTM ve DLM8L algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. ARIMA algoritmasının (p, d, q) parametreleri (4, 0, 4) kullanılmıştır. LSVR çekirdeği doğrusal işlevi kullanır, ceza parametresi 1.0'dır. KNN algoritması beş komşu kullanır ve ağırlık işlevi tek tiptir. Yukarıdaki üç algoritma, her test dedektörü noktasında tahmin testini eğitmek ve çalıştırmak için tek boyutlu zamansal verileri kullanmıştır. LSTM, gizli katmanda 64 birim bulunan tek katmanlı bir yapı kullanmaktadır. [3] Tablo 2.4'de sonuçlar verilmiştir.

Tablo 2.4 [3] no'lu Çalışmaya İlişkin Sonuçlar

MAE	ARIMA	LSVR	K-NN	SAEs	LSTM	DLM8L	CNN
15 dakikalık tahmin	3.78	2.67	3.22	3.05	2.58	2.63	2.61
30 dakikalık tahmin	4.50	3.78	4.56	4.05	3.66	3.60	3.04

2014 yılında yapılan bir çalışmada, ARIMA ve Genetik Programlama (GP) modellerini birleştiren trafik hacmini tahmin etmek için basit ve etkili bir hibrit model geliştirilmiştir. Farklı modelleri birleştirerek, trafik akışının temelini oluşturan modellerin farklı yönleri yakalanmış ve ARIMA modeli, trafik akış zaman serisinin doğrusal bileşenini modellemek için kullanılmıştır. Daha sonra, ARIMA modelinden sonuçları modelleyerek doğrusal olmayan bileşeni yakalamak için GP modeli uygulanmıştır. Hibrit model, 5, 10, 15, 20 dakikalık süreler için tahmin edilmiştir. Sonuçlar, hibrit modelin, yalnızca ARIMA modelini kullanmaktan daha iyi tahmin performansına sahip olduğunu gösterilmiştir. Hibrit modellerin Ortalama Bağıl Hatası (MRE), farklı test zaman aralıkları için % 4,1 ila 6,9 arasında bulunmuştur. [8]

2.3 Graf Tabanlı Yaklaşım ile Trafik Akış Hızı Tahmini Çalışmaları

Trafik hız tahmini için yapılan çalışmalarda LSTM dışında derin öğrenme teknikleri kullanılarak da çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi graf konvolüsyonel sinir ağlarıdır. Yapılan çalışmalarda genellikle zaman ve bağlam özelliklerine bakılarak trafik hız tahmini yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, bunların yanı sıra çevresel etmenlere kaza vs. de bakılmaktadır. İlk etapta trafik hızı üzerinde etkisi olan olaylar incelenmiş, sonrasında bir ikili sınıflandırıcı tasarlanmıştır. Derin öğrenme metodları da kullanılarak bu olayların trafik hızı üzerindeki etkileri çıkarılmıştır. Sonrasında ise bunları kombine edebilmek adına DIGC-Net (Deep Incident Aware Graph Convolutional Network) kullanılmıştır ve LSTM, ARIMA vs. gibi bir çok yöntemden daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. [9]

Trafik hızı tahmini için yapılan birçok çalışma konvolüsyonel sinir ağlarına dayanmaktadır. Buradaki öncelikli amaç farklı segmentler arasındaki ilişkiyi yakalayabilmektir. Bir diğer deyişle, tahmin yapılırken asıl önemli etken bu segmentlerin bağlanabilirliğidir. Bu göz önünde bulundurularak yapılan bir çalışmada, Sıralı Graf Sinir Ağları kullanılmıştır. GNNs ile segmentlerin bağlanabilirliği, özelliklerinin ve aralarındaki bağlantıların nodelar ve edgeler olarak modellenmesi sağlanmıştır. Bu model ile MAE' nin 7 gibi küçük oranlara düştüğü görülmektedir. [10]

Graph Attention Temporal Convolutional Network (GATCN) adlı derin öğrenme

metodunun kullanıldığı bir çalışmada, geçici bağımlılıkları yakalamak için bu tekniğe başvurulmuştur. Bu yöntem ile modele sadece zamansal özellikler değil, mekiansal özelliklerin de dahil edilebilmesi sağlanmıştır. LSTM, GRU gibi yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. 5 dakikalık tahminler için bu çalışmanın MAE'si 3.32 iken, LSTM için 3.72; 10 dakikalık tahminler için GATCN 4.29 olurken, LSTM için MAE 4.66'dır. 20 dakikalık tahminler için ise GATCN yönteminin MAE'si 5.38 olmakta ve diğer yöntemlere oranla daha iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. [11]

2.4 Tez Kapsamında Yürütülen Çalışmanın Literatüre Katkısı

Literatürde yer alan ortalama filtreleme yöntemi farklı parametreler için incelenmiştir. Ayrıca, bu yöntemin graf tabanlı yaklaşım ile başarıyı ne yönde etkilediği incelenmiştir.

Genellikle kısa vadeli tahminler için kullanılan Arima yönteminin uzun vadeli tahminlerde kullanıldığında alınan sonuç ve graf tabanlı yaklaşımın bu yönteme etkisi incelenmiştir.

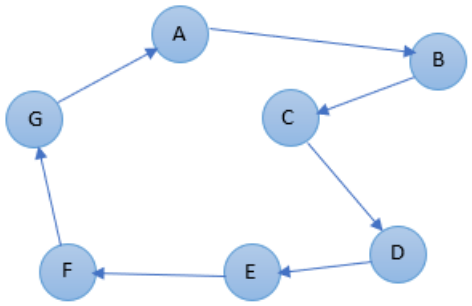
Graf tabanlı yaklaşım, uzun vadeli trafik akış hızı tahmini için gerçeklenmiş ve farklı yöntemler için graf tabanlı yaklaşımın etkileri sunulmuştur.

Graf tabanlı yaklaşımda farklı hop sayıları ile oluşturulan modellerin segment bazlı değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bu doğrultuda, her segment için en yüksek başarıyı gösteren hop sayısı ile oluşturulan modelin kullanıldığı hibrit bir yaklaşım önerilmiştir.

3
Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmininde Graf Tabanlı Yaklaşım ve Kullanılan Yöntemler

3.1 Graf Tabanlı Yaklaşım

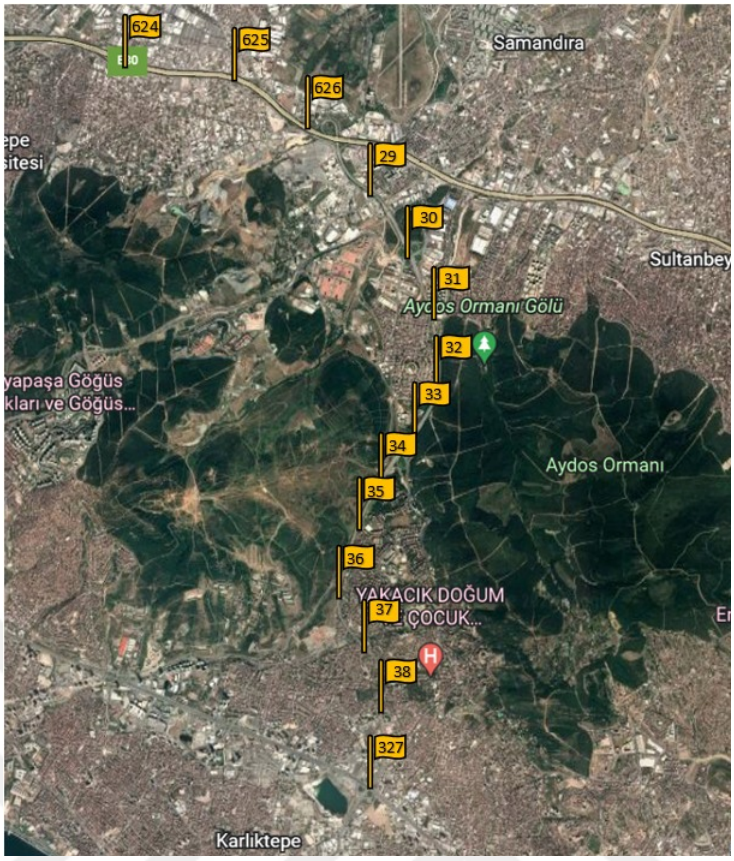
Graf veriyapısı bilgisayar bilimlerinde birçok problemin çözümünde kullanılan bir yaklaşımdır. Graf yapısında nesneler düğümler ile, bu nesneler arasındaki bağlantılar ise kenarlar ile ifade edilmektedir.



Şekil 3.1 Graf Yapısı

Şekil 3.1'de yönlü bir graf yapısı görülmektedir.

Projenin hedefi doğrultusunda, tahminlerin daha yüksek doğruluk ile yapılabilmesi için her bir segmentin kendi hız karakteristiklerinin doğru bir şekilde çıkarılabilmesi çok önemlidir. Çalışma kapsamında, İstanbul'a ait yol parçalarının 2018 yılına ait hız verileri kullanılacağı düşünüldüğünde şehre ait her yol parçası aslında birbirleriyle bağlantılı olduğundan yönlü bir graf yapısı oluşturmaktadır. Buradan yola çıkılarak, bir segmentin hız karakteristiği analiz edilirken kendi hız bilgilerine bakılmasının yanı sıra kendinden önce gelen ve kendinden sonra gelen segmentlerin hız bilgilerinin de kullanılmasının başarıya olumlu etki edeceği düşünülmektedir. Buna bağlı olarak, bu tez çalışmasında graf tabanlı bir yaklaşım önerilmektedir.



Şekil 3.2 Segmentler için Kurulan Graf Yapısı

Şekil 3.2'de, kurulan graf yapısından bir kesit gösterilmiştir. Yapılan çalışmada, ilgili segmentin komşu segmentleri hop olarak ifade edilmektedir.

Şekildeki 32 segmentini ele alırsak;

- 0 hop ile çalışma yapılırken sadece segmentin kendi verileri,
- 1 hop ile çalışma yapılırken 31,32 ve 33 segmentlerinin verileri,
- 2 hop ile çalışma yapılırken 30, 31, 32, 33 ve 34 segmentlerinin verileri,
- 3 hop ile çalışma yapılırken ise 29, 30, 31, 32, 33, 34 ve 35 segmentinin verileri

kullanılacaktır.

Graf tabanlı yaklaşım ele alınırken, Ortalama Filtremeleme Yöntemi (MFE), Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA), Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) olmak üzere dört farklı yöntem gerçeklenmiştir. Bu yöntemler, bölüm 3.2'de detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2 Kullanılan Yöntemler

Çalışma kapsamında graf tabanlı yaklaşım dört farklı yöntem ile incelenmiştir. Bu bölümde kullanılan yöntemler detaylı olarak anlatılmaktadır.

3.2.1 Ortalama Filtreleme Yöntemi

Literatürdeki [4] no'lu çalışma incelendiğinde, ortalama filtrele yönteminin uzun vadeli trafik akış hızı tahmini için kullanıldığı görülmektedir. Aynı yöntem için çeşitli hiperparametreler incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Çalışma kapsamında kullanılan veri seti sabit zaman aralıklarından oluşan veriler içermektedir. Bu tip verisetleri zaman serisi veri olarak adlandırılmaktadır. Zaman serisi verilerin analizlerinde geçmiş zamanlara ait veriler incelenmekte, bu verilerden tahminler yapılmaktadır. Bu bağlamda trafik verileri analiz edildiğinde, haftanın aynı günlerinin t anlarında benzer hız karakteristikleri olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkılarak, t anındaki hızı tahmin edebilmek adına geçmiş k haftaya ait verilerin ortalamasını alan bir yöntem olan Ortalama Filtreleme Yöntemi sunulmaktadır. Ortalama yönteminde t anına ait tahminler yapılırken 3 farklı parametrenin tahmin başarısına etkisi gözlemlenmiştir. Table 3.1'de kullanılan parametreler görülmektedir.

Tablo 3.1 Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahminine Etki Eden Hiperparametreler

Hiperparametreler	**Açıklama**
Pencere Boyutu	Hız bilgisinin T + k, t, t-k zaman periyotlarının tahmin başarısı üzerindeki etkisi
Hafta Sayısı	Tahminlerde bulunurken ilgili zaman diliminden t-k hafta verilerinin kullanılmasının başarıya etkisi
Hop Sayısı	Segmentin hız bilgisinden önce ve sonra kaç segmentin sürece dahil edildiğinin tahmin başarısına etkisi

İlk olarak T + k, t, T - k zaman periyotlarında hız bilgilerinin ortalaması alınarak pencere boyutunun etkisi incelenmiştir. Bu adımda, t anını tahmin ederken sadece geçmiş haftaların t anındaki hız bilgileri ortalamaya alınmamış onun yanında t + k, t ve t- k anlarındaki hız bilgileri ortaya dahil edilmiştir.

$$P_t = \begin{cases} \frac{[\sum_{p=1}^{P} V_{t-p} + V_{t+p}] + V_t}{2P+1} & P > 0 \\ V_t & P=0 \end{cases} \tag{3.1}$$

Eşitlik 3.1'de, pencere boyutunun değişimine bağlı olarak ortalamanın değişimi

görülmektedir.

Ortalama yöntemi ile analiz edilen bir diğer parametre ise hafta sayısıdır. Bu yöntem ile t anındaki hızı hesaplarken kendinden önceki k haftanın ortalamasının alınmasının tahmin başarısına etkisi incelenmiştir. Bu parametreye ilişkin hesaplama Eşitlik 3.2'de görülmektedir.

$$W_t = \frac{[\sum_{i=1}^{W} P_{t-7*i}]}{W} \tag{3.2}$$

Son olarak, tez kapsamında önerilen graf tabanlı yaklaşımın Ortalama Yöntemi'nde nasıl bir etki gösterdiği incelenmiştir. Ortalama hızlar hesaplanırken, ilgili segmentin önündeki ve arkasındaki segmentlerin hızlarının ortalamaya dahil edilmesinin tahmin başarısına etkisi gözlemlenmiştir. Eşitlik 3.4'de, buna ilişkin formül görülmektedir.

$$x = S\text{-}m, y = S + m \tag{3.3}$$

$$V_H^S = \begin{cases} \frac{[\sum_{m=1}^{H} w_t^x + w_t^y] + w_t}{2H+1} & P > 0 \\ w_t & P = 0 \end{cases} \tag{3.4}$$

3.2.2 Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA)

ARIMA, zaman serilerinin analizi ve gelecek zaman dilimi için öngörü üretebilmekte kullanılan istatistiksel bir yöntemdir.

ARIMA, adını şu şekilde açıklanan yaklaşımlardan almıştır;

- *AR*: Otoregresyon. Bir gözlem ile bazı gecikmeli gözlemler arasındaki ilişkiyi açıklayan yapı.
- *I*: Entegre. Zaman serilerini durağan hale getirmek için ham gözlemlerin farkının kullanılması.
- *MA*: Hareketli Ortalama. Gecikmeli gözlemlere uygulanan hareketli ortalama modelinden elde edilen bir gözlem değeri ile hesaplanan hata arasındaki bağımlılığı kullanan bir model.

Bu bileşenlerin her biri modelde bir parametre olarak tanımlanır. ARIMA modelinin parametreleri aşağıdaki gibidir:[12]

- p: Modele dahil edilen gecikme gözlemlerinin sayısı, gecikme sırası olarak da adlandırılır.
- d: Ham gözlemlerin fark edilme sayısı, aynı zamanda fark derecesi olarak da adlandırılır.
- q: Hareketli ortalamanın sırası olarak da adlandırılan hareketli ortalama penceresinin boyutu

ARIMA modeli, geçmiş değerleri üzerindeki zaman serisi verilerini kullanarak verileri açıklamayı amaçlar ve tahminlerde bulunmak için doğrusal regresyon kullanır. ARIMA modeli, zaman serisinin onu durağan hale getirmek için en az bir kez farkının alındığı ve AR ile MA terimlerini birleştirdiğiniz modeldir.[13] Denklem, Eşitlik 3.5'te görülmektedir.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t\text{-}1} + \ldots + \beta_p Y_{t\text{-}p} \epsilon_t + \phi_1 \epsilon_{t\text{-}1} + \ldots + \phi_q \epsilon_{t\text{-}q} \tag{3.5}$$

ARIMA modeli, durağan verilerle zaman serisi tahmini için en iyi modellerden biridir. Ancak durağan olmayan veriler kullanılırken bu yöntem yetersiz kalabilmektedir. Durağan verilerle çalışırken hem kısa vadeli hem de uzun vadeli tahminlerde oldukça başarılı olmasına rağmen, durağan olmayan verilerle, trafik hızı tahmini gibi, uzun vadeli tahmin senaryoları için yetersizdir.

Çalışma kapsamında önerilen graf tabanlı yaklaşım, ARIMA ile implemente edilerek sonuçlar analiz edilmiştir.

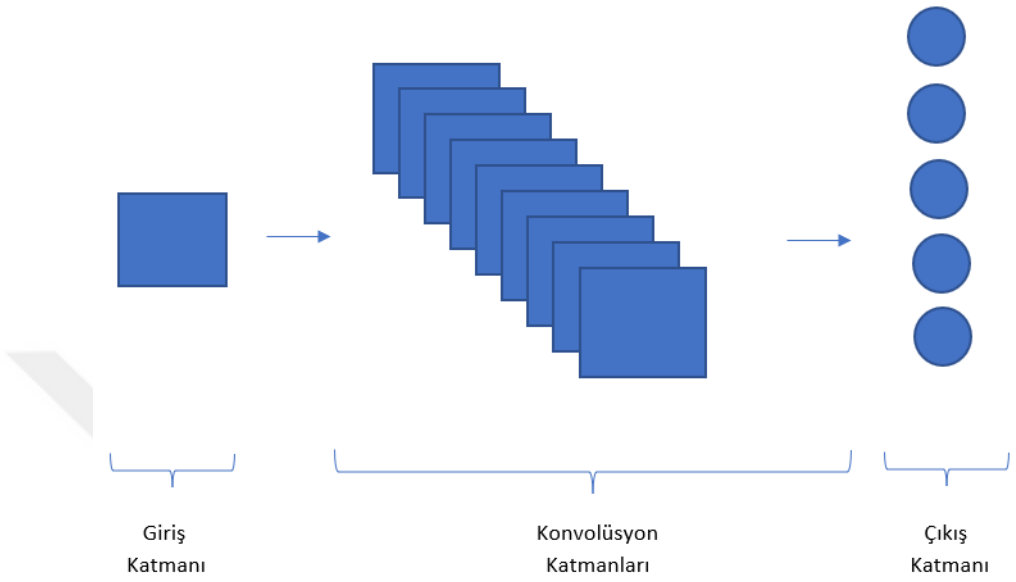
3.2.3 Evrişimli Sinir Ağları (CNN)

Evrişimli sinir ağları , bir makine öğrenme tekniği olan bir tür yapay sinir ağıdır. Bu sinir ağları, her biri nöron adı verilen bir dizi öğrenilebilir filtre içeren bir veya daha fazla gizli katmandan oluşurlar.

Evrişimsel katmanlar, evrişimli sinir ağlarında kullanılan ana yapı taşlarıdır. Bir evrişim bir filtrenin girişe uygulanması anlamına gelmektedir.

Evrişimli sinir ağları, giriş değerlerini matris olarak alır ve bu giriş verileri üzerinden bir filtre uygular. Filtreler, kayan bir pencere aracılığıyla verilere uyguladığımız

küçük birimlerdir. Uygulanan bu filtreler ile yeni bir özellik haritası çıkarılır. CNN algoritmalarında öğrenilen parametreler bu filtrelerdeki değerlerdir. Model sürekli olarak bu değerleri günceller ve özellikleri daha da iyi tespit etmeye başlar. Şekil 3.3'de oluşturulan CNN modeline ait bir kesit görülmektedir.



Şekil 3.3 CNN Modeli Katman Yapısı

CNN yapısı gereği, evrişim, havuzlama ve sınıflandırma bölümlerinden oluşmaktadır.

Evrişim işleminin amacı, giriş görüntüsünden ayırt edici özellikleri çıkarmaktır. Diğer katman ise Havuzlama katmanıdır. Havuzlama katmanı, Evrişimli Özelliğin uzamsal boyutunu küçültmekten sorumludur. Bu, boyutsallık azaltma yoluyla verileri işlemek için gereken hesaplama gücünü azaltmaktır. Ayrıca, rotasyonel ve konumsal değişmez olan baskın özelliklerin çıkarılması için yararlıdır, böylece modelin etkin bir şekilde eğitilmesi sürecini sürdürür. [14]

3.2.4 Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM)

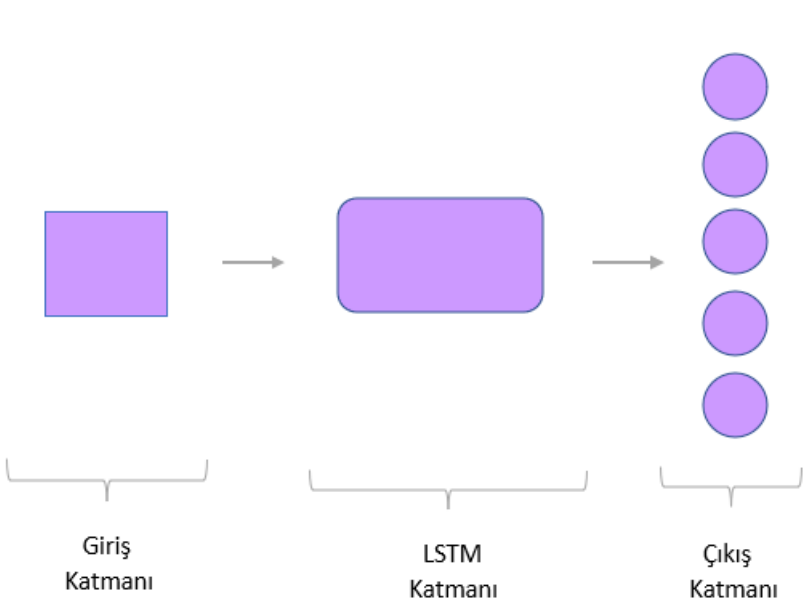
Uzun Kısa Süreli Bellek, bir tür tekrarlayan sinir ağıdır. RNN'de son adımın çıkışı, mevcut adımda giriş olarak beslenir. LSTM, Hochreiter Schmidhuber tarafından tasarlanmıştır. RNN'nin uzun süreli bellekte saklanan kelimeyi tahmin edemediği ancak son bilgilerden daha doğru tahminler verebildiği RNN'nin uzun vadeli bağımlılıkları sorununu ele aldı. Boşluk uzunluğu arttıkça RNN verimli bir performans vermemektedir. LSTM, varsayılan olarak bilgileri uzun bir süre saklayabilir. Zaman serisi verileri temelinde işlemek, tahmin etmek ve sınıflandırmak için kullanılır. [15] LSTM, dört sinir ağı ve hücre adı verilen farklı bellek bloklarını içeren bir zincir

yapısına sahiptir. Bilgi hücreler tarafından tutulur ve hafıza manipülasyonları kapılar tarafından yapılır.

LSTM üç farklı kapıdan oluşmaktadır. Bu kapılar şunlardır;

- Unut Kapısı(Forget Gate) : Bilgilerinin unutulup unutulmayacağına kara veren kapıdır. Aktivasyon fonksiyonlarını kullanarak karar vermektedir.
- Giriş Kapısı (Input Gate) : Hücrede saklanan bilgilerin güncellenmesine karar vermektedir.
- Çıkış Kapısı (Output Gate) : Bir sonraki hücreye aktarılacak bilgiyi belirleyen ve tahmin yapan kapıdır.

LSTM yapısında bir hafıza hücresi kendinden önceki bilgiyi bir sonraki hücreye aktarılmaktadır. Bu yapı, zaman serisi verisetlerinde, önceki zaman verilerini birbirleri arasında bir bağlantı kurarak önceki zaman verileri ile geleceğe yönelik tahmin yapmak için kullanışlı olabilmektedir. Şekil 3.4'da kurulan LSTM modeli için katman yapısı görülmektedir.



Şekil 3.4 LSTM Modeli Katman Yapısı

4
Veriseti Analizi

Bu bölümde, çalışmada kullanılan veriseti incelenecek ve önişleme adımları anlatılacaktır.

4.1 Veriseti

Çalışma kapsamında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin sağladığı, İstanbul'un 2018 yılına ait sanal segmentlerinin hız verileri kullanılmıştır. Sanal segmentler, 1000'er metrelik bölgeleri temsil eder ve bu bölgede yer alan fiziksel segmentlerin ortalama hız bilgilerini içerir.

Veriler, her bir segmentin bulunduğu noktada yer alan algılayıcılardan toplanmış birer dakika aralıklarla alınmış hız bilgilerini içermektedir. Tablo 4.1'de ham verisetinden bir kesit verilmiştir.

Tablo 4.1 10 no'lu Segmente Ait Örnek Hız Verisi

vSegId	vSegDir	FusedDate	FusedSpeed
10	0	2018-01-01 00:00	80 km/s
10	0	2018-01-01 00:01	82 km/s
10	0	2018-01-01 00:02	83 km/s
10	0	2018-01-01 00:03	81 km/s
10	0	2018-01-01 00:04	82 km/s

Verisetindeki vSegId kolonu algılayıcının id'sini, vSegDir kolonu algılayıcının yönünü, FusedDate zaman bilgisini, fusedSpeed ise t anındaki hız bilgisini ifade etmektedir.

Verisetinde eksik veriler bulunmaktadır. Eksik veri bulunan kayıtlar kendisine en yakın kaydın hız verisi ile tamamlanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, trafik hızı tahminlerinde kullanılan verisetindeki hız bilgilerinin 5'er dakika aralıklarla alınarak kullanıldığı görülmektedir buna bağlı olarak veri boyutunun performansa etkisi de gözetildiğinden, 1 dakikalık hız verileri 5 dakikalık verilere dönüştürülmüştür.

Tablo 4.2 10 no'lu Segmente Ait Beşer Dakikalık Aralıklar ile oluşturulan Verisetinden Örnek

vSegId	vSegDir	FusedDate	FusedSpeed
10	0	2018-01-01 00:00	81.6 km/s

Tablo 4.2'da, tablo 4.1'daki birer dakikalık hız verilerinin ortalaması alınarak oluşturulmuş veri görülmektedir.

4.2 Çalışmada Kullanılan Algılayıcılar

Çalışma kapsamında, 114 farklı algılayıcıya ait hız verileri kullanılmış ve testler bu algılayıcılar için tamamlanmıştır.



Şekil 4.1 Çalışmada Kullanılan Segmentler

Şekil 4.1'de, çalışmada kullanılan 114 farklı algılayıcının lokasyonları gösterilmiştir.

4.3 Derin Öğrenme Metodları için Graf Tabanlı Yaklaşım ile Verisetinin Düzenlenmesi

İBB'nin sağlamış olduğu birer dakikalık hız verileri işlenerek beşer dakikalık verilere dönüştürülmüştür. Ancak, derin öğrenme metodlarının yapısı gereği verilerin yeniden düzenlenmesi gerekmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında graf tabanlı bir yaklaşım

önerilmektedir. Graf tabanlı yaklaşım gereği, bir segmentin veriseti kendi verisinin yanında komşu segmentlerinin de verilerini içerecek şekilde yeniden düzenlenmiştir.

Veriseti üç farklı şekilde oluşturulmuştur. Bunlar aşağıdaki başlıklarda detaylı olarak incelenecektir. Oluşturulan üç verisetinde de ortak olan kolonlar şu şekildedir;

- **Seg Id :** Segmentin kimliğini ifade etmektedir.
- **Day :** Bu kolon 1 ile 7 arasında değer almaktadır. Bu değerler
  - **1 :** Pazartesi
  - **2 :** Salı
  - **3 :** Çarşamba
  - **4 :** Perşembe
  - **5 :** Cuma
  - **6 :** Cumartesi
  - **7 :** Pazar

  olacak şekildedir.
- **Five Min Order :** 1 gün 1440 dakika ve veriler oluşturulurken 5'er dakikalık aralıklarla oluşturulduğundan bir gün için 288 tane 5 dakikalık veri bulunmaktadır. Bu kolon 1. beş dakika, 2. beş dakika vb. şeklinde değerlendirilmektedir. 1 ile 288 arasında değer alabilir.
- **Month Info :** Verinin hangi aya ait olduğunu ifade eder. 1 ile 12 arasında değer almaktadır. İfade ettiği aylar aşağıda verilmiştir;
  - **1 :** Ocak
  - **2 :** Şubat
  - **3 :** Mart
  - **4 :** Nisan
  - **5 :** Mayıs
  - **6 :** Haziran
  - **7 :** Temmuz
  - **8 :** Ağustos
  - **9 :** Eylül
  - **10 :** Ekim

- **11 :** Kasım
- **12 :** Aralık

- **Seg Orders:** Graf tabanlı yaklaşım gereği, herbir segment için veriseti oluşturulurken sadece ilgili segmentin hız verilerinin yanı sıra, kendinden önceki ver sonraki segmentlerin de hız verileri verisetine dahil edilmektedir. Bu kolon, hız verisinin alındığı segmentin ilgili segmente olan uzaklığını ifade etmektedir. -3 ile 3 arasında değer alabilir. Şu şekilde özetlenebilir;
  - **-3 :** Kendinden 3 önceki segmenti ifade etmektedir.
  - **-2 :** Kendinden 2 önceki segmenti ifade etmektedir.
  - **-1 :** Kendinden 1 önceki segmenti ifade etmektedir.
  - **0 :** Segmentin kendisini ifade etmektedir.
  - **1 :** Kendinden 1 sonraki segmenti ifade etmektedir.
  - **2 :** Kendinden 2 sonraki segmenti ifade etmektedir.
  - **3 :** Kendinden 3 sonraki segmenti ifade etmektedir.
- **Target Speed :** İlgili segmentin t anındaki hız bilgisini temsil etmektedir.

4.3.1 Önceki 4 Haftanın t Anındaki Hız Bilgilerinin Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi

Verisetine bir t anına ait hız bilgisinin yanı sıra t-1, t-2, t-3 ve t-4 olacak şekilde geçmiş haftaların da t anına ait olan hız bilgileri eklenmiştir. Buna ek olarak, verisetinde bulunan tarih bilgisi kolonlara bölünmüştür. Ay bilgisi, gün bilgisi, dakika ve saat bilgileri, sayısal olarak düzenlenmiştir. Tablo 4.3'de verisetinin yeni yapısı görülmektedir.

Tablo 4.3 Oluşturulan verisetinden bir kesit

Seg Id	Prev week 1	Prev week 2	Prev week 3	Prev week 4	Day	Five min order	Month info	Seg orders	Target speed
419	82.8	87.8	85.6	85.0	4	1	2	0	85.6

Verisetine yeni eklenen kolonlar ve ifade ettikleri bilgiler şu şekildedir;

- **Prev Week 1 :** İlgili segmentin kendisinden bir hafta önceki t anındaki hız bilgisini ifade etmektedir.

- **Prev Week 2 :** İlgili segmentin kendisinden iki hafta önceki t anındaki hız bilgisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 :** İlgili segmentin kendisinden üç hafta önceki t anındaki hız bilgisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 :** İlgili segmentin kendisinden dört hafta önceki t anındaki hız bilgisini ifade etmektedir.

Tablo 4.3 şu şekilde yorumlanabilir, haftanın 4. gününün 1. 5 dakikasındaki hız bilgisi 85.6'dır. Prev week 1, prev week 2, prev week 3 ve prev week 4 kolonları önceki haftaların aynı anındaki hız bilgilerini ifade etmektedir. Month info kolonu ise yılın 2. Ayının verisiverisi olduğunu ifade etmektedir. Seg orders kolonu ise kurulan graf yapısındaki segmentin yerini ifade etmektedir, örneğin 0 segmentin kendi hız bilgisi olduğunu, -3 kendinden 3 önceki segmentin hız bilgisi olduğunu ifade etmektedir. Eğitime seg orders ve seg id kolonları dahil edilmemektedir.

4.3.2 Önceki 4 Haftanın t Anındaki Hız Bilgilerinin Ortalaması Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi

Verisetine bir t anına ait hız bilgisinin yanı sıra geçmiş haftaların da t anına ait olan hız bilgilerinin ortalaması alınarak hız verisi eklenmiştir. Tablo 4.4'de oluşturulan verisetinden bir parça görülmektedir.

Tablo 4.4 Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Verisetine Ait Bir Kesit

Seg Id	Prev weeks	Day	Five min order	Month info	Seg orders	Target speed
419	82.8	4	1	2	0	85.6

Tablo 4.4'de görüldüğü gibi oluşturulan yeni verisetinde Prev Weeks kolonu bulunmaktadır. Bu alan, t anından 4 hafta, 3 hafta, 2 hafta ve 1 hafta önceki t anlarına ait hız verilerinin ortalamasını ifade etmektedir.

4.3.3 Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Verisetine Dahil Edilerek Verisetinin Düzenlenmesi

Verisetine geçmiş haftalara ait hız verileri eklenirken t + 15, t + 10, t + 5, t, t - 5, t - 10 ve t - 15 anlarına ait hız bilgileri de eklenerek yeni bir veriseti elde edilmiştir.

Tablo 4.5'de görüldüğü şekilde veriseti oluşturulmuştur.

Tablo 4.5 Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgileri ile Oluşturulan Verisetine Ait Bir Kesit

Seg Id	419
prev week 1 (t + 15)	83.4
prev week 1 (t + 10)	82.4
prev week 1 (t + 5)	81.8
prev week 1 (t)	82.8
prev week 1 (t - 5)	84.8
prev week 1 (t - 10)	86.4
prev week 1 (t - 15)	85.2
prev week 2 (t + 15)	88.0
prev week 2 (t + 10)	85.2
prev week 2 (t + 5)	85.2
prev week 2 (t)	87.8
prev week 2 (t - 5)	85.2
prev week 2 (t - 10)	79.8
prev week 2 (t - 15)	83.4
prev week 3 (t + 15)	86.6
prev week 3 (t + 10)	88.8
prev week 3 (t + 5)	87.4
prev week 3 (t)	85.6
prev week 3 (t - 5)	83.6
prev week 3 (t - 10)	87.6
prev week 3 (t - 5)	86.8
prev week 4 (t + 15)	84.4
prev week 4 (t + 10)	82.8
prev week 4 (t + 5)	84.8
prev week 4 (t)	85.0
prev week 4 (t - 5)	86.4
prev week 4 (t - 10)	84.0
prev week 4 (t - 15)	81.2
day	4
five min order	1.0
month info	2.0
seg orders	0
Target Speed	85.6

Verisetini şu şekilde yorumlayabiliriz;

- **Prev Week 1 (t + 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 15 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t + 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 10 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t + 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 5 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t - 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 5 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t - 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 10 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 1 (t - 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının bir hafta öncesindeki t anından 15 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t + 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 15 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t + 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 10 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t + 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 5 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t - 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 5 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t - 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 10 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 2 (t - 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının iki hafta öncesindeki t anından 15 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t + 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 15 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.

- **Prev Week 3 (t + 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 10 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t + 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 5 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t - 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 5 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t - 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 10 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 3 (t - 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının üç hafta öncesindeki t anından 15 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t + 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 15 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t + 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 10 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t + 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 5 dakika sonrasına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anına ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t - 5) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 5 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t - 10) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 10 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.
- **Prev Week 4 (t - 15) :** hedef hız vektörüne ait t anının dört hafta öncesindeki t anından 15 dakika öncesine ait hız verisini ifade etmektedir.

4.3.4 Graf Tabanlı Yaklaşım için Verisetinin Düzenlenmesi

Graf tabanlı yaklaşım gereği, derin öğrenme modelleri oluşturulurken modeli oluşturulacak segmentin verilerinin yanı sıra, kendinden önce ve sonra gelen segmentlerin de verileri verisetine dahil edilmektedir.

Şekil 4.2'de 32 segmenti için kurulan bir graf yapısı ve hangi segmentlerin verisetindeki seg orders kolonundaki hangi veriye denk geldiği gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Segmentler için Kurulan Graf Yapısı

Şekil 4.2'de örnek verilen graf yapısına ait oluşturulan verisetinden bir kesit Tablo 4.6'de gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Graf Tabanlı Yaklaşım için Oluşturulan Veriseti

seg Id	prev week 1	prev week 2	prev week 3	prev week 4	day	five min order	month info	seg orders	target speed
29.0	90.0	86.0	84.6	80.0	4.0	1.0	2.0	-3.0	91.0
30.0	85.0	92.6	76.6	89.4	4.0	1.0	2.0	-2.0	80.2
31.0	85.0	93.2	76.6	89.0	4.0	1.0	2.0	-1.0	80.2
32.0	**85.6**	**89.8**	**94.0**	**86.6**	**4.0**	**1.0**	**2.0**	**0.0**	**88.0**
33.0	82.0	77.2	85.0	78.0	4.0	1.0	2.0	1.0	74.0
34.0	78.0	82.0	85.0	78.0	4.0	1.0	2.0	2.0	73.6
35.0	78.0	82.0	85.0	78.6	4.0	1.0	2.0	3.0	74.0

5
Yazılım Geliştirmede Kullanılan Araçlar

Tez kapsamında yazılan tüm uygulamalarda, derin öğrenme yöntemlerinde sağladığı kütüphaneler sebebiyle Python dili tercih edilmiştir. Python'ın 3.9.7 sürümü kullanılmıştır.

Verileri okumak ve sınıflandırabilmek için Pandas, Numpy, Os ve Datetime kütüphaneleri kullanılmıştır.

Seçilen hata metriklerine göre hata oranlarının hesaplanabilmesi için Sklearn ve Statistics kütüphaneleri kullanılmıştır.

Derin öğrenme yöntemlerini implemente edebilmek için Tensorflow kütüphanesi ve Tensorflow'a ait Keras kullanılmıştır. Ide olarak Spyder ve Pycharm kullanılmıştır.

Çalışmaya ait eğitim ve testler 2 farklı cihaz üzerinde gerçekleştirilmiştir.

- İşlemci : Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz
- RAM : 16GB
- Ekran Kartı : NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti
- İşletim Sistemi : Windows 10

- İşlemci : Intel(R) Core(TM) i5-6400 CPU @ 2.70GHz 2.70 GHz
- RAM : 16GB
- Ekran Kartı : NVIDIA GeForce RTX 2080 Super
- İşletim Sistemi : Windows 10

6
Sistem Tasarımı

Bu bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler detaylı incelenecektir.

6.1 Ortalama Filtreleme Yöntemi ile Trafik Hızı Tahmini

Ortalama Filtreleme yönteminde 3 farklı parametrenin tahmin başarısına etkisi incelenmiştir. Bu parametreler şunlardır;

- Hafta Sayısı,
- Pencere Boyutu,
- Hop sayısı (graf tabanlı yaklaşım gereği)

MFE yönteminde testler yapılırken her mevsimden birer aylık periyotlar seçilmiştir. Tüm tahminler 208 segment ve her sezondan birer ay seçilerek toplam 4 ay için yapılmıştır.

6.1.1 Verisetinin Sisteme Verilmesi

Bu yöntemde veriseti beşer dakika aralıklar ile işlenmiş olarak programa verilmektedir. Bu yöntem içerisinde kullanılan verisetinden örnek bir kesit Tablo 6.1'de görülmektedir.

Tablo 6.1 Beşer Dakika Aralıklar ile Düzenlenen Verisetinden Bir Kesit

vSegId	vSegDir	FusedDate	FusedSpeed
100	0	2018-01-01 00:00	78 km/s
100	0	2018-01-01 00:05	85 km/s
100	0	2018-01-01 00:10	83 km/s
100	0	2018-01-01 00:15	82 km/s
100	0	2018-01-01 00:20	81 km/s

6.1.2 Hafta Sayısı Parametresine Göre Tahmin Yapılması

Bu parametre incelenirken bir t anına ait tahminlerde, önceki kaç haftanın hız verilerinin alınarak tahmin yapılmasının başarıya etkisi incelenmiştir. Tablo 6.3'de örnek veriler görülmektedir.

Tablo 6.2 Hafta Sayısı Parametresinin Başarıya Etkisi İncelenirken Kullanılan Veriseti

FusedDate	**FusedSpeed**
2018-05-16 14:00	82 km/s
2018-05-23 14:00	85 km/s
2018-05-30 14:00	83 km/s
2018-06-06 14:00	82 km/s
2018-06-13 14:00	81 km/s

Tablo 6.3 Örnek Hız Verisi

Örneğin, 20 Haziran 2018 14:00'daki hızı tahmin edilecektir. Bunun için k hafta geriye gidilerek 14:00'daki hız verilerinin ortalaması alınarak bir tahmin yapılır.

- **k = 1 seçilirse;** 2018-06-13 14:00'e ait olan **81 km/s** hız verisi tahmin olarak sunulur.
- **k = 2 seçilirse;** 2018-06-13 14:00 ve 2018-06-06 14:00'e ait olan hız verilerinin ortalaması alınarak (81 + 82) / 2 = **81.5 km/s** olarak hesaplanır.
- **k = 3 seçilirse;** 2018-06-13 14:00, 2018-06-06 14:00 ve 2018-05-30 14:00' e ait hız verilerinin ortalaması alınarak (81 + 82 + 83) / 3 = **82 km/s** olarak hesaplanır.
- **k = 4 seçilirse;** 2018-06-13 14:00, 2018-06-06 14:00, 2018-05-30 14:00 ve 2018-05-23 14:00'e ait hız verilerinin ortalaması alınarak (81 + 82 + 83 + 85) / 4 = **82.75 km/s** olarak hesaplanır.
- **k = 5 seçilirse;** 2018-06-13 14:00, 2018-06-06 14:00, 2018-05-30 14:00, 2018-05-23 14:00 ve 2018-05-16 14:00'e ait hız verilerinin ortalaması alınarak (81 + 82 + 83 + 85 + 82) / 5 = **82.6 km/s** olarak hesaplanır.

6.1.3 Pencere Boyutu Parametresine Göre Tahmin Yapılması

Hafta sayısı parametresine göre tahmin yapılırken tahmin edilecek olan bir t anının önceki haftalardaki t anlarının hız verilerinin ortalaması kullanılmıştır. Pencere boyutu parametresinde ise t anına ek olarak seçilen k değerine göre t +/- k dakikalık veriler de ortalamaya dahil edilerek tahmin yapılmıştır.

Tablo 6.4 Pencere Boyutu Parametresinin Başarıya Etkisi İncelenirken Kullanılan Veriseti

FusedDate	FusedSpeed
2018-05-16 13:55	84 km/s
2018-05-23 13:55	85 km/s
2018-05-16 14:00	82 km/s
2018-05-23 14:00	85 km/s
2018-05-16 14:05	80 km/s
2018-05-23 14:05	81 km/s
2018-05-16 14:10	79 km/s
2018-05-23 14:10	78 km/s
2018-05-16 14:15	83 km/s
2018-05-23 14:15	82 km/s
2018-05-16 14:20	82 km/s
2018-05-23 14:20	80 km/s
2018-05-16 14:25	79 km/s
2018-05-23 14:25	78 km/s

Tablo 6.4'de verilen örnek veriler ile hafta sayısını 2 seçerek 30 Mayıs 2018 14:10'daki hızı tahmin edecek olursak;

- **k = 1 seçilirse;** 2018-05-16 14:10, 2018-05-16 14:05, 2018-05-16 14:15, 2018-05-23 14:10, 2018-05-23 14:05 ve 2018-05-23 14:15'e ait hız verileri kullanılarak hız (79 + 80 + 83 + 78 + 81 + 82) / 6 = **80.5 km/s** olarak hesaplanır.
- **k = 3 seçilirse;** 2018-05-16 14:10, 2018-05-16 14:05, 2018-05-16 14:00, 2018-05-16 14:15, 2018-05-16 14:20, 2018-05-16 14:25, 2018-05-23 14:10, 2018-05-23 14:05, 2018-05-23 14:00, 2018-05-23 14:15, 2018-05-23 14:20 ve 2018-05-23 14:25' ait hız verileri kullanılarak hız (79 + 80 + 82 + 84 + 83 + 82 + 79 + 78 + 81 + 85 + 85 + 82 + 80 + 78) / 14 = **81.28 km/s** olarak hesaplanır.

6.1.4 Graf Tabanlı Yaklaşım ile Tahmin Yapılması

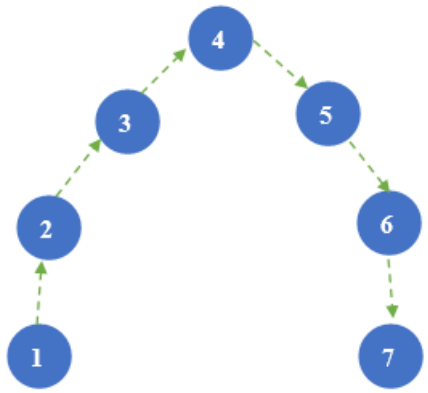
Graf tabanlı yaklaşımda, tahmin edilecek segmentin yanı sıra, onun komşuluk segmentlerinin verileri de tahminlerde kullanılmıştır.

Tablo 6.5'de 4 segmentinin hafta sayısı 1 seçilerek 23-08-2018 14:00 anındaki hızını graf tabanlı yaklaşım ile tahmin edilmesinde kullanılacak veriler görülmektedir.

Tablo 6.5 Graf Tabanlı Yaklaşımda Kullanılan Veriseti

Segment Id	FusedDate	FusedSpeed
1	2018-08-16 14:00	80 km/s
2	2018-08-16 14:00	85 km/s
3	2018-08-16 14:00	83 km/s
4	2018-08-16 14:00	82 km/s
5	2018-08-16 14:00	81 km/s
6	2018-08-16 14:00	81 km/s
7	2018-08-16 14:00	81 km/s

Şekil 6.1'de ise 4 nolu segment için kurulan graf yapısı verilmiştir.



Şekil 6.1 4 Segmentine Ait Graf Yapısı

Bu bilgilere göre, graf tabanlı yaklaşım ile tahmin yapılmak istendiğinde hesaplanan sonuçlar şu şekildedir;

- **Hop sayısı 0 seçilirse;** Sadece 4 segmentine ait hız verisi hesaplamaya katılır ve tahmin edilen hız **82 km/s**'dir
- **Hop sayısı 1 seçilirse;** Segmentin önündeki 5 ve arkasındaki 3 no'lu segmentin hız bilgisi de hesaplamaya katılarak (83 + 82 + 81) / 3 = **82 km/s** olarak hesaplanır.
- **Hop sayısı 2 seçilirse;** Segmentin önündeki 6, 5 ve arkasındaki 2, 3 no'lu segmentlerin hız bilgisi de hesaplamaya katılarak (85 + 83 + 82 + 81 + 81) / 5 = **82 km/s** olarak hesaplanır.
- **Hop sayısı 3 seçilirse;** Segmentin önündeki 7, 6, 5 ve arkasındaki 1, 2, 3 no'lu segmentlerin hız bilgisi de hesaplamaya katılarak (80 + 85 + 83 + 82 + 81 + 81 + 81) / 7 = **81.57 km/s** olarak hesaplanır.

6.2 ARIMA Yöntemi ile Trafik Hızı Tahmini

ARIMA, zaman serisi veriler ile geleceğe yönelik tahminler yapmaya yarayan bir yöntemdir. Çalışma kapsamında kullanılan veriseti zaman serisi verilerden oluştuğundan ARIMA yöntemi ile uzun vadeli tahminler için çalışma yapılmıştır.

ARIMA'da testler yapılırken her mevsimden birer aylık periyotlar seçilmiştir. Tüm tahminler 208 segment ve her sezondan birer ay seçilerek toplam 4 ay için yapılmıştır.

6.2.1 Verisetinin Modele Verilmesi

Bu yöntemde, model oluşturulurken veriseti beşer dakikalık veriler ile oluşturulan hali ile metoda verilmiştir. Tablo 6.6'de modele beslenen verisetine ait bir parça görülmektedir.

Tablo 6.6 Arima Yönteminde Model Eğitilirken Kullanılan Veriseti

vSegId	vSegDir	FusedDate	FusedSpeed
1	0	2018-09-01 00:00	78 km/s
1	0	2018-09-01 00:05	85 km/s
1	0	2018-09-01 00:10	83 km/s
1	0	2018-09-01 00:15	82 km/s
1	0	2018-09-01 00:20	81 km/s

6.2.2 Modelin Oluşturulması

ARIMA kendi özelinde p, d, q olmak üzere üç parametreye sahiptir. Bu parametreler, model oluşturulurken kullanılmaktadır. Parametrelerin detaylı açıklaması Bölüm 3.2.2'de verilmiştir. Tablo 6.7'de model oluşturulurken kullanılan parametrelerin değerleri görülmektedir.

Tablo 6.7 Model Oluşturulurken Kullanılan Parametrelerin Değerleri

p	d	q
1	1	0

6.2.3 ARIMA ile Tahmin Yapılması

Testler sırasında her mevsimden birer aylık periyotlar seçilmiştir. Tüm tahminler 208 segment ve her sezondan birer ay seçilmiş toplam 4 ay için yapılmıştır.

Model oluştuktan sonra tahminler yaptırılmış ve sonuçlar incelenmiştir..

Bu yöntemde 2 farklı parametre seçilmiştir. Bu parametreler şunlardır;

- Veri Boyutu
- Hop Sayısı

Testlerde 2 aylık ve 6 aylık geçmiş zaman verileri ile oluşan model için tahmin yaptırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Ayrıca, graf tabanlı yaklaşım gereği komşuluk segmentlerin de verileri alınarak tahmin başarısı gözlemlenmiştir.

6.3 CNN ile Trafik Hızı Tahmini

CNN yaklaşımında, veriseti 4 farklı şekilde oluşturulmuş ve 4 farklı model eğitilmiştir.

6.3.1 Verisetinin Hazırlanması

Derin Öğrenme yöntemleri için

- Segment verilerinin sırasız olduğu
- Segment verilerinin segment sırasına göre düzenlendiği
- Önceki haftaların hız verilerinin ortalamasının alındığı ve segmentlerin sıralı olarak düzenlendiği
- Önceki haftaların zaman penceresine göre alındığı ve segmentlerin sıralı olduğu

olmak üzere 4 farklı veriseti oluşturulmuştur.

6.3.1.1 Verilerin Sırasız Olarak Düzenlenerek Verisetinin Oluşturulması

Bu verisetinde, kurulan graf yapısındaki segmentlerin verileri ana segment ortada olacak şekilde değil de başta olacak şekilde karışık verilmiştir. Tablo 6.8'de verisetinin görüntüsü verilmiştir.

Tablo 6.8 Sırasız Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit

Seg Id	Prev week 1	Prev week 2	Prev week 3	Prev week 4	day	Five min order	Month info	Seg orders	Target speed
419	82.8	87.8	85.6	85.0	4	1	2	0	85.6
420	85.8	89.6	88.4	88.0	4	1	2	1	88.2
418	84.2	81.8	83.6	83.4	4	1	2	-1	80.2
421	93.2	93.2	96.0	94.6	4	1	2	2	90.6
417	81.0	81.6	83.4	83.6	4	1	2	-2	81.0
422	91.0	91.4	91.8	91.8	4	1	2	3	87.2
416	91.4	92.8	91.6	89.4	4	1	2	-3	88.8

6.3.1.2 Veriler Sıralı Olarak Düzenlenerek Verisetinin Oluşturulması

Bu verisetinde, kurulan graf yapısındaki segmentlerin verileri ana segment ortada olacak şekilde sırasıyla verilmiştir. Tablo 6.9'de verisetinin görüntüsü verilmiştir.

Tablo 6.9 Sıralı Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit

Seg Id	Prev week 1	Prev week 2	Prev week 3	Prev week 4	day	five min order	Month info	Seg orders	Target speed
416	91.4	92.8	91.6	89.4	4	1	2	-3	88.8
417	81.0	81.6	83.4	83.6	4	1	2	-2	81.0
418	84.2	81.8	83.6	83.4	4	1	2	-1	80.2
419	82.8	87.8	85.6	85.0	4	1	2	0	85.6
420	85.8	89.6	88.4	88.0	4	1	2	1	88.2
421	93.2	93.2	96.0	94.6	4	1	2	2	90.6
422	91.0	91.4	91.8	91.8	4	1	2	3	87.2

6.3.2 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınarak Verisetinin Oluşturulması

Bu verisetinde, t anına ait önceki 4 haftanın hız verilerinin ortalaması alınmış tek bir kolon olarak oluşturulmuştur. Tablo 6.10'da örnek veriseti verilmiştir.

Tablo 6.10 Sıralı ve Önceki Haftalardaki Hız Verilerinin Ortalaması Alınarak Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit

Seg Id	Prev weeks	day	Five min order	Month info	Seg orders	Target speed
416	91.3	4	1	2	-3	88.8
417	82.4	4	1	2	-2	81.0
418	83.25	4	1	2	-1	80.2
419	85.3	4	1	2	0	85.6
420	87.95	4	1	2	1	88.2
421	94.25	4	1	2	2	90.6
422	91.5	4	1	2	3	87.2

6.3.3 Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Verisetinin Oluşturulması

Bu veriseti, t anına ait önceki 4 haftanın hız verileri yanında t +/- 15 anlarının da hız verileri alınarak oluşturulmuştur. Tablo 6.11'da örnek veriseti verilmistir.

Tablo 6.11 Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit

Seg Id	416	417	418	419	420	421	422
prev week 1 (t + 15)	92,8	84,8	87,2	86,4	88,8	98,8	94,6
prev week 1 (t + 10)	91,6	87,2	87,2	90,8	92,6	100	97,4
prev week 1 (t + 5)	93,2	86,8	86,6	90	93,4	98,6	96,8
prev week 1 (t)	93,6	85,2	84,4	90,6	93,4	99	96
prev week 1 (t - 5)	95,6	83,8	84,2	87	92,4	97,8	96
prev week 1 (t - 10)	95,6	85	83,8	89,4	92	95,4	92
prev week 1 (t - 15)	92,2	83,4	82,6	86,8	90,2	94,8	92,6
prev week 2 (t + 15)	94,8	88,4	90,2	90,2	92,2	99,8	98,2
prev week 2 (t + 10)	95	90,2	89,2	89,6	91,4	97	95,8
prev week 2 (t + 5)	93	87,4	85,6	86	89	97,8	95,6
prev week 2 (t)	92,4	80,8	81	84,4	87,8	97,4	94
prev week 2 (t - 5)	92,4	82,6	85,4	83,8	87,4	98,2	94,8
prev week 2 (t - 10)	94,2	88,2	86,8	82	85,2	98,2	94,8
prev week 2 (t - 15)	89,4	84,2	86,2	86,6	89	97,4	95
prev week 3 (t + 15)	93,2	88,2	87,8	87,6	90,4	94,2	92,2
prev week 3 (t + 10)	92,4	86	88,4	85,4	84,2	95,4	92,6
prev week 3 (t + 5)	91,8	81,2	85,8	80,2	80	96,6	95,6
prev week 3 (t)	93,4	82	82	85	86,8	99,4	97,2

Tablo 7.5 Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Oluşturulan Verisetinden Bir Kesit (devamı)

prev week 3 (t - 5)	92,2	82	82,8	90,6	91,2	97	94,8
prev week 3 (t - 10)	91,4	85,6	85,4	92,6	93,6	96,6	95,2
prev week 3 (t - 5)	92,4	82	85,6	90	93,4	98,8	96,4
prev week 4 (t + 15)	104,2	68,4	79,6	90	92,6	99,2	98,6
prev week 4 (t + 10)	98,6	73,2	80,2	92,2	97,4	100	97,8
prev week 4 (t + 5)	92,8	83,2	85,6	86,8	89,2	95,6	93,8
prev week 4 (t)	92,4	86,4	91,8	89,4	85,4	92,6	94,6
prev week 4 (t - 5)	85,4	88,6	93,8	89	91,8	95,6	95,4
prev week 4 (t - 10)	87,2	83,6	87	85,8	89,6	91,4	93,2
prev week 4 (t - 15)	95,2	85,2	86,6	91,8	91,6	96,4	96,4
day	6	6	6	6	6	6	6
five min order	34	34	34	34	34	34	34
month info	7	7	7	7	7	7	7
seg orders	-3	-2	-1	0	1	2	3
Target Speed	93,6	87,2	91,8	92,8	95	93	95

6.3.4 Modelin Oluşturulması

Her segment için ayrı bir model oluşturulmaktadır. Eğitimde modele, her ay için geçmiş 2 ayın verileri verilmektedir. Graf tabanlı yaklaşım gereği ilgili segmentin kendinden 3 önceki ve 3 sonraki segmentlerin hız bilgileri de veri setinde yer almaktadır. Bu segmentlerden aşağıda hop olarak bahsedilecektir. CNN modeli oluşturulurken Conv1D katmanı kullanılmıştır. Model oluşturulurken verilen parametreler Tablo 6.12'de görülmektedir.

Tablo 6.12 Derin Öğrenme Modeli Oluşturulurken Kullanılan Parametreler

Epoch Sayısı	100
Kernel Boyutu	2
Optimizer	Adam Optimizer
Hata Metrikleri	Mae, Mape
Batch Boyutu	32, 256

NOT: Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların Verileri ile Oluşturulan Veriseti ile yapılan eğitimde batch boyutu 256 olarak kullanılmış, diğer verisetleri ile oluşturulan modellerde ise batch boyutu 32 olarak kullanılmıştır.

CNN ile tahmin yapılırken 114 segment kullanılmış ve 9 ay için tahmin yapılmıştır.

6.4 LSTM ile Trafik Hızı Tahmini

6.4.1 Verisetinin Hazırlanması

Bu yaklaşımda, sıralı ve zaman penceresi kullanılarak geçmiş haftaların verileri ile oluşturulan veriseti ile model eğitilmiştir. Kullanılan veriseti Bölüm 6.3.3'de detaylı olarak incelenmiştir.

6.4.2 Modelin Oluşturulması

Modelin oluşturulurken tekrar sayısı 100, batch boyutu 512 olarak belirlenmiştir.

LSTM ve dense katmanları kullanılmıştır. Model oluşturulurken verilen parametreler Tablo 6.13'de görülmektedir.

Tablo 6.13 LSTM ile Model Oluşturulurken Kullanılan Parametreler

Epoch Sayısı	100
Optimizer	Adam
Hata Metrikleri	Mae, Mape
Batch Boyutu	512

LSTM ile tahmin yapılırken 114 segment kullanılmış ve 9 ay için tahmin yapılmıştır.

7
Deneysel Sonuçlar

7.1 Hata Metrikleri

Çalışmada elde edilen tahmin sonuçlarının hata miktarı Ortalama Mutlak Hata(MAE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata(MAPE) metrikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Mutlak hata, tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki fark olarak ifade edilmektedir. Ortalama Mutlak Hata ise, toplam mutlak hataların ortalamasının mutlak değeri olarak ifade edilmektedir. Eşitlik 7.1'de, MAE'ye ilişkin formül görülmektedir.

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - x| \tag{7.1}$$

MAPE diğer adıyla ortalama yüzdelik sapma, tahmin edilen değerin gerçek değerinden ne kadar saptığını yüzdelik olarak ifade eden bir metriktir. Eşitlik 7.21'de, MAPE'ye ilişkin formül görülmektedir.

$$\frac{100\%}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{x_i - x}{x_i}\right| \tag{7.2}$$

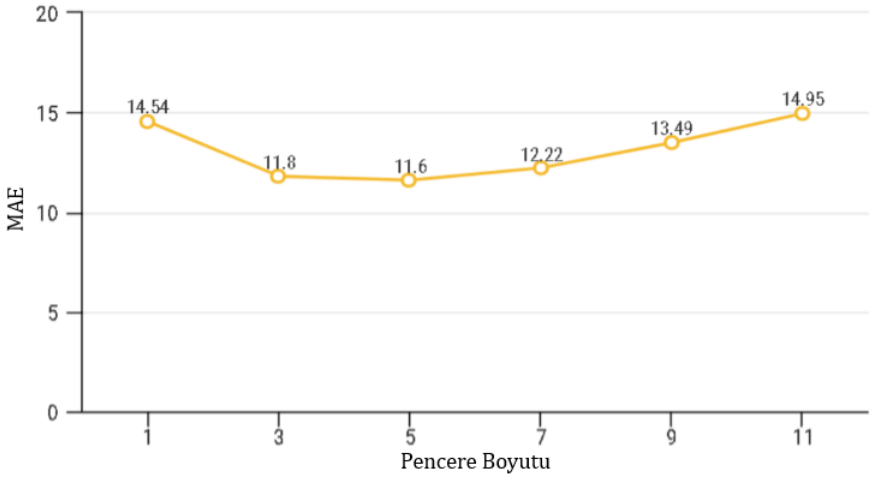
7.2 Ortalama Filtreleme Yöntemi ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini

7.2.1 Kullanılan Hiperparametreler

Ortalama filtreleme yönteminde Hafta Sayısı, Pencere Boyutu ve Hop sayısı parametreleri incelenmiştir.

7.2.2 Farklı Hiperparametrelere Karşılık Elde Edilen Sonuçlar

Ortalama filtreleme yönteminde üç farklı parametre kullanılmıştır. İlk aşamada, pencere boyutunun başarıya etkisi gözlemlenmiştir. Bu parametre test edilirken hop sayısı 0, hafta sayısı 3 olarak alınmıştır. Şekil 7.1'de pencere boyunun başarıya etkisi görülmektedir.



Şekil 7.1 Pencere Boyutunun Tahmin Başarısına Etkisi

Her bir tahmin için kullanılacak pencere boyutu 1'den 11'e kadar değerlendirilmiştir. Şekil 7.1'de pencere boyutu 5 alındığında hata oranının minimum olduğu görülmektedir. Veri aralıkları beşer dakika olarak kullanıldığından + 25 ve -25 dakika aralığındaki verileri kullanmanın başarıyı olumlu etkilediği görülmektedir.

MFE yöntemi için hafta sayısı parametresi de incelenmiştir. Testler sırasında hop sayısı 0 ve pencere boyutu 5 olarak alınmıştır. Tablo 7.1'de hafta sayısının başarıya etkisi görülmektedir.

Tablo 7.1 Hafta Sayısı Parametresinin Başarıya Etkisi

MAE					
Süre	**1 Hafta**	**2 Hafta**	**3 Hafta**	**4 Hafta**	**5 Hafta**
5 dakika	23.30	13.54	9.23	6.57	6.4
20 dakika	25.14	12.95	7.92	6.84	6.70
30 dakika	26.05	12.71	8.03	6.90	6.84
1 saat	25.65	11.61	8.37	7.25	7.17
2 saat	26.13	11.23	8.22	7.42	7.40
4 saat	29.61	12.73	8.89	7.52	7.22
6 saat	30.22	12.58	8.72	7.53	6.95
12 saat	28.64	12.98	9.76	8.78	8.48
1 gün	27.03	13.90	10.02	9.36	9.13
2 gün	29.58	14.14	10.09	9.34	9.12

Tablo 7.1'de görüldüğü gibi, hafta sayısını artırmanın 5 haftaya kadar başarıyı artırdığı gözlemlenmiştir. MFE için son olarak graf tabanlı yaklaşım uygulanmıştır. Hop sayısı değerlendirilirken hafta sayısı 3, pencere boyutu 5 olarak seçilmiştir. Sonuçlar Tablo 7.2'de görülmektedir.

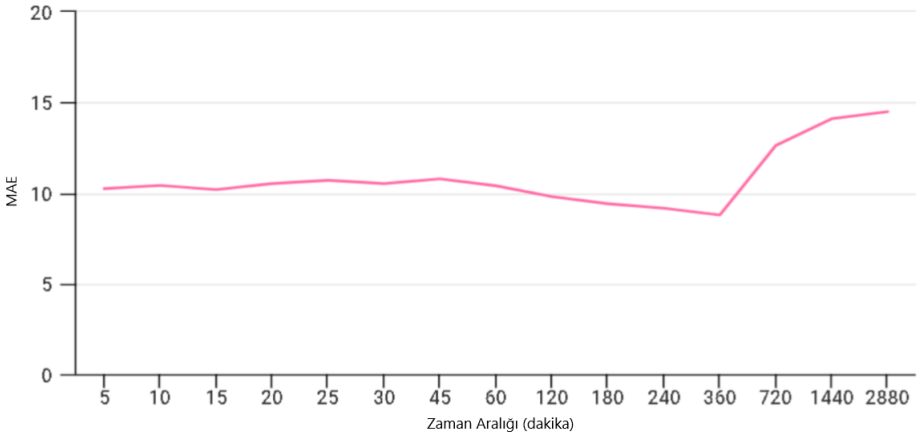
Tablo 7.2 Graf Tabanlı Yaklaşımın Ortalama Filtereleme Yöntemi ile İmplemente Edildiğinde Başarıya Etkisi

MAE				
Süre	**0 Hop**	**1 Hop**	**2 Hop**	**3 Hop**
5 dakika	7.33	8.81	10.01	10
20 dakika	7.53	9.026	10.21	10.41
30 dakika	7.64	9.12	10.31	10.56
1 saat	7.86	9.31	10.57	10.74
2 saat	7.92	9.35	10.59	10.67
4 saat	8.71	10.04	10.7	11.21
6 saat	8.48	9.90	10.57	11.15
12 saat	9.39	11.33	12.17	13.04
1 gün	9.91	12.49	13.82	13.85
2 gün	10.02	12.49	13.82	13.85

7.3 Arima ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini

7.3.1 Graf Tabanlı Yaklaşım Arima ile İmplemente Edildiğinde Elde Edilen Sonuçlar

Arima yöntemi uygulanırken p, d ve q parametreleri 1, 1 ve 0 olarak seçilmiştir. Hop sayısı 0 olarak seçilmiş, sadece tahmin edilecek segmentin hız verileri kullanılmıştır.



Şekil 7.2 Arima Yönteminin Uzun Vadeli Tahmin Başarısı

Şekil 7.2'de 5 dakika ile 2 gün arasındaki zaman periyotları için tahmin sonuçları görülmektedir. Uzun vadeli (6 saat ve daha uzun) tahminlerde hata oranının artmaya başladığı açıkça görülmektedir.

Tablo 7.3, 5, 10, 15 ve 20 dakikalık tahminler için hop sayısını artırmanın sonuçlarını göstermektedir. Hop sayısını artırmanın, özellikle 1 hop için, tahmin başarısını olumsuz etkilediği görülmektedir. Buna ek olarak 25 dakika ve daha uzun tahminler için hop sayısının artırılmasının 1 hop için tahmin başarısını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Tablo 7.3 Graf Tabanlı Yaklaşımın Arima Yöntemi ile İmplemente Edildiğinde Tahmin Başarısına Etkisi

MAE				
Süre	**0 Hop**	**1 Hop**	**2 Hop**	**3 Hop**
5 dakika	10.24	10.40	10.64	10.9
10 dakika	10.42	10.42	10.66	10.91
15 dakika	10.19	10.48	10.72	10.97
20 dakika	10.52	10.53	10.79	11.05
25 dakika	10.7	10.55	10.8	11.05
30 dakika	10.592	10.142	10.173	10.175
45 dakika	10.78	10.5	10.74	10.97
1 saat	10.41	10.4	10.65	10.88
2 saat	9.8	9.79	10.02	10.24
3 saat	9.41	9.4	9.62	9.83
4 saat	9.16	9.16	9.32	9.5
6 saat	8.80	8.79	9.02	9.23
12 saat	12.62	12.5	12.65	12.81
1 gün	14.1	14.06	14.31	14.57
2 gün	14.49	14.35	14.58	14.81

7.4 CNN ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini

7.4.1 Sıralı Olmayan Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları

İlk testte veriler, segmentlerin sırası gözetilmeden eğitime verilmiştir. Eğitimde 4 haftaya kadarki veriler kullanılmıştır.

Verilerin sıralı şekilde verilmediği bu modelde tüm segmentlerin ve ayların ortalama MAE ve MAPE değerlerine bakıldığında herhangi bir iyileşme olmadığı görülmektedir. Tablo 7.4'de bu değerler gösterilmektedir.

Tablo 7.4 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
8,708333333	8,759473684	8,821929825	8,809473684
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
11,80200823	11,82765687	11,87670962	11,87220659

Aynı sonuçlar segment bazlı değerlendirildiğinde, birçok segmentte iyileşme olduğu görülmektedir. Tablo 7.5'de, herbir segmente ait MAE'ler görülmektedir. Graf tabanlı yaklaşımın iyileşme sağladığı segmentler renklendirilmiştir.

Tablo 7.5 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri

Seg Id	MAE 0 HOP	MAE 1 HOP	MAE 2 HOP	MAE HOP3	Lokasyon
29	5,69	6,95	6,76	6,86	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	5,59	5,67	5,9	6,16	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	6,66	6,53	6,5	6,9	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	7,62	7,58	7,83	7,75	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,6	6,46	6,46	6,35	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,48	8,19	8,05	8,1	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,54	6,26	6,39	6,35	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	5,74	5,9	5,74	6,21	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	5,73	5,98	5,83	5,7	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	5,21	5,32	5,15	5,18	Maslak - Büyükdere Cd.
122	7,17	7,2	7,35	7,26	Basın ekspress - tem
123	7,83	8,03	7,81	7,76	Basın ekspress - tem
124	8,26	8,33	8,48	8,46	Basın ekspress - tem
125	7,12	7,01	6,91	6,8	Basın ekspress - tem
126	7,29	7	6,95	6,94	Atatürk Havalimanı yolu
127	7,07	7,15	7,09	7,25	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,03	6,73	6,77	6,93	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,23	5,14	5,51	5,69	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	5,54	5,47	5,73	5,6	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	5,7	5,64	5,83	6,09	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	9,2	9,74	9,99	10	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	6,22	6,87	7,29	7,48	Şile otoyolu
295	9,81	9,99	10,58	10,73	Kağıthane Kemerburgaz Cd

Tablo 7.5 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

310	7,58	7,4	7,2	7,25	D-100 Anadolu Yakası
311	10,71	10,45	10,36	10,35	D-100 Anadolu Yakası
312	8,23	8,13	8,26	8,12	D-100 Anadolu Yakası
313	8,16	8,15	8,6	8,51	D-100 Yenisahra
314	9,09	9,07	9,21	9,22	D-100 Anadolu Yakası
315	9,2	9,28	9,27	9,2	D-100 Anadolu Yakası
316	10,82	11,15	11,24	10,97	D-100 Kozyatağı
317	9,06	9,11	9	9,3	D-100 Anadolu Yakası
318	9,44	9,12	9,41	9,5	D-100 Anadolu Yakası
319	13,2	13,38	13,34	13,64	D-100 Küçükyalı
320	9,31	9,51	10	10,15	D-100 Anadolu Yakası
321	9,05	8,99	9,02	8,83	D-100 Anadolu Yakası
322	9,76	9,75	9,65	9,69	D-100 Anadolu Yakası
323	5,34	5,34	5,57	5,45	D-100 Maltepe
324	5,3	4,97	4,97	5,34	D-100 Anadolu Yakası
415	8	7,84	7,87	8,03	D-100 Küçükçekmece
416	7,22	6,8	6,93	6,85	D-100 Küçükçekmece
417	5,67	5,98	5,74	5,74	D-100 Florya
418	7,3	7,64	7,86	7,64	D-100 Florya
419	7,1	7,14	7,13	7,11	D-100 Beşyol
420	7,47	7,51	7,24	7,27	D-100 Sefaköy
421	9,38	9,31	9,31	9,31	D-100 Yenibosna
422	12,22	12,09	12,56	12,76	D-100 Yenibosna
423	10,19	11,04	11,38	11,86	D-100 Şirinevler
424	7,73	7,75	7,79	8,07	D-100 Şirinevler
425	8,17	7,93	7,76	7,66	D-100 Bahçelievler
426	7,86	8,13	8,18	8,09	D-100 İncirli
427	9,86	9,87	9,77	10	D-100 İncirli
428	10,94	11,3	11,18	11,35	D-100 Zeytinburnu
429	10,59	10,89	10,98	10,72	D-100 Merter
437	7,33	6,95	7,16	7,26	D-100 Okmeydanı
440	10,91	11,24	11,22	11,09	D-100 Mecidiyeköy
441	11,18	11,31	11,5	11,2	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	11,22	10,93	10,91	11,05	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	9,09	9	9,54	9,26	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

Tablo 7.5 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

444	8,45	8,43	8,42	8,45	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	9,52	9,71	9,52	9,34	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	9,43	9,55	9,72	9,7	D-100 Altunizade
452	10,77	11,21	11,23	11,19	E-80 İstoç
453	9,26	9,46	9,38	9,12	E-80 Bağcılar
454	10,34	10,19	10,41	10,05	E-80 Sultangazi
455	13,33	14,04	14,16	14,19	E-80 Gaziosmanpaşa
456	9,79	9,71	9,82	9,71	E-80 Gaziosmanpaşa
457	8,48	8,43	8,5	8,44	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,03	9,17	9,54	9,2	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,22	10,13	10,02	9,85	E-80 Gaziosmanpaşa
460	10,17	10,08	10,28	9,97	E-80 Gaziosmanpaşa
461	11,91	12	11,88	11,56	E-80 5. Levent
462	13,32	13,29	13,5	13,43	E-80 5. Levent
463	13,38	13,6	13,89	13,87	E-80 Hasdal
464	13	13,12	12,9	13,12	E-80 Kağıthane
465	10,64	10,77	10,87	11,12	E-80 Kağıthane
466	11,28	11,1	11,12	11,24	E-80 Sarıyer
467	9,58	9,67	9,61	9,28	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	9,99	9,64	9,79	9,56	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	10,51	10,32	10,14	10	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	10,26	10,25	10,29	10,19	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	9,09	9,13	9,28	9,33	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	9,7	9,8	9,72	9,78	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	9,4	9,39	9,46	9,77	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	8,95	9,19	9,13	9,1	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,41	7,41	7,57	7,44	E-80 Beykoz
478	6,52	6,34	6,47	6,43	E-80 Beykoz
479	6,77	6,32	6,36	6,34	E-80 Ümraniye
480	7,04	7,09	7,03	6,64	E-80 Ümraniye
481	7,16	6,96	7,07	6,95	E-80 Ümraniye
482	7,15	7,29	7,23	7,13	E-80 Ümraniye
510	5,24	5,39	5,32	5,74	Sahilyolu Bakırköy
511	5,98	6,46	6,85	6,09	Sahilyolu Zeytinburnu
603	7,41	7,13	7,18	7,28	Şile otoyolu - Çamlıca

Tablo 7.5 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

604	8,38	8,27	8,22	8,14	Şile otoyolu - Ümraniye
614	5,26	5,42	5,35	5,35	Çamlıca Girişi K-13
615	7,53	7,52	7,29	7,18	Çamlıca Girişi K-13
616	8,99	9,17	8,89	8,72	Çamlıca Girişi K-13
617	8,19	8,07	8,28	8,16	Çamlıca Girişi K-13
618	13,72	13,61	13,88	14	Çamlıca Girişi K-13
619	13,61	13,59	14,16	14,4	Çamlıca Girişi K-13
620	8,95	9,04	9,3	9,19	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	7,83	7,6	7,39	7,57	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	9,04	9,36	9,45	9,02	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	7,58	7,72	8,02	7,85	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	8,65	8,99	9,39	9,4	D-100 Altunizade
1745	12,32	12,25	12,08	12,02	D-100 Şişli
1746	13,7	13,66	13,42	13,64	D-100 Şişli
1747	11,27	11,63	11,44	11,39	D-100 Şişli
1748	7,97	7,94	7,75	7,95	Kavacık
1749	8,15	7,92	8,15	8,2	Kavacık
1750	10,63	10,5	10,78	10,78	Balmumcu
1751	4,8	4,92	5,07	4,88	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	8,91	9,14	9,1	8,73	D-100 Bakırköy
1788	6,78	6,9	6,62	6,72	E-80 Ümraniye

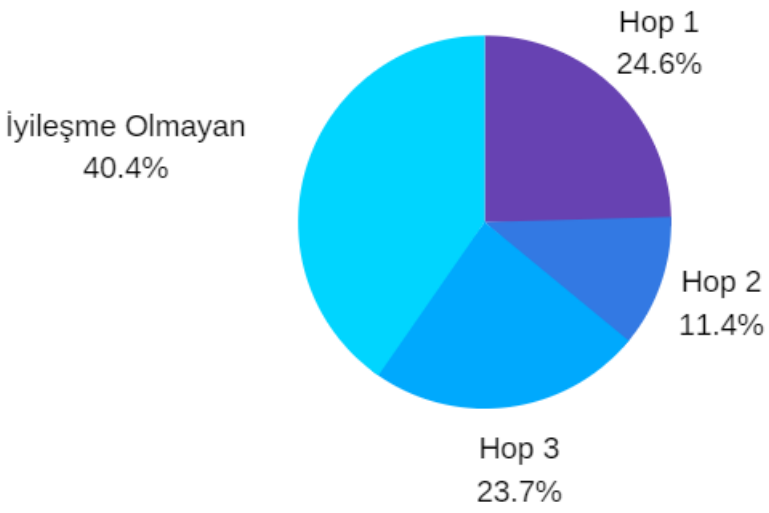
114 segment incelendiğinde MAE'ler göz önünde bulundurulduğunda 68 segmentte, MAPE'ler göz önünde bulundurulduğunda ise 69 segmentte graf yapısının farklı hoplarda tahmin başarısını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Şekil 7.3'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.

MAE'ler göz önüne alındığında 68 segmentin;

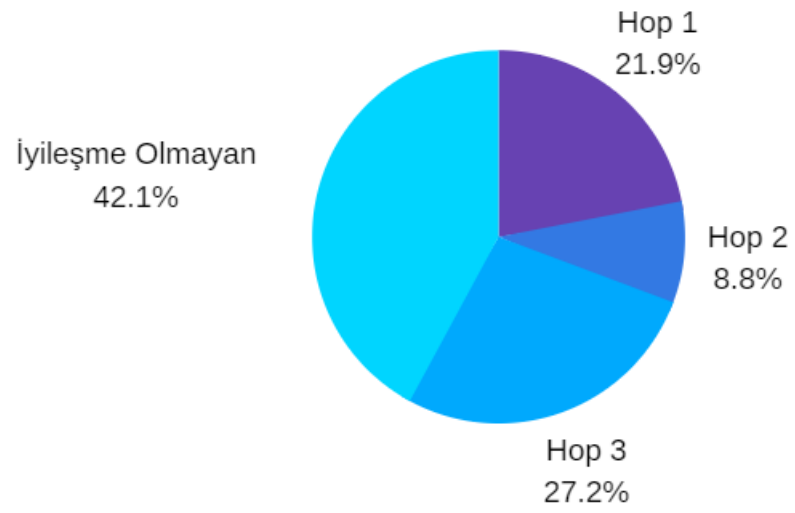
- 28'inde 1.hopta,
- 13'ünde 2.hopta,
- 27'sinde ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.4'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.3 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları



Şekil 7.4 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAPE'ler göz önüne alındığında 69 segmentin;

- 25'inde 1.hopta,
- 13'ünde 2.hopta,
- 31'inde ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 7.6'de segment bazlı olarak MAPE'ler görülmektedir.

Tablo 7.6 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri

Seg Id	MAPE 0 HOP	MAPE 1 HOP	MAPE 2 HOP	MAPE HOP 3	Lokasyon
29	7,101169	8,361016	8,150233	8,226735	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,809658	6,867987	7,096019	7,330053	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,393122	7,339402	7,29134	7,599483	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,264522	8,246494	8,41783	8,365128	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,927723	6,820772	6,812254	6,793238	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,709699	8,479584	8,427284	8,509829	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,828273	6,653004	6,747789	6,723548	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,332318	6,484542	6,345097	6,758869	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	10,98459	11,29235	11,09592	10,96313	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	11,57705	11,92037	11,58046	11,53898	Maslak - Büyükdere Cd.
122	8,420819	8,45251	8,626071	8,555359	Basın ekspress - tem
123	9,17173	9,313949	9,206837	9,181738	Basın ekspress - tem
124	10,13572	10,15509	10,29399	10,2855	Basın ekspress - tem
125	8,234125	8,130938	8,084136	7,958282	Basın ekspress - tem
126	8,641427	8,348583	8,393563	8,360424	Atatürk Havalimanı yolu
127	9,112922	9,149657	9,083267	9,238613	Atatürk Havalimanı yolu
128	8,544933	9,276412	9,290371	9,447094	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,982027	5,870297	6,256342	6,418791	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,134651	6,083618	6,337558	6,266159	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,24636	6,251322	6,477729	6,677924	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	12,64262	13,17042	13,31835	13,35545	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	8,869059	9,518933	9,931327	10,1427	Şile otoyolu
295	11,66098	11,84277	12,31272	12,36226	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	9,980041	10,19617	10,02714	9,902306	D-100 Anadolu Yakası
311	15,9296	15,75652	15,7323	15,50792	D-100 Anadolu Yakası
312	12,3486	12,24653	12,3584	12,22204	D-100 Anadolu Yakası

Tablo 7.6 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

313	12,00108	12,0309	12,48054	12,35115	D-100 Yenisahra
314	13,52857	13,51117	13,6458	13,70152	D-100 Anadolu Yakası
315	13,09795	13,12585	13,06623	13,0596	D-100 Anadolu Yakası
316	16,38677	16,57408	16,60532	16,45226	D-100 Kozyatağı
317	12,75144	12,78799	12,7046	12,98159	D-100 Anadolu Yakası
318	13,90235	13,56874	13,97301	14,06789	D-100 Anadolu Yakası
319	24,40504	23,75432	23,79182	24,22507	D-100 Küçükyalı
320	16,43983	16,76298	17,19132	17,30774	D-100 Anadolu Yakası
321	14,60302	14,63526	14,52597	14,21523	D-100 Anadolu Yakası
322	14,86422	14,67903	14,83602	14,94571	D-100 Anadolu Yakası
323	6,580017	6,574069	6,814938	6,710706	D-100 Maltepe
324	6,147585	5,809417	5,827299	6,189939	D-100 Anadolu Yakası
415	12,33485	12,15721	12,16686	12,37927	D-100 Küçükçekmece
416	9,186925	8,86302	9,017777	8,962724	D-100 Küçükçekmece
417	7,900827	8,150767	7,979992	8,004923	D-100 Florya
418	10,27551	10,5037	10,6329	10,53837	D-100 Florya
419	9,459892	9,49195	9,462577	9,472002	D-100 Beşyol
420	9,15803	9,246698	9,217971	9,335491	D-100 Sefaköy
421	11,68537	11,81258	12,02124	12,04658	D-100 Yenibosna
422	19,10946	19,53395	19,18183	19,0569	D-100 Yenibosna
423	19,46044	20,0689	20,39255	20,69166	D-100 Şirinevler
424	10,43744	10,62908	10,62209	10,86318	D-100 Şirinevler
425	10,12767	10,00381	10,10332	10,04868	D-100 Bahçelievler
426	11,4616	11,56791	11,63683	11,75062	D-100 İncirli
427	13,91344	13,96185	13,83073	14,01354	D-100 İncirli
428	16,12501	16,34206	16,0629	16,17986	D-100 Zeytinburnu
429	14,87542	14,90577	14,97819	14,75299	D-100 Merter
437	9,166123	9,171881	9,452723	9,531549	D-100 Okmeydanı
440	21,25586	21,38702	21,363	21,19099	D-100 Mecidiyeköy
441	20,66401	20,66523	20,53171	20,28864	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	17,89367	17,75954	17,69471	17,68585	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	12,027	11,88457	12,4125	12,09982	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

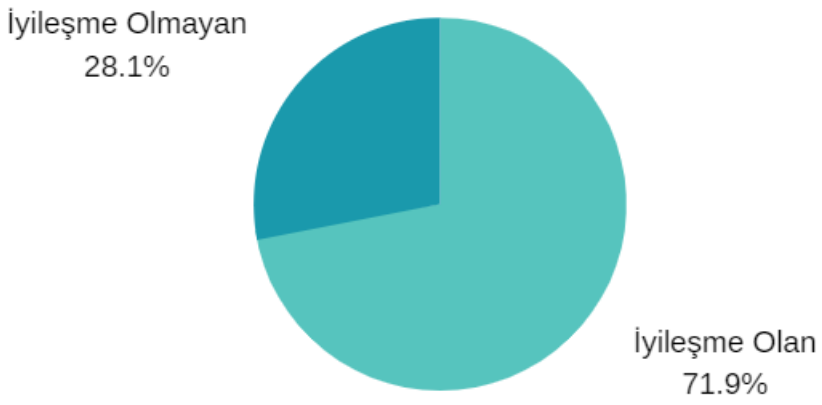
Tablo 7.6 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

444	10,54068	10,56803	10,60905	10,61736	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	12,96674	13,06331	12,93393	12,82961	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	14,79616	14,90693	14,85727	14,81163	D-100 Altunizade
452	13,36961	13,45108	13,44174	13,43371	E-80 İstoç
453	10,54665	10,72801	10,721	10,55691	E-80 Bağcılar
454	11,75756	11,71519	11,8707	11,58217	E-80 Sultangazi
455	16,54398	16,70691	16,807	16,77655	E-80 Gaziosmanpaşa
456	10,0522	9,96629	10,0183	9,926116	E-80 Gaziosmanpaşa
457	8,494953	8,434128	8,562725	8,496461	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,099207	9,162775	9,447133	9,228314	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,46667	10,31907	10,18741	10,08779	E-80 Gaziosmanpaşa
460	10,50899	10,34019	10,51289	10,35885	E-80 Gaziosmanpaşa
461	12,10864	12,15834	12,13126	12,00945	E-80 5. Levent
462	14,65047	14,67763	14,74956	14,64295	E-80 5. Levent
463	16,81266	16,536	16,46216	16,45038	E-80 Hasdal
464	16,60094	16,56158	16,26474	16,34401	E-80 Kağıthane
465	13,72573	13,73754	13,80869	13,8913	E-80 Kağıthane
466	13,64471	13,44251	13,45417	13,50037	E-80 Sarıyer
467	13,10315	13,19107	13,19475	12,90626	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	13,39389	13,08111	13,46436	13,12797	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	15,00863	14,79796	14,83276	14,66954	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	14,78709	14,70356	14,66637	14,64793	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	11,76822	11,76869	11,89732	11,97752	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	10,73717	10,81145	10,75958	10,79325	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	10,87577	10,9015	10,92668	11,15641	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)

Tablo 7.6 Sıralı Olmayan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

476	9,93468	10,08871	10,03565	10,0104	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,669906	7,654033	7,7873	7,679978	E-80 Beykoz
478	6,459956	6,318152	6,413986	6,404997	E-80 Beykoz
479	6,746806	6,413784	6,443335	6,441656	E-80 Ümraniye
480	7,141741	7,179401	7,119499	6,859784	E-80 Ümraniye
481	7,420158	7,25993	7,318102	7,249369	E-80 Ümraniye
482	7,709032	7,803819	7,746374	7,649289	E-80 Ümraniye
510	6,970414	7,223639	7,122222	7,541372	Sahilyolu Bakırköy
511	8,384348	8,94811	9,347898	8,44985	Sahilyolu Zeytinburnu
603	10,23296	9,911945	9,982386	10,07023	Şile otoyolu - Çamlıca
604	11,28199	11,269	11,15099	11,05107	Şile otoyolu - Ümraniye
614	6,052698	6,217632	6,197257	6,218086	Çamlıca Girişi K-13
615	8,764626	8,791262	8,641527	8,67545	Çamlıca Girişi K-13
616	11,2854	11,34296	11,366	11,3233	Çamlıca Girişi K-13
617	10,76356	10,79471	10,96962	10,84024	Çamlıca Girişi K-13
618	25,02169	24,67158	24,4988	24,42713	Çamlıca Girişi K-13
619	27,39328	26,45577	26,51682	26,56171	Çamlıca Girişi K-13
620	11,718	11,91968	12,07797	11,89291	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	9,038369	8,914646	8,756407	8,955293	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	11,02949	11,11021	11,20891	11,14432	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	9,071023	9,200673	9,431575	9,27795	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	12,22646	12,46688	12,83384	12,86451	D-100 Altunizade
1745	22,13557	21,98213	21,8466	22,1031	D-100 Şişli
1746	19,23727	19,64232	20,08215	20,48458	D-100 Şişli
1747	21,09469	21,19524	21,25584	21,19675	D-100 Şişli
1748	9,019029	9,022937	8,844769	9,013861	Kavacık
1749	9,442957	9,3161	9,440303	9,523945	Kavacık
1750	20,45795	20,31463	20,25028	20,06989	Balmumcu
1751	11,96482	11,66233	11,59204	11,69916	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	12,28976	12,38521	12,3756	12,26945	D-100 Bakırköy
1788	6,899698	6,994071	6,78973	6,865552	E-80 Ümraniye

Hem MAE hem de MAPE'de iyileşme olmayan 32 segment bulunmaktadır.



Şekil 7.5 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Şekil 7.5'de graf tabanlı yaklaşımın mae veya mape'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.

Hem MAE hem de MAPE göz önüne alındığında ise 114 segmentin 58'inde hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşmeler görülmüştür.

Tablo 7.7 İyileşme Görülen Segmentlerdeki İyileşme Oranları

(%)	**MAE**	**MAPE**
Maksimum	6,646971935	5,500826747
Minimum	0,106382979	0,051336226
Ortalama	2,441335255	1,69136207

Yukarıdaki tabloda tüm segmentler değerlendirildiğinde karşılaşılan hata oranları görülmektedir. İyileşme olan 114 segmentin içinde maksimum, minimum ve ortalama yüzdelik iyileşme oranları görülmektedir. MAE'de maksimum iyileşme %6,64, minimum iyileşme %0,10 ve ortalama iyileşmenin %2,44 olduğu gözlemlenmiştir. MAPE'lerdeki iyileşmeler göz önünde bulundurulduğunda ise, maksimum iyileşme %5,50, minimum iyileşme %0,05 ve ortalama iyileşme ise %1,69 olarak gözlemlenmiştir.

İyileşme olmayan segmentlerdeki kötüleşme oranları incelendiğinde, ortalama kötüleşme oranlarına bakıldığında MAE ve MAPE'de hop sayısı arttıkça kötüleşmenin de arttığı görülmektedir. Maksimum kötüleşme oranları incelendiğinde, MAE ve MAPE'de 2 hopa gidildikçe maksimum kötüleşme oranının azaldığı, ancak 2 hoptan 3 hopa gidildikçe bu oranın tekrar arttığı görülmektedir. Minimum kötüleşme oranlarına bakıldığında ise MAE'de minimum kötüleşme oranının hop sayısı arttıkça azaldığı görülmekte, ancak MAPE'de hop sayısı arttıkça minimum kötüleşmenin de arttığı

görülmektedir. Tablo 7.8'de bu oranlar görülmektedir.

Tablo 7.8 İyileşme Görülmeyen Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları

(%)	MAE			MAPE		
	Hop 1	**Hop 2**	**Hop 3**	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
Maksimum Kötüleşme	22,144	18,804	20,562	17,741	14,773	15,850
Minimum Kötüleşme	0,258	0,206	0,140	0,004	0,028	0,097
Ortalama Kötüleşme	3,528	4,891	5,007	2,040	3,057	3,383

7.4.2 Sıralı Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları

Yapılan bir diğer testte, CNN yönteminde veriler işlenirken verilerin üzerinde bir pencere gezdirilerek işlendiği göz önünde bulundurulduğunda verilerin modele sıralı olarak verilmesinin tahmin başarısını artıracağı düşünülmüş ve veriler eğitime sıralı olarak verilmiştir. Bir başka deyişle, hedef segmentin kendinden önceki segmentlerinin dataları verileri ve kendinden sonraki segmentlerin dataları ardışık olarak verilmiştir. 9 ay için yapılan testler sonucu tüm segmentlerin ortalamaları üzerinden değerlendirme yapıldığında MAE'de graf tabanlı yaklaşımın bir iyileşme sağlamadığı, ancak MAPE'de 3.hopta iyileşme sağladığı görülmüştür. Yapılan test sonuçları aşağıda görülmektedir.

Tablo 7.9 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
8,720087719	8,785438596	8,809912281	8,823684211
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
11,82765687	11,84519692	11,87060666	11,80200823

Tablo 7.10'de, segment bazlı MAE'ler görülmektedir.

Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri

Seg id	**MAE Hop 0**	**MAE Hop 1**	**MAE Hop 2**	**MAE Hop 3**	**Lokasyon**
29	5,69	6,68	6,82	6,87	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	5,59	5,54	5,98	6,07	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	6,66	6,37	6,52	7,05	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	7,62	7,53	7,63	7,84	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,6	6,59	6,47	6,38	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı

Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

34	8,48	8,11	8,08	8,08	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,54	6,52	6,48	6,33	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	5,74	5,82	6	5,96	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	5,73	5,77	5,96	5,68	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	5,21	5,08	5,09	5,24	Maslak - Büyükdere Cd.
122	7,17	7,28	7,4	7,27	Basın ekspress - tem
123	7,83	7,84	8	7,89	Basın ekspress - tem
124	8,26	8,34	8,47	8,29	Basın ekspress - tem
125	7,12	6,96	7,02	6,89	Basın ekspress - tem
126	7,29	7,22	6,94	6,83	Atatürk Havalimanı yolu
127	7,07	7,01	7,25	7,12	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,03	6,51	6,87	6,91	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,23	5,14	5,67	5,61	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	5,54	5,5	5,42	5,84	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	5,7	5,76	5,83	5,95	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	9,2	9,64	9,68	10,01	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	6,22	7,03	7,08	7,54	Şile otoyolu
295	9,81	10,38	10,59	10,73	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	7,58	7,7	7,34	7,31	D-100 Anadolu Yakası
311	10,71	10,35	10,42	10,3	D-100 Anadolu Yakası
312	8,23	8,3	8,36	8,18	D-100 Anadolu Yakası
313	8,16	8,34	8,28	8,44	D-100 Yenisahra
314	9,09	9,39	9,35	9,15	D-100 Anadolu Yakası
315	9,2	9,18	9,25	9,26	D-100 Anadolu Yakası
316	10,82	11,14	11,31	11,07	D-100 Kozyatağı
317	9,06	9,26	9,17	9,07	D-100 Anadolu Yakası
318	9,44	9,45	9,29	9,3	D-100 Anadolu Yakası
319	13,2	13,36	13,63	13,87	D-100 Küçükyalı
320	9,31	9,51	9,85	9,72	D-100 Anadolu Yakası
321	9,05	8,83	8,86	8,99	D-100 Anadolu Yakası
322	9,76	9,69	9,39	9,3	D-100 Anadolu Yakası
323	5,34	5,62	5,38	5,52	D-100 Maltepe
324	5,3	4,99	5	5,06	D-100 Anadolu Yakası
415	8	7,84	7,75	7,82	D-100 Küçükçekmece
416	7,22	6,87	7,01	6,75	D-100 Küçükçekmece
417	5,67	5,88	5,82	5,66	D-100 Florya

Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

418	7,3	7,59	8,06	7,71	D-100 Florya
419	7,1	7,36	7,33	7,19	D-100 Beşyol
420	7,47	7,48	7,38	7,33	D-100 Sefaköy
421	9,38	9,3	9,27	9,19	D-100 Yenibosna
422	12,22	12,36	12,44	12,66	D-100 Yenibosna
423	10,19	10,8	11,38	11,86	D-100 Şirinevler
424	7,73	7,95	8,03	7,98	D-100 Şirinevler
425	8,17	7,9	7,52	7,72	D-100 Bahçelievler
426	7,86	8,24	8,15	8,27	D-100 İncirli
427	9,86	9,9	9,91	9,97	D-100 İncirli
428	10,94	11,11	11,24	11,57	D-100 Zeytinburnu
429	10,59	10,96	10,97	10,71	D-100 Merter
437	7,33	7,06	6,96	7,23	D-100 Okmeydanı
440	10,91	11,24	11,43	11,17	D-100 Mecidiyeköy
441	11,18	11,19	11,23	11,4	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	11,22	11,15	11,06	11,05	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	9,09	9,2	9,32	9,23	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	8,45	8,26	8,34	8,26	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	9,52	9,72	9,53	9,58	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	9,43	9,28	9,49	9,82	D-100 Altunizade
452	10,77	11,17	11,14	11,3	E-80 İstoç
453	9,26	9,59	9,29	9,13	E-80 Bağcılar
454	10,34	10,18	10,1	10,38	E-80 Sultangazi
455	13,33	14,13	14,05	14,24	E-80 Gaziosmanpaşa
456	9,79	9,65	9,75	9,96	E-80 Gaziosmanpaşa
457	8,48	8,6	8,36	8,58	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,03	9,52	9,28	8,91	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,22	9,88	10,18	10,16	E-80 Gaziosmanpaşa
460	10,17	10,39	10,09	9,84	E-80 Gaziosmanpaşa
461	11,91	11,93	11,78	11,68	E-80 5. Levent
462	13,32	13,27	13,39	13,27	E-80 5. Levent
463	13,38	13,52	13,84	13,94	E-80 Hasdal
464	13	13,15	12,87	12,88	E-80 Kağıthane
465	10,64	10,85	10,9	10,97	E-80 Kağıthane
466	11,28	10,98	11,25	11,48	E-80 Sarıyer
467	9,58	9,71	9,19	9,27	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)

Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

468	9,99	9,98	9,78	9,74	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	10,51	10,13	10,2	10,14	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	10,26	10,12	10,44	10,1	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	9,09	9,06	9,16	9,07	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	9,7	9,68	9,68	9,7	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	9,4	9,51	9,54	9,65	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	8,95	8,86	9,24	9,12	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,41	7,86	7,53	7,72	E-80 Beykoz
478	6,52	6,56	6,88	6,41	E-80 Beykoz
479	6,77	6,49	6,48	6,49	E-80 Ümraniye
480	7,04	6,85	6,84	7	E-80 Ümraniye
481	7,16	6,88	7,13	7,1	E-80 Ümraniye
482	7,15	7,49	7,2	7,08	E-80 Ümraniye
510	5,24	5,32	5,35	5,69	Sahilyolu Bakırköy
511	5,98	6,26	6,63	6,33	Sahilyolu Zeytinburnu
603	7,41	7,26	7,19	7,27	Şile otoyolu - Çamlıca
604	8,38	8,21	8,11	8,17	Şile otoyolu - Ümraniye
614	5,26	5,65	5,2	5,35	Çamlıca Girişi K-13
615	7,53	7,47	7,22	7,2	Çamlıca Girişi K-13
616	8,99	9,05	8,87	8,76	Çamlıca Girişi K-13
617	8,19	8,33	8,28	8,13	Çamlıca Girişi K-13
618	13,72	13,43	13,8	14,14	Çamlıca Girişi K-13
619	13,61	13,95	14,03	14,25	Çamlıca Girişi K-13
620	8,95	9,08	9,12	9,22	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	7,83	7,7	7,53	7,42	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	9,04	9,34	9,31	8,93	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	7,58	7,67	8	7,94	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	8,65	9,24	9,1	9,31	D-100 Altunizade
1745	12,32	12,11	12,04	12,07	D-100 Şişli
1746	13,7	13,63	13,46	13,65	D-100 Şişli
1747	11,27	11,33	11,62	11,5	D-100 Şişli
1748	7,97	7,89	7,84	8,11	Kavacık
1749	8,15	8,2	8,37	8,11	Kavacık
1750	10,63	10,6	10,72	10,83	Balmumcu
1756	6,14	5,82	5,81	5,9	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	8,91	8,98	8,82	8,57	D-100 Bakırköy

Tablo 7.10 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

1788	6,78	6,66	6,6	6,69	E-80 Ümraniye

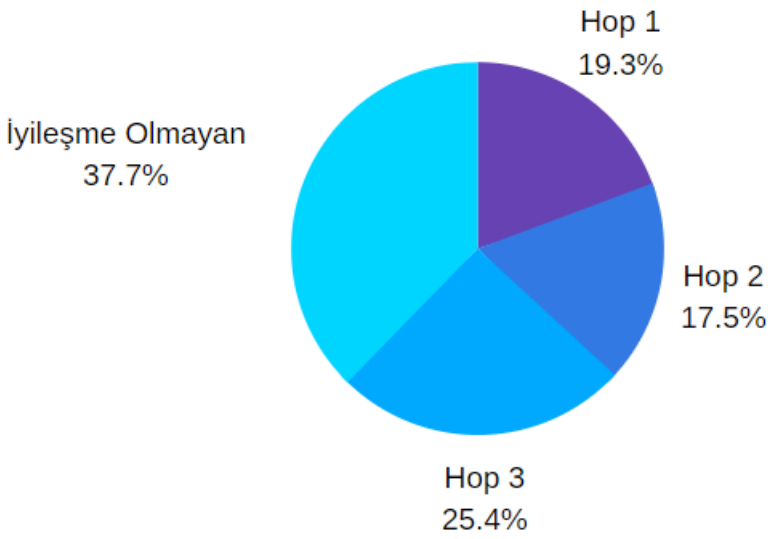
Test sonuçları segment bazlı değerlendirildiğinde ise, MAE göz önünde bulundurulduğunda 114 segmentin 71'inde, MAPE göz önünde bulundurulduğunda ise 114 segmentin 92'sinde iyileşmeler görülmektedir.

MAE'ler göz önüne alındığında 71 segmentin;

- 22'sinde 1.hopta,
- 20'sinde 2.hopta,
- 29'unde ise 3.hopta

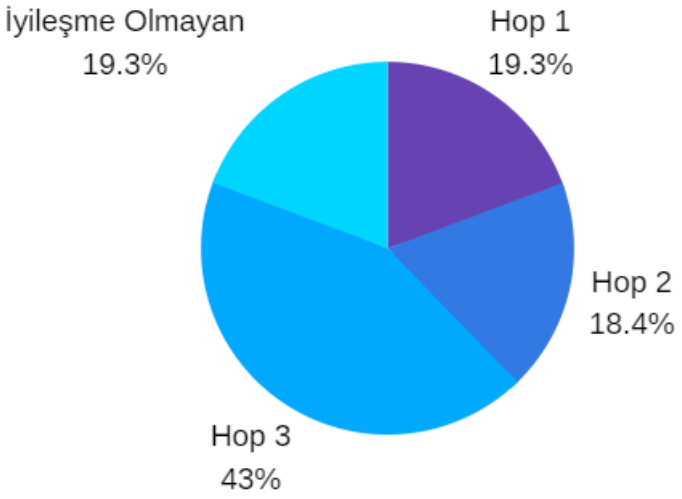
iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.6'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.6 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

Şekil 7.7'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.7 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAPE'ler göz önüne alındığında ise 92 segmentin;

- 22'sinde 1.hopta,
- 21'inde 2.hopta,
- 49'unda ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 7.11'te, segment bazlı MAPE değerleri görülmektedir.

Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri

Seg id	MAPE Hop 0	MAPE Hop 1	MAPE Hop 2	MAPE Hop 3	Lokasyon
29	8,361016	8,065939	8,194733	7,101169	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,867987	6,751521	7,158939	6,809658	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,339402	7,209822	7,323066	7,393122	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,246494	8,165703	8,285169	8,264522	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı

Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

33	6,820772	6,900309	6,799863	6,927723	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,479584	8,449	8,445414	8,709699	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,653004	6,815597	6,788868	6,828273	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,484542	6,427072	6,57261	6,332318	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	11,29235	11,01183	11,30287	10,98459	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	11,92037	11,58674	11,45814	11,57705	Maslak - Büyükdere Cd.
122	8,45251	8,529736	8,675052	8,420819	Basın ekspress - tem
123	9,313949	9,200289	9,336359	9,17173	Basın ekspress - tem
124	10,15509	10,17932	10,2883	10,13572	Basın ekspress - tem
125	8,130938	8,11586	8,157709	8,234125	Basın ekspress - tem
126	8,348583	8,592432	8,378418	8,641427	Atatürk Havalimanı yolu
127	9,149657	9,096073	9,24219	9,112922	Atatürk Havalimanı yolu
128	9,276412	9,002221	9,402226	8,544933	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,870297	5,880499	6,403914	5,982027	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,083618	6,102767	6,039304	6,134651	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,251322	6,329417	6,454572	6,24636	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	13,17042	13,00398	12,97765	12,64262	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	9,518933	9,68911	9,6971	8,869059	Şile otoyolu
295	11,84277	12,21321	12,31945	11,66098	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	10,19617	10,40416	10,1381	9,980041	D-100 Anadolu Yakası
311	15,75652	15,62729	15,80937	15,9296	D-100 Anadolu Yakası
312	12,24653	12,38006	12,43783	12,3486	D-100 Anadolu Yakası
313	12,0309	12,16365	12,20248	12,00108	D-100 Yenisahra
314	13,51117	13,74812	13,82712	13,52857	D-100 Anadolu Yakası
315	13,12585	13,03864	13,10685	13,09795	D-100 Anadolu Yakası
316	16,57408	16,58904	16,63209	16,38677	D-100 Kozyatağı
317	12,78799	12,93731	12,90261	12,75144	D-100 Anadolu Yakası
318	13,56874	13,83643	13,87486	13,90235	D-100 Anadolu Yakası
319	23,75432	23,9905	24,08077	24,40504	D-100 Küçükyalı
320	16,76298	16,85813	17,29656	16,43983	D-100 Anadolu Yakası
321	14,63526	14,56102	14,37034	14,60302	D-100 Anadolu Yakası
322	14,67903	14,82917	14,5637	14,86422	D-100 Anadolu Yakası

Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

323	6,574069	6,882307	6,647991	6,580017	D-100 Maltepe
324	5,809417	5,830228	5,871219	6,147585	D-100 Anadolu Yakası
415	12,15721	12,17466	12,05211	12,33485	D-100 Küçükçekmece
416	8,86302	8,930208	9,08041	9,186925	D-100 Küçükçekmece
417	8,150767	8,050156	8,050507	7,900827	D-100 Florya
418	10,5037	10,44937	10,81858	10,27551	D-100 Florya
419	9,49195	9,697597	9,656564	9,459892	D-100 Beşyol
420	9,246698	9,246495	9,292325	9,15803	D-100 Sefaköy
421	11,81258	11,81304	11,96861	11,68537	D-100 Yenibosna
422	19,53395	19,5896	19,12576	19,10946	D-100 Yenibosna
423	20,0689	19,87891	20,31147	19,46044	D-100 Şirinevler
424	10,62908	10,77851	10,87303	10,43744	D-100 Şirinevler
425	10,00381	9,957646	9,911311	10,12767	D-100 Bahçelievler
426	11,56791	11,71599	11,58911	11,4616	D-100 İncirli
427	13,96185	13,98449	13,91784	13,91344	D-100 İncirli
428	16,34206	16,18338	16,15385	16,12501	D-100 Zeytinburnu
429	14,90577	14,96199	14,96653	14,87542	D-100 Merter
437	9,171881	9,214867	9,26825	9,166123	D-100 Okmeydanı
440	21,38702	21,47625	21,46634	21,25586	D-100 Mecidiyeköy
441	20,66523	20,63636	20,33137	20,66401	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	17,75954	17,88202	17,97218	17,89367	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	11,88457	12,04482	12,16704	12,027	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	10,56803	10,40596	10,50378	10,54068	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	13,06331	13,05795	12,93941	12,96674	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	14,90693	14,72539	14,78384	14,79616	D-100 Altunizade
452	13,45108	13,38688	13,37018	13,36961	E-80 İstoç
453	10,72801	10,91276	10,72362	10,54665	E-80 Bağcılar
454	11,71519	11,67557	11,6601	11,75756	E-80 Sultangazi
455	16,70691	16,82086	16,60474	16,54398	E-80 Gaziosmanpaşa
456	9,96629	9,955201	9,985276	10,0522	E-80 Gaziosmanpaşa
457	8,434128	8,543059	8,471561	8,494953	E-80 Gaziosmanpaşa

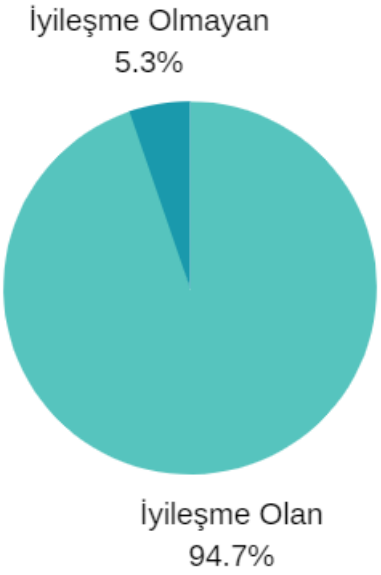
Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

458	9,162775	9,412558	9,206014	9,099207	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,31907	10,14121	10,31519	10,46667	E-80 Gaziosmanpaşa
460	10,34019	10,5888	10,41282	10,50899	E-80 Gaziosmanpaşa
461	12,15834	12,12107	12,12178	12,10864	E-80 5. Levent
462	14,67763	14,68947	14,65174	14,65047	E-80 5. Levent
463	16,536	16,43857	16,4903	16,81266	E-80 Hasdal
464	16,56158	16,65357	16,27979	16,60094	E-80 Kağıthane
465	13,73754	13,77291	13,85167	13,72573	E-80 Kağıthane
466	13,44251	13,4368	13,56839	13,64471	E-80 Sarıyer
467	13,19107	13,24761	12,90195	13,10315	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	13,08111	13,26117	13,3204	13,39389	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	14,79796	14,65207	14,76139	15,00863	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	14,70356	14,55752	14,77866	14,78709	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	11,76869	11,70839	11,75667	11,76822	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	10,81145	10,73182	10,75301	10,73717	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	10,9015	10,99965	10,99545	10,87577	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	10,08871	9,852155	10,11537	9,93468	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,654033	8,007557	7,76191	7,669906	E-80 Beykoz
478	6,318152	6,515189	6,762941	6,459956	E-80 Beykoz
479	6,413784	6,520896	6,559324	6,746806	E-80 Ümraniye
480	7,179401	6,970491	7,000871	7,141741	E-80 Ümraniye
481	7,25993	7,211727	7,369887	7,420158	E-80 Ümraniye
482	7,803819	7,964261	7,753156	7,709032	E-80 Ümraniye
510	7,223639	7,079423	7,151128	6,970414	Sahilyolu Bakırköy
511	8,94811	8,741674	9,111604	8,384348	Sahilyolu Zeytinburnu
603	9,911945	10,07575	10,00128	10,23296	Şile otoyolu - Çamlıca
604	11,269	11,14847	11,08544	11,28199	Şile otoyolu - Ümraniye
614	6,217632	6,438452	6,08347	6,052698	Çamlıca Girişi K-13

Tablo 7.11 Sıralı Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

615	8,791262	8,741305	8,523111	8,764626	Çamlıca Girişi K-13
616	11,34296	11,28745	11,36102	11,2854	Çamlıca Girişi K-13
617	10,79471	10,98052	11,00263	10,76356	Çamlıca Girişi K-13
618	24,67158	24,51822	24,56537	25,02169	Çamlıca Girişi K-13
619	26,45577	26,79894	26,5334	27,39328	Çamlıca Girişi K-13
620	11,91968	11,91058	11,89763	11,718	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	8,914646	8,939363	8,859789	9,038369	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	11,11021	11,08673	11,09707	11,02949	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	9,200673	9,141177	9,422177	9,071023	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	12,46688	12,68087	12,58619	12,22646	D-100 Altunizade
1745	21,98213	22,14826	22,07351	22,13557	D-100 Şişli
1746	19,64232	19,57059	20,26372	19,23727	D-100 Şişli
1747	21,19524	21,08034	21,34976	21,09469	D-100 Şişli
1748	9,022937	8,948109	8,915413	9,019029	Kavacık
1749	9,3161	9,501538	9,685989	9,442957	Kavacık
1750	20,31463	20,24501	20,18467	20,45795	Balmumcu
1756	11,66233	11,60687	11,57822	11,96482	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	12,38521	12,2747	12,15104	12,28976	D-100 Bakırköy
1788	6,994071	6,808202	6,79736	6,899698	E-80 Ümraniye

50 segmentte ise hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme olduğu görülmüş ve 6 segmentte hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme görülmemiştir. Şekil 7.8'de graf tabanlı yaklaşımın mae veya mape'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.8 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Tablo 7.12'de iyileşme görülen segmentlere ait hata oranları görülmektedir.

Tablo 7.12 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri

(%)	MAE	MAPE
Maksimum	7,955936353	15,06810895
Minimum	0,176366843	0,042536686
Ortalama	2,527821292	1,575489626

İyileşme olan segmentler değerlendirildiğinde maksimum MAE %7.95, maksimum MAPE %15.06 olarak görülmektedir.Minimum hata oranları değerlendirildiğinde ise bu oranlar MAE'de %0.17 ve MAPE'de %0.04 olarak hesaplanmıştır. İyileşme olan tüm segmentler içerisindeki ortalama MAE ve MAPE'ye bakıldığında ortalama MAE'nin %2.52, ortalama MAPE'nin ise %1.57 olduğu görülmektedir.

İyileşme olmayan segmentler incelendiğinde, ortalama kötüleşmeye bakıldığında MAE ve MAPE'de hop sayısı arttıkça kötüleşmenin de arttığı görülmektedir. Maksimum kötüleşme incelendiğinde, MAE'de hop sayısı arttıkça kötüleşme de artmaktadır. MAPE göz önüne alındığında ise 2 hopa kadar maksimum kötüleşme artmakta, 3 hopta ise bu kötüleşmenin azaldığı ancak 1 hoptaki kötüleşme oranından yüksek olduğu görülmektedir. Minimum kötüleşme incelendiğinde ise MAE'de hop sayısının artmasının minimum kötüleşmeyi artırdığı, MAPE'de ise 3 hopta minimum kötüleşme oranının azaldığı görülmektedir. Tablo 7.13'de bu oranlar görülmektedir.

Tablo 7.13 İyileşme Olmayan Segmentlere Ait Kötüleşme Oranları

(%)	MAE			MAPE		
	Hop 1	**Hop 2**	**Hop 3**	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
Maksimum Kötüleşme	17,398	19,859	21,221	4,688	9,090	5,821
Minimum Kötüleşme	0,089	0,105	0,110	0,173	0,293	0,090
Ortalama Kötüleşme	3,403	4,521	5,050	1,789	2,114	2,134

7.4.3 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları

Önceki 4 haftanın hız verilerinin ayrı ayrı modele verilmesi yerine ortalaması alınarak modele verilmesi denenmiştir. Model bu veriler ile eğitilip testler tamamlanmıştır.

Tablo 7.14 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
8,392631579	8,399210526	8,362894737	8,388333333
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
12,19276667	12,27326667	12,39501754	12,17653158

9 ay için, 114 segmentin ortalaması alındığında MAE'de 2. Hopta, MAPE'lerde ise 3.hopta iyileşme olduğu görülmektedir.

Sonuçlar segment bazlı izlenmiştir. Tablo 7.15'de MAE'ler görülmektedir.

Tablo 7.15 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri

Seg id	**MAE Hop 0**	**MAE Hop 1**	**MAE Hop 2**	**MAE Hop 3**	**Lokasyon**
29	6,38	5,37	5,94	6,95	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	5,36	4,94	5,13	5,97	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	6,51	6,4	6,05	6,64	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	7,33	7,6	7,38	7,52	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,54	6,06	6,47	6,15	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,35	8,22	8,03	8,15	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,61	5,93	6,39	6,14	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	5,99	5,01	5,59	5,43	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	5,11	5,5	5,47	5,27	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	4,51	4,82	4,96	4,8	Maslak - Büyükdere Cd.

Tablo 7.15 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

122	6,6	7,19	6,88	6,96	Basın ekspress - tem
123	7,46	8,31	7,87	7,41	Basın ekspress - tem
124	7,7	8,71	8,24	7,82	Basın ekspress - tem
125	6,73	7,35	6,99	6,53	Basın ekspress - tem
126	7,08	7,65	7,05	6,73	Atatürk Havalimanı yolu
127	6,88	7,71	7,44	6,83	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,08	5,98	5,93	6,68	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,05	5,34	5,63	5,54	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	5,16	6,04	5,4	5,27	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	5,44	5,79	5,88	5,68	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	9,39	9,05	9,75	10,14	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	5,9	6,27	6,29	6,76	Şile otoyolu
295	9,98	10,02	10,67	9,99	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	7,1	7,16	7,03	6,8	D-100 Anadolu Yakası
311	9,8	9,33	8,82	9,57	D-100 Anadolu Yakası
312	7,45	7,84	7,59	7,75	D-100 Anadolu Yakası
313	7,65	7,83	7,77	7,36	D-100 Yenisahra
314	8,52	8,44	8,6	8,59	D-100 Anadolu Yakası
315	8,6	8,55	8,53	8,55	D-100 Anadolu Yakası
316	10,14	10,31	10,25	9,97	D-100 Kozyatağı
317	8,35	8,38	8,48	8,74	D-100 Anadolu Yakası
318	8,74	8,8	8,94	8,91	D-100 Anadolu Yakası
319	12,52	12,5	12,15	12,28	D-100 Küçükyalı
320	8,72	9,06	9,86	9,02	D-100 Anadolu Yakası
321	8,72	9,19	10,18	9,12	D-100 Anadolu Yakası
322	9,48	9,63	10,49	9,84	D-100 Anadolu Yakası
323	5,43	5,61	5,4	5,31	D-100 Maltepe
324	4,99	4,65	4,75	5,28	D-100 Anadolu Yakası
415	7,16	7,26	6,85	7,27	D-100 Küçükçekmece
416	6,9	7,03	7	6,97	D-100 Küçükçekmece
417	5,41	5,82	5,77	5,69	D-100 Florya
418	7,02	6,94	7,28	6,93	D-100 Florya
419	6,66	7	7,07	6,81	D-100 Beşyol
420	7,47	7,56	8,32	7,64	D-100 Sefaköy
421	9,36	9,42	9,89	9,04	D-100 Yenibosna

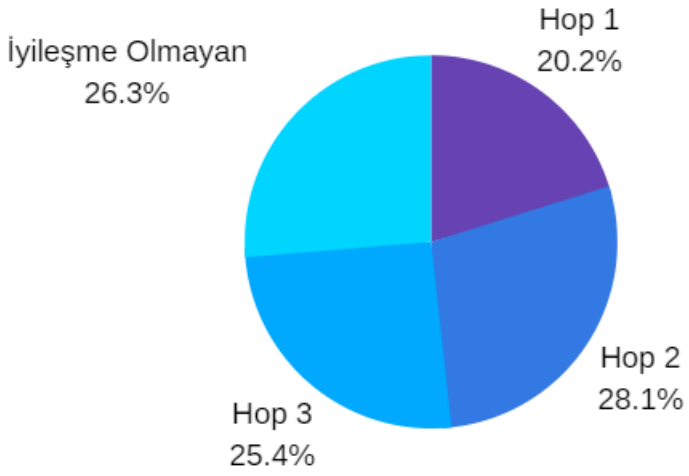
Tablo 7.15 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

422	11,27	11,78	11,26	11,28	D-100 Yenibosna
423	9,47	9,68	7,93	9,47	D-100 Şirinevler
424	7,33	7,79	7,34	7,57	D-100 Şirinevler
425	8,13	7,81	7,97	7,7	D-100 Bahçelievler
426	7,4	8,23	8,13	8,02	D-100 İncirli
427	9,22	9,34	9,57	9,21	D-100 İncirli
428	10,7	10,64	10,73	10,74	D-100 Zeytinburnu
429	10,13	10,62	10,18	10,08	D-100 Merter
437	6,81	6,8	7,28	7,3	D-100 Okmeydanı
440	10,17	10,58	9,58	10,14	D-100 Mecidiyeköy
441	10,81	10,12	9,05	10,49	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	10,88	9,8	8,83	10,94	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	9,06	9	7,68	9,34	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	8,46	7,7	7,3	8,32	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	8,83	8,85	8,69	8,71	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	8,87	8,57	8,41	8,98	D-100 Altunizade
452	10,74	11,09	11,15	11,12	E-80 İstoç
453	9,09	9,2	9,08	9,31	E-80 Bağcılar
454	9,86	10,03	9,94	10,31	E-80 Sultangazi
455	12,84	12,98	12,74	13,45	E-80 Gaziosmanpaşa
456	9,73	9,4	9,43	9,58	E-80 Gaziosmanpaşa
457	8,87	8,73	8,87	8,61	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,2	9,7	10,08	9,01	E-80 Gaziosmanpaşa
459	9,87	10,11	10,42	9,98	E-80 Gaziosmanpaşa
460	10,06	10,28	10,61	9,78	E-80 Gaziosmanpaşa
461	11,64	11,62	11,63	11,01	E-80 5. Levent
462	13,07	12,49	12,18	12,43	E-80 5. Levent
463	12,65	12,69	12,74	12,45	E-80 Hasdal
464	12,31	12,26	12,79	12,36	E-80 Kağıthane
465	9,96	10	10,48	10,57	E-80 Kağıthane
466	10,19	10,13	10,02	10,26	E-80 Sarıyer
467	9,06	8,71	8,81	8,69	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	9,68	9,12	9,52	9,15	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	9,68	9,16	9,56	9,3	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	10,16	9,34	9,47	9,5	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)

Tablo 7.15 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

471	9,21	8,44	8,93	8,57	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	9,2	8,99	9,38	9,46	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	9,32	8,81	9,05	8,97	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	8,61	8,68	8,5	8,29	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,18	7,44	7,43	7,18	E-80 Beykoz
478	6,43	6,66	6,04	5,93	E-80 Beykoz
479	6,35	6,24	6,64	6,16	E-80 Ümraniye
480	7,02	7	6,91	6,35	E-80 Ümraniye
481	7,18	6,7	6,94	6,62	E-80 Ümraniye
482	6,99	7,46	7,44	6,83	E-80 Ümraniye
510	5,44	5,12	5,45	5,46	Sahilyolu Bakırköy
511	6,38	6,04	5,7	5,76	Sahilyolu Zeytinburnu
603	6,92	7,21	6,9	7,06	Şile otoyolu - Çamlıca
604	7,85	7,82	8,05	7,79	Şile otoyolu - Ümraniye
614	5,03	5,22	5,3	5,48	Çamlıca Girişi K-13
615	7,73	7,05	7,67	7,11	Çamlıca Girişi K-13
616	8,61	8,47	9,05	8,49	Çamlıca Girişi K-13
617	8,02	7,97	8,91	8,14	Çamlıca Girişi K-13
618	12,75	12,83	12,38	13,05	Çamlıca Girişi K-13
619	12,75	13,16	12,11	13,3	Çamlıca Girişi K-13
620	8,54	8,94	8,61	9,15	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	7,5	7,26	7,01	7,42	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	9,3	8,4	7,98	8,67	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	7,88	7,71	7,07	7,81	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	8,38	8,48	7,94	8,49	D-100 Altunizade
1745	11,68	11,73	11,51	11,44	D-100 Şişli
1746	12,94	12,78	12,82	12,94	D-100 Şişli
1747	10,44	10,78	10,32	10,88	D-100 Şişli
1748	7,55	7,58	7,73	7,69	Kavacık
1749	7,89	8,12	8,29	7,72	Kavacık
1750	10,36	10,01	9,63	10,31	Balmumcu
1756	5,5	5,41	5,25	5,27	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	8,44	8,56	8,28	8,38	D-100 Bakırköy
1788	6,86	6,52	6,25	6,14	E-80 Ümraniye

Bu yaklaşımda sonuçlar segment bazlı değerlendirildiğinde, 114 segmentin 84'ünde MAE'de, 72'sinde ise MAPE'de iyileşme olduğu görülmektedir. Şekil 7.12'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.9 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAE'ler göz önüne alındığında 84 segmentin;

- 23'ünde 1.hopta,
- 32'sinde 2.hopta,
- 29'unda ise 3.hopta

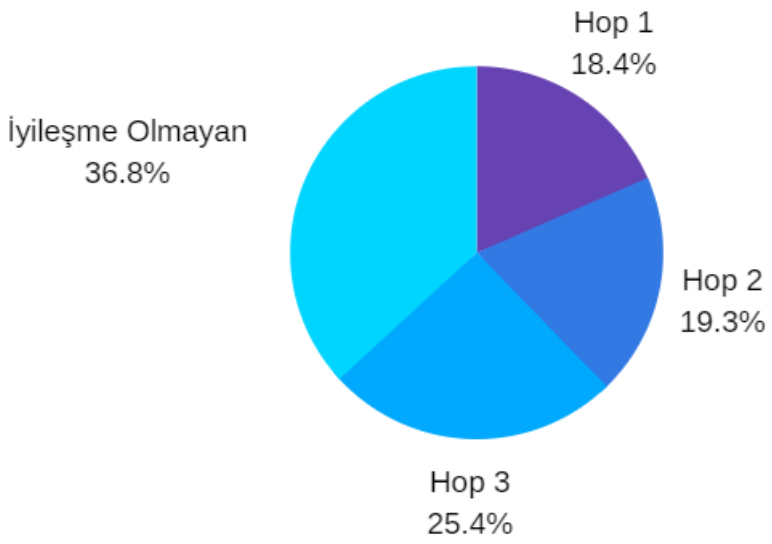
iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.13'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.

MAPE'ler göz önüne alındığında ise 72 segmentin;

- 21'inde 1.hopta,
- 22'sinde 2.hopta,
- 29'unda ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 7.16'de segment bazlı MAPE değerleri görülmektedir.



Şekil 7.10 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri

Seg id	MAPE Hop 0	MAPE Hop 1	MAPE Hop 2	MAPE Hop 3	Lokasyon
29	7,7708	6,8035	7,2941	8,4174	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,5921	6,1427	6,2997	7,1979	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,3237	7,3109	6,9292	7,4606	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,0687	8,2825	8,1657	8,3172	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,9081	6,5002	7,031	6,7042	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,6975	8,7273	8,7618	8,8447	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,9135	6,3614	6,988	6,6637	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,5408	5,674	6,3608	6,0662	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	10,3264	10,8603	10,8946	10,6303	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	12,3168	12,4303	11,777	11,8147	Maslak - Büyükdere Cd.

Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

122	8,0112	8,9706	8,5839	8,4444	Basın ekspress - tem
123	9,0943	10,4774	9,9906	9,241	Basın ekspress - tem
124	9,9271	11,3977	10,7679	10,0339	Basın ekspress - tem
125	8,0499	9,1258	8,7518	8,1113	Basın ekspress - tem
126	8,6518	9,6238	9,4646	8,5388	Atatürk Havalimanı yolu
127	9,0872	10,5788	10,1366	9,039	Atatürk Havalimanı yolu
128	8,631	8,4078	8,2789	9,254	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,956	6,3794	6,7213	6,4429	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	5,8704	6,855	6,2887	6,0711	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,0633	6,6655	6,9662	6,604	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	13,2104	12,7967	13,6117	14,0919	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	8,4532	9,0768	9,0094	9,4066	Şile otoyolu
295	11,8428	12,3245	13,1842	12,0591	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	10,3994	11,4079	11,3522	10,4501	D-100 Anadolu Yakası
311	16,4336	16,2831	16,3317	16,1275	D-100 Anadolu Yakası
312	12,2727	12,6996	12,5719	12,3613	D-100 Anadolu Yakası
313	12,6638	12,6787	12,825	12,1197	D-100 Yenisahra
314	13,7544	13,9529	14,1942	13,8596	D-100 Anadolu Yakası
315	12,9788	13,1315	13,2494	12,9567	D-100 Anadolu Yakası
316	16,8062	16,8927	16,967	16,3679	D-100 Kozyatağı
317	12,565	12,7216	13,13	12,9592	D-100 Anadolu Yakası
318	13,889	14,5387	15,4688	14,2023	D-100 Anadolu Yakası
319	26,8109	26,6527	26,0251	24,9423	D-100 Küçükyalı
320	16,7202	18,0857	18,9921	16,9726	D-100 Anadolu Yakası
321	15,6443	17,3612	19,1389	16,1036	D-100 Anadolu Yakası
322	15,5145	16,9466	18,5553	16,4857	D-100 Anadolu Yakası
323	6,8902	7,1578	6,8775	6,7568	D-100 Maltepe
324	5,8631	5,5293	5,7372	6,1452	D-100 Anadolu Yakası
415	11,82	11,9089	11,351	12,004	D-100 Küçükçekmece
416	8,956	9,9277	9,9331	9,7033	D-100 Küçükçekmece
417	7,7037	8,251	8,4909	8,3005	D-100 Florya
418	10,318	10,3013	10,8019	10,2787	D-100 Florya
419	9,1371	9,6189	9,9312	9,4706	D-100 Beşyol
420	9,2717	10,0396	11,6034	10,6398	D-100 Sefaköy
421	12,1314	12,8489	14,9439	12,6318	D-100 Yenibosna

Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

422	19,7627	22,5153	21,8114	20,2769	D-100 Yenibosna
423	20,2823	20,1557	17,8716	19,3954	D-100 Şirinevler
424	10,2301	11,4289	11,0443	10,7167	D-100 Şirinevler
425	10,355	10,9378	12,0041	11,1527	D-100 Bahçelievler
426	11,3897	12,3304	12,8014	12,2412	D-100 İncirli
427	13,8681	14,4114	14,9877	13,7579	D-100 İncirli
428	16,5671	16,5216	16,9321	16,038	D-100 Zeytinburnu
429	14,4563	14,9438	14,7632	14,4299	D-100 Merter
437	8,8852	9,7362	10,6813	10,162	D-100 Okmeydanı
440	22,5556	22,8328	21,5492	21,5249	D-100 Mecidiyeköy
441	22,6137	20,6794	19,4473	21,0305	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	18,6478	17,7385	16,098	19,2712	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	12,3122	12,2904	11,2033	12,847	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	10,9105	10,189	9,9851	11,1295	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	12,8098	12,8804	13,1167	12,865	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	15,3483	14,9447	15,2647	15,1923	D-100 Altunizade
452	14,1176	13,9438	14,264	14,2057	E-80 İstoç
453	10,6366	11,1364	11,1465	11,1674	E-80 Bağcılar
454	11,8802	12,4345	12,2508	12,3745	E-80 Sultangazi
455	17,0753	17,2053	16,8437	17,2435	E-80 Gaziosmanpaşa
456	10,2522	10,5504	11,0734	10,6025	E-80 Gaziosmanpaşa
457	9,0608	9,3024	10,1477	9,2457	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,7998	10,1865	10,8949	9,9286	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,8217	10,9766	11,5327	10,7244	E-80 Gaziosmanpaşa
460	11,0149	11,0792	11,9429	10,8062	E-80 Gaziosmanpaşa
461	12,5011	12,7135	13,5944	12,2346	E-80 5. Levent
462	15,4978	15,2899	16,3405	15,0921	E-80 5. Levent
463	17,5614	17,4715	17,9813	17,0792	E-80 Hasdal
464	17,458	16,8309	17,9156	17,0135	E-80 Kağıthane
465	13,9815	13,5473	14,4315	14,2554	E-80 Kağıthane

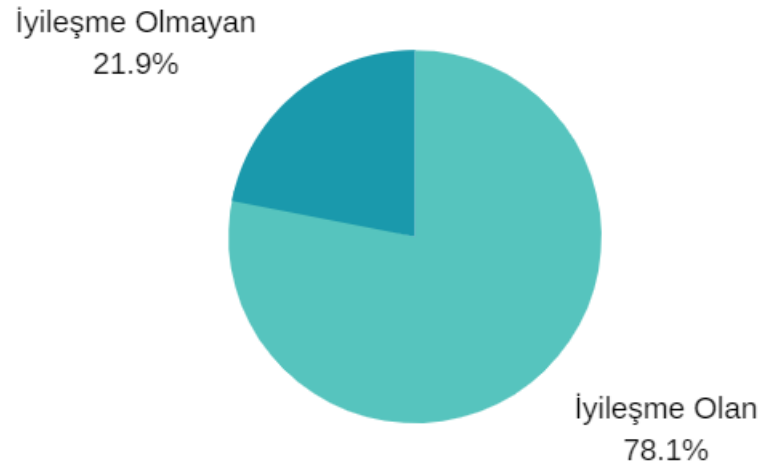
Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

466	13,473	13,2064	13,1133	13,4951	E-80 Sarıyer
467	14,7976	14,2609	13,5631	13,7722	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	14,9337	14,8962	14,0396	14,0757	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	16,8188	15,8205	15,1107	15,69	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	16,3069	15,2503	15,1913	15,3226	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	12,7635	11,8779	11,9527	12,0859	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	10,5812	10,3208	10,7876	10,7152	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	11,4373	10,7141	11,069	10,925	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	10,0523	9,9384	9,7728	9,5584	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	7,6385	7,811	7,9181	7,5701	E-80 Beykoz
478	6,5213	6,7328	6,2446	6,0996	E-80 Beykoz
479	6,5368	6,3491	7,0477	6,4818	E-80 Ümraniye
480	7,2274	7,1222	7,398	6,7842	E-80 Ümraniye
481	7,6077	7,0816	7,7408	7,1992	E-80 Ümraniye
482	7,8056	8,1612	8,4574	7,6554	E-80 Ümraniye
510	7,1991	6,9384	7,444	7,4643	Sahilyolu Bakırköy
511	8,8649	8,4565	8,1214	8,2321	Sahilyolu Zeytinburnu
603	10,0944	10,3112	10,1093	10,2294	Şile otoyolu - Çamlıca
604	11,4298	11,3647	11,6993	11,3359	Şile otoyolu - Ümraniye
614	5,9587	6,0879	6,5845	6,6513	Çamlıca Girişi K-13
615	9,2891	8,5686	9,8443	9,3462	Çamlıca Girişi K-13
616	11,5672	10,9945	12,7143	11,9884	Çamlıca Girişi K-13
617	10,9961	11,0676	12,9994	11,3695	Çamlıca Girişi K-13
618	27,4762	26,1374	24,3571	26,4402	Çamlıca Girişi K-13
619	30,4533	28,3165	25,7675	27,9791	Çamlıca Girişi K-13
620	11,659	12,3343	12,0321	12,5013	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	8,9276	8,7776	8,6417	9,2108	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir

Tablo 7.16 Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

622	11,7715	10,7209	10,7014	11,9144	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	9,8329	9,5626	8,8958	9,8781	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	12,2295	12,3879	11,752	12,1447	D-100 Altunizade
1745	26,1342	23,898	24,4408	23,8363	D-100 Şişli
1746	22,0691	21,8918	23,1462	22,5138	D-100 Şişli
1747	22,6032	22,4544	22,3049	22,1335	D-100 Şişli
1748	8,9038	8,9989	9,2765	9,0241	Kavacık
1749	9,6391	10,145	10,3046	9,577	Kavacık
1750	22,0752	20,6754	20,9802	21,2561	Balmumcu
1756	11,5344	11,6655	11,2692	11,2593	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	12,188	12,8484	12,6828	12,5823	D-100 Bakırköy
1788	7,0732	7,0913	6,9053	6,5276	E-80 Ümraniye

Buna ek olarak, 114 segmentin 67'sinde hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme görülmüştür. 25 segmentte ise iyileşme görülmemiştir.



Şekil 7.11 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Şekil 7.11'de graf tabanlı yaklaşımın MAE veya MAPE'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.

Tablo 7.17 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri

(%)	MAE	MAPE
Maksimum	18,84191176	15,38683821
Minimum	0,088731145	0,170277684
Ortalama	5,129467037	5,106993002

Verilerin eğitime hem sıralı olarak verilmesinin hem de önceki haftaların hız bilgilerinin ortalamasının verilmesinin iyileşmeye etkileri Tablo 7.17'de görülmektedir. MAE göz önüne alındığında maksimum iyileşmenin %18,84, minimum iyileşmenin %0,08, ortalama iyileşmenin ise %5,12 olduğu görülmektedir. MAPE'deki iyileşmeler değerlendirildiğinde ise maksimum iyileşmenin %15,38, minimum iyileşmenin %0,17 ve ortalama iyileşmenin ise %5,10 olduğu görülmüştür.

Graf tabanlı yaklaşımın sebep olduğu kötüleşme oranları incelendiğinde, ortalama kötüleşme oranına bakıldığında, Hop 2'ye gidildikçe kötüleşme oranının arttığı, ancak 3. hopta bu oranın 1. Ve 2. hopa göre daha düşük olduğu görülmektedir. Maksimum kötüleşmeye bakıldığında, MAE'de hop sayısı arttıkça kötüleşmenin azaldığı, ancak MAPE'de 2 hopta kötüleşme artarken 3 hopta 1 hopa göre maksimum kötüleşmenin daha az olduğu görülmektedir. Minimum kötüleşme oranına bakıldığında ise MAE'de hop sayısının artması minimum kötüleşme oranını azaltırken, MAPE' de hop sayısının artmasının 2 hopta minimum kötüleşmeyi azaltırken 3 hopta artırdığı görülmektedir. Tablo 7.18'te bu oranlar görülmektedir.

Tablo 7.18 İyileşme Olmayan Segmentlere Ait Kötüleşme Oranları

	MAE			MAPE		
(%)	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
Maksimum Kötüleşme	17,054	16,743	14,576	16,772	25,148	14,755
Minimum Kötüleşme	0,359	0,136	0,100	0,342	0,147	0,430
Ortalama Kötüleşme	4,895	5,867	4,421	6,688	9,700	4,483

7.4.4 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Modelin Eğitilmesi ve Test Sonuçları

Bu model, sıralı ve önceki haftaların t +/- anlarındaki hız bilgileri de verisetine dahil edilerek eğitilmiştir. Bu model test edildiğinde elde edilen MAE ve MAPE değerleri Tablo 7.19'de görülmektedir.

Tablo 7.19 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
14,24529285	14,17865381	14,32425165	14,51389581
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
16,35768157	16,48499529	16,68943981	16,9053048

Tablo 7.19'de görüldüğü üzere, MAE'de hop 1'de iyileşme olduğu ancak MAPE'lerde graf tabanlı yaklaşımın iyileştirme yapmadığı görülmektedir. Graf tabanlı yaklaşım 1 hop için iyileştirme sağlamıştır ancak diğer modellere kıyasla MAE ve MAPE değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 7.20'de segment bazlı MAE değerleri görülmektedir. Graf yapısının iyileşme sağladığı segmentler renklendirilmiştir.

Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri

Seg Id	**MAE Hop 0**	**MAE Hop 1**	**MAE Hop 2**	**MAE Hop 3**	**Lokasyon**
29	6,397259	8,029722	10,27677	11,1209	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,139831	5,963713	8,421039	9,956122	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,609439	6,66449	6,889358	7,127249	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,382151	7,71723	7,504957	7,582915	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	7,233409	6,762143	6,638773	6,637417	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	9,827409	8,788147	9,000841	9,982652	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	7,778978	7,033748	7,112426	8,517448	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,434456	6,143674	6,338279	6,456638	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	10,82306	11,25004	11,22933	10,8177	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	10,26591	10,35007	10,21243	10,22544	Maslak - Büyükdere Cd.

Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri (devamı)

122	12,56694	12,27953	12,11948	12,54906	Basın ekspress - tem
123	12,71593	12,22291	12,33256	12,27031	Basın ekspress - tem
124	14,2533	14,55516	14,26145	13,94787	Basın ekspress - tem
125	11,57397	11,61147	11,694	11,65185	Basın ekspress - tem
126	11,02481	10,85185	11,25266	10,7446	Atatürk Havalimanı yolu
127	8,707991	8,757962	8,662901	9,202869	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,767095	8,634165	10,3418	11,35505	Atatürk Havalimanı yolu
215	6,852218	6,489991	6,652347	8,166496	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,747676	6,745174	6,52242	6,598511	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,524455	6,150227	6,045613	6,147805	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	10,8638	11,13575	12,7967	15,74247	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	6,520153	11,48817	16,82954	20,21182	Şile otoyolu
295	11,62653	13,70921	15,69156	16,57107	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	11,88487	11,60587	11,46603	11,92866	D-100 Anadolu Yakası
311	19,26827	18,55785	18,54248	18,72782	D-100 Anadolu Yakası
312	17,24148	17,54579	17,46345	17,59558	D-100 Anadolu Yakası
313	14,62252	14,25511	14,14182	14,32288	D-100 Yenisahra
314	17,47633	17,08273	16,93263	16,88944	D-100 Anadolu Yakası
315	18,39638	17,93411	17,99552	17,85043	D-100 Anadolu Yakası
316	22,51422	22,19602	21,96373	21,90177	D-100 Kozyatağı
317	17,96762	18,01441	18,16187	18,0544	D-100 Anadolu Yakası
318	18,15586	17,81958	17,89201	17,90461	D-100 Anadolu Yakası
319	26,54164	26,27008	26,14166	26,13068	D-100 Küçükyalı
320	23,97858	24,38751	24,47831	24,41693	D-100 Anadolu Yakası
321	17,55009	17,85023	17,27649	17,71484	D-100 Anadolu Yakası
322	16,44734	16,09932	16,24803	16,48141	D-100 Anadolu Yakası
323	9,131742	9,992012	10,32719	10,29957	D-100 Maltepe
324	8,362529	8,469155	8,511239	8,568588	D-100 Anadolu Yakası
415	16,87293	17,33276	16,79561	16,92491	D-100 Küçükçekmece
416	10,54227	10,36307	10,35513	10,41219	D-100 Küçükçekmece
417	9,11156	9,231631	9,149516	9,303474	D-100 Florya
418	11,29935	11,24637	11,35754	11,5297	D-100 Florya
419	10,86194	10,73057	10,70518	10,67611	D-100 Beşyol
420	9,66122	9,303565	9,340046	10,0103	D-100 Sefaköy
421	12,34876	11,7333	11,75249	12,34723	D-100 Yenibosna

Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri (devamı)

422	19,23504	18,99641	19,00516	18,80112	D-100 Yenibosna
423	25,00958	25,30617	26,30528	26,09508	D-100 Şirinevler
424	13,69006	13,92023	13,75259	13,75077	D-100 Şirinevler
425	11,70156	11,17784	11,16083	11,40782	D-100 Bahçelievler
426	13,37753	13,64739	13,6429	13,09316	D-100 İncirli
427	15,57558	15,23946	15,27893	15,27515	D-100 İncirli
428	18,12124	17,60431	17,75598	17,82441	D-100 Zeytinburnu
429	16,96719	16,70782	16,72827	16,42868	D-100 Merter
437	10,08393	9,4926	9,606307	9,456005	D-100 Okmeydanı
440	22,529	23,57495	23,41492	23,23918	D-100 Mecidiyeköy
441	26,19577	25,47958	25,42363	25,58631	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	26,74526	26,10598	26,5538	26,20606	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	16,60239	17,08861	16,77841	16,65074	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	13,12617	12,67887	12,72743	12,4808	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	13,78143	13,87189	13,63486	13,7937	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	15,20762	15,32302	15,28637	15,09646	D-100 Altunizade
452	16,0378	15,75182	15,58389	15,40906	E-80 İstoç
453	14,5237	14,00548	13,83147	13,94227	E-80 Bağcılar
454	15,89077	15,38379	15,41008	15,64034	E-80 Sultangazi
455	19,03792	20,52277	20,66197	21,02186	E-80 Gaziosmanpaşa
456	12,45107	11,77551	11,72037	11,9325	E-80 Gaziosmanpaşa
457	10,80035	10,45864	10,5524	10,27621	E-80 Gaziosmanpaşa
458	11,90731	11,14178	11,23352	11,23923	E-80 Gaziosmanpaşa
459	13,60072	13,38657	12,88373	13,08268	E-80 Gaziosmanpaşa
460	14,13155	13,37994	13,1997	13,24274	E-80 Gaziosmanpaşa
461	15,02293	14,83233	14,26749	14,1825	E-80 5. Levent
462	17,32927	16,97687	16,49765	16,59977	E-80 5. Levent
463	20,56306	20,82459	20,6217	20,88743	E-80 Hasdal
464	21,41472	20,66445	20,52299	20,48621	E-80 Kağıthane
465	18,80145	18,56555	18,7498	19,48729	E-80 Kağıthane

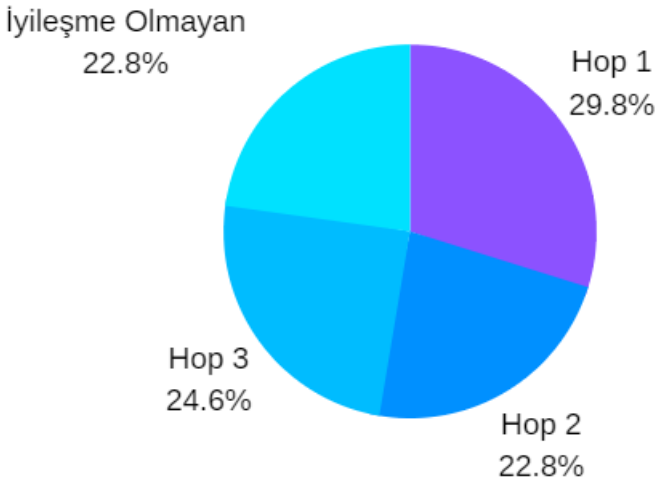
Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri (devamı)

466	17,22599	17,00627	17,55403	17,60007	E-80 Sarıyer
467	15,96161	15,51986	15,56958	15,42757	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	18,01256	17,34359	17,67048	17,79022	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	19,85267	19,42393	19,65364	19,54161	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	21,60002	21,4417	21,746	21,72609	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	19,31724	19,12421	18,80731	19,0264	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	14,70742	14,42705	14,63095	14,86136	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	15,93946	14,93652	15,12648	15,12727	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	15,58051	15,21833	14,98961	14,78614	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	12,92121	12,49638	12,50518	12,65977	E-80 Beykoz
478	10,4679	10,73961	10,57088	10,57164	E-80 Beykoz
479	9,944627	10,40262	10,25927	10,20089	E-80 Ümraniye
480	10,36753	10,47787	10,3998	10,31403	E-80 Ümraniye
481	11,13433	10,72531	10,56724	10,68819	E-80 Ümraniye
482	11,12732	11,54802	10,99277	11,07922	E-80 Ümraniye
510	5,928461	5,713185	5,693351	6,074665	Sahilyolu Bakırköy
511	6,059978	7,116985	8,106699	7,663758	Sahilyolu Zeytinburnu
603	12,18662	12,04919	12,13366	12,33506	Şile otoyolu - Çamlıca
604	13,8548	13,19268	13,03198	13,85872	Şile otoyolu - Ümraniye
614	6,907573	6,984945	6,82426	6,524637	Çamlıca Girişi K-13
615	10,55334	10,22244	10,29094	11,47179	Çamlıca Girişi K-13
616	15,0097	14,26011	14,29476	14,3765	Çamlıca Girişi K-13
617	12,71788	13,09835	13,76375	13,38454	Çamlıca Girişi K-13
618	25,27611	25,17126	25,24092	25,63435	Çamlıca Girişi K-13
619	31,02841	30,74611	30,538	30,85882	Çamlıca Girişi K-13
620	17,45753	17,7567	17,94194	17,83012	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir

Tablo 7.20 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE Değerleri (devamı)

621	12,98463	13,14668	12,79459	12,78898	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
622	14,29271	13,84314	13,63225	13,6306	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
623	12,25808	12,49343	12,8609	13,22796	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
1736	13,16293	13,77383	14,08825	15,19604	D-100 Altunizade
1745	20,72984	20,51271	20,52655	20,77574	D-100 Şişli
1746	17,13171	16,64573	16,96892	17,41966	D-100 Şişli
1747	21,99528	21,94822	22,46522	22,48382	D-100 Şişli
1748	11,99679	12,30205	12,69166	12,497	Kavacık
1749	12,9553	12,42903	12,41929	12,18124	Kavacık
1750	22,31919	21,96105	21,92968	21,7084	Balmumcu
1756	11,76834	11,52402	11,58535	11,77172	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	13,56824	13,344	13,21535	13,19457	D-100 Bakırköy
1788	10,32333	10,05865	10,26559	10,10366	E-80 Ümraniye

Bu yaklaşımda sonuçlar segment bazlı değerlendirildiğinde, 114 segmentin 88'inde MAE'de, 65'inde ise MAPE'de iyileşme olduğu görülmektedir. Şekil 7.12'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.12 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

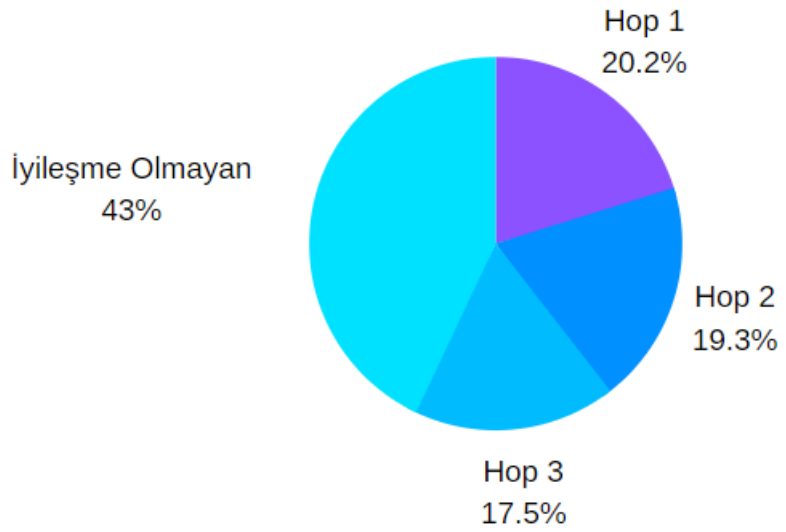
MAE'ler göz önüne alındığında 88 segmentin;

- 34'ünde 1.hopta,

- 26’sında 2.hopta,
- 28’inde ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.13’de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.13 MAPE’ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAPE’ler göz önüne alındığında ise 65 segmentin;

- 23’ünde 1.hopta,
- 22’sinde 2.hopta,
- 20’sinde ise 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7.21’de segment bazlı MAPE’ler verilmiştir.

Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri

Seg Id	MAPE Hop 0	MAPE Hop 1	MAPE Hop 2	MAPE Hop 3	Lokasyon
29	6,397259	8,029722	10,27677	11,1209	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,139831	5,963713	8,421039	9,956122	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,609439	6,66449	6,889358	7,127249	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,382151	7,71723	7,504957	7,582915	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	7,233409	6,762143	6,638773	6,637417	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	9,827409	8,788147	9,000841	9,982652	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	7,778978	7,033748	7,112426	8,517448	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,434456	6,143674	6,338279	6,456638	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	10,82306	11,25004	11,22933	10,8177	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	10,26591	10,35007	10,21243	10,22544	Maslak - Büyükdere Cd.
122	12,56694	12,27953	12,11948	12,54906	Basın ekspress - tem
123	12,71593	12,22291	12,33256	12,27031	Basın ekspress - tem
124	14,2533	14,55516	14,26145	13,94787	Basın ekspress - tem
125	11,57397	11,61147	11,694	11,65185	Basın ekspress - tem
126	11,02481	10,85185	11,25266	10,7446	Atatürk Havalimanı yolu
127	8,707991	8,757962	8,662901	9,202869	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,767095	8,634165	10,3418	11,35505	Atatürk Havalimanı yolu
215	6,852218	6,489991	6,652347	8,166496	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,747676	6,745174	6,52242	6,598511	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,524455	6,150227	6,045613	6,147805	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	10,8638	11,13575	12,7967	15,74247	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	6,520153	11,48817	16,82954	20,21182	Şile otoyolu
295	11,62653	13,70921	15,69156	16,57107	Kağıthane Kemerburgaz Cd

Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri (devamı)

310	11,88487	11,60587	11,46603	11,92866	D-100 Anadolu Yakası
311	19,26827	18,55785	18,54248	18,72782	D-100 Anadolu Yakası
312	17,24148	17,54579	17,46345	17,59558	D-100 Anadolu Yakası
313	14,62252	14,25511	14,14182	14,32288	D-100 Yenisahra
314	17,47633	17,08273	16,93263	16,88944	D-100 Anadolu Yakası
315	18,39638	17,93411	17,99552	17,85043	D-100 Anadolu Yakası
316	22,51422	22,19602	21,96373	21,90177	D-100 Kozyatağı
317	17,96762	18,01441	18,16187	18,0544	D-100 Anadolu Yakası
318	18,15586	17,81958	17,89201	17,90461	D-100 Anadolu Yakası
319	26,54164	26,27008	26,14166	26,13068	D-100 Küçükyalı
320	23,97858	24,38751	24,47831	24,41693	D-100 Anadolu Yakası
321	17,55009	17,85023	17,27649	17,71484	D-100 Anadolu Yakası
322	16,44734	16,09932	16,24803	16,48141	D-100 Anadolu Yakası
323	9,131742	9,992012	10,32719	10,29957	D-100 Maltepe
324	8,362529	8,469155	8,511239	8,568588	D-100 Anadolu Yakası
415	16,87293	17,33276	16,79561	16,92491	D-100 Küçükçekmece
416	10,54227	10,36307	10,35513	10,41219	D-100 Küçükçekmece
417	9,11156	9,231631	9,149516	9,303474	D-100 Florya
418	11,29935	11,24637	11,35754	11,5297	D-100 Florya
419	10,86194	10,73057	10,70518	10,67611	D-100 Beşyol
420	9,66122	9,303565	9,340046	10,0103	D-100 Sefaköy
421	12,34876	11,7333	11,75249	12,34723	D-100 Yenibosna
422	19,23504	18,99641	19,00516	18,80112	D-100 Yenibosna
423	25,00958	25,30617	26,30528	26,09508	D-100 Şirinevler
424	13,69006	13,92023	13,75259	13,75077	D-100 Şirinevler
425	11,70156	11,17784	11,16083	11,40782	D-100 Bahçelievler
426	13,37753	13,64739	13,6429	13,09316	D-100 İncirli
427	15,57558	15,23946	15,27893	15,27515	D-100 İncirli
428	18,12124	17,60431	17,75598	17,82441	D-100 Zeytinburnu
429	16,96719	16,70782	16,72827	16,42868	D-100 Merter
437	10,08393	9,4926	9,606307	9,456005	D-100 Okmeydanı
440	22,529	23,57495	23,41492	23,23918	D-100 Mecidiyeköy
441	26,19577	25,47958	25,42363	25,58631	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri (devamı)

442	26,74526	26,10598	26,5538	26,20606	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	16,60239	17,08861	16,77841	16,65074	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	13,12617	12,67887	12,72743	12,4808	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	13,78143	13,87189	13,63486	13,7937	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	15,20762	15,32302	15,28637	15,09646	D-100 Altunizade
452	16,0378	15,75182	15,58389	15,40906	E-80 İstoç
453	14,5237	14,00548	13,83147	13,94227	E-80 Bağcılar
454	15,89077	15,38379	15,41008	15,64034	E-80 Sultangazi
455	19,03792	20,52277	20,66197	21,02186	E-80 Gaziosmanpaşa
456	12,45107	11,77551	11,72037	11,9325	E-80 Gaziosmanpaşa
457	10,80035	10,45864	10,5524	10,27621	E-80 Gaziosmanpaşa
458	11,90731	11,14178	11,23352	11,23923	E-80 Gaziosmanpaşa
459	13,60072	13,38657	12,88373	13,08268	E-80 Gaziosmanpaşa
460	14,13155	13,37994	13,1997	13,24274	E-80 Gaziosmanpaşa
461	15,02293	14,83233	14,26749	14,1825	E-80 5. Levent
462	17,32927	16,97687	16,49765	16,59977	E-80 5. Levent
463	20,56306	20,82459	20,6217	20,88743	E-80 Hasdal
464	21,41472	20,66445	20,52299	20,48621	E-80 Kağıthane
465	18,80145	18,56555	18,7498	19,48729	E-80 Kağıthane
466	17,22599	17,00627	17,55403	17,60007	E-80 Sarıyer
467	15,96161	15,51986	15,56958	15,42757	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	18,01256	17,34359	17,67048	17,79022	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	19,85267	19,42393	19,65364	19,54161	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	21,60002	21,4417	21,746	21,72609	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	19,31724	19,12421	18,80731	19,0264	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)

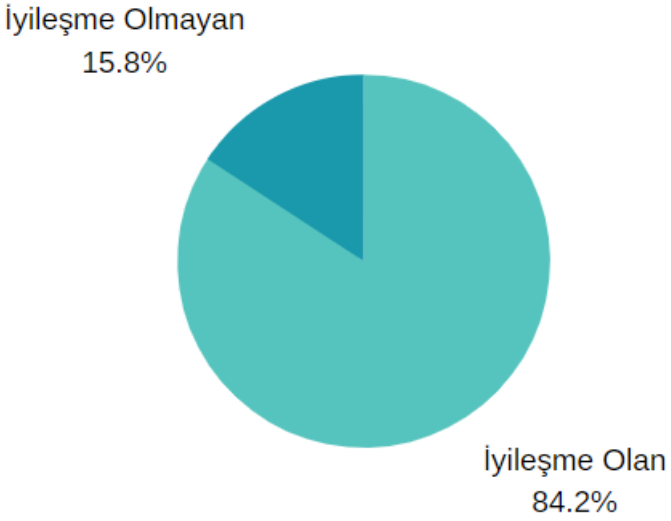
Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri (devamı)

472	14,70742	14,42705	14,63095	14,86136	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	15,93946	14,93652	15,12648	15,12727	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	15,58051	15,21833	14,98961	14,78614	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	12,92121	12,49638	12,50518	12,65977	E-80 Beykoz
478	10,4679	10,73961	10,57088	10,57164	E-80 Beykoz
479	9,944627	10,40262	10,25927	10,20089	E-80 Ümraniye
480	10,36753	10,47787	10,3998	10,31403	E-80 Ümraniye
481	11,13433	10,72531	10,56724	10,68819	E-80 Ümraniye
482	11,12732	11,54802	10,99277	11,07922	E-80 Ümraniye
510	5,928461	5,713185	5,693351	6,074665	Sahilyolu Bakırköy
511	6,059978	7,116985	8,106699	7,663758	Sahilyolu Zeytinburnu
603	12,18662	12,04919	12,13366	12,33506	Şile otoyolu - Çamlıca
604	13,8548	13,19268	13,03198	13,85872	Şile otoyolu - Ümraniye
614	6,907573	6,984945	6,82426	6,524637	Çamlıca Girişi K-13
615	10,55334	10,22244	10,29094	11,47179	Çamlıca Girişi K-13
616	15,0097	14,26011	14,29476	14,3765	Çamlıca Girişi K-13
617	12,71788	13,09835	13,76375	13,38454	Çamlıca Girişi K-13
618	25,27611	25,17126	25,24092	25,63435	Çamlıca Girişi K-13
619	31,02841	30,74611	30,538	30,85882	Çamlıca Girişi K-13
620	17,45753	17,7567	17,94194	17,83012	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
621	12,98463	13,14668	12,79459	12,78898	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
622	14,29271	13,84314	13,63225	13,6306	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
623	12,25808	12,49343	12,8609	13,22796	Çamlıca Girişi K-13- Ataşehir
1736	13,16293	13,77383	14,08825	15,19604	D-100 Altunizade
1745	20,72984	20,51271	20,52655	20,77574	D-100 Şişli
1746	17,13171	16,64573	16,96892	17,41966	D-100 Şişli
1747	21,99528	21,94822	22,46522	22,48382	D-100 Şişli
1748	11,99679	12,30205	12,69166	12,497	Kavacık
1749	12,9553	12,42903	12,41929	12,18124	Kavacık
1750	22,31919	21,96105	21,92968	21,7084	Balmumcu
1756	11,76834	11,52402	11,58535	11,77172	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	13,56824	13,344	13,21535	13,19457	D-100 Bakırköy

Tablo 7.21 Sıralı ve Önceki 4 Haftanın t +/- 15 Anlarındaki Hız Bilgilerinin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE Değerleri (devamı)

1788	10,32333	10,05865	10,26559	10,10366	E-80 Ümraniye

Buna ek olarak, 114 segmentin 57'sinde hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme görülmüştür. 18 segmentte ise iyileşme görülmemiştir.



Şekil 7.14 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Şekil 7.14'de graf tabanlı yaklaşımın mae veya mape'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.

Tablo 7.22 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri

(%)	MAE	MAPE
Maksimum	12,41811743	10,36743052
Minimum	0,049536578	0,049965308
Ortalama	3,526063285	2,40376437

Bu modelde, graf tabanlı yaklaşımın iyileşme sağladığı segmentlerin hata oranları değerlendirildiğinde minimum MAE'nin %0.049, maksimum MAE'nin %12.41 ve ortalama MAE'nin ise %3.52 olduğu görülmüştür. MAPE'ler değerlendirildiğinde ise minimum MAPE %0.049, maksimum MAPE %10.36 ve ortalama MAPE ise %2.40 olarak gözlemlenmiştir.

Bu modelde, özellikle maksimum kötüleşme oranlarının oluşturulan diğer modellere göre çok daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama kötüleşmeye bakıldığında, hop sayısı arttıkça hem MAE'de hem de MAPE'de ortalama kötüleşme oranlarının

arttığı görülmektedir. Minimum kötüleşmeye bakıldığında, MAE'de hop sayısı arttıkça kötüleşmenin arttığı MAPE'de ise 2. hopta kötüleşmenin azaldığı ancak 3. hopta arttığı gözlemlenmiştir. Maksimum kötüleşme incelendiğinde ise hop sayısının artmasının hem MAE'de hem de MAPE'de kötüleşme sağladığı görülmüştür. Tablo 7.23'te bu değerler görülmektedir.

Tablo 7.23 İyileşme Olmayan Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları

	MAE			MAPE		
(%)	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
Maksimum Kötüleşme	76,194	158,115	209,990	58,957	116,567	150,41
Minimum Kötüleşme	0,260	0,285	0,291	0,223	0,079	0,650
Ortalama Kötüleşme	8,605	16,585	21,023	5,046	9,249	12,231

7.4.5 Sıralı Veri ile Sadece Önceki Segmentin Hız Verileri Graf Yapısına Dahil Edildiğinde Yapılan Test Sonuçları

Önceki testlerde, graf tabanlı yaklaşımda ilgili segmentin hem önündeki hem de arkasındaki segmentlerin verileri kullanılmıştır. Bu bölümde sonuçları sunulan testte ise segmentin sadece kendisinin ve önündeki segmentin hız bilgilerini eğitime katmanın başarıyı nasıl etkilediği incelenmiştir.

Verilerin sıralı şekilde verildiği bu modelde tüm segmentlerin ve ayların ortalama MAE ve MAPE değerleri Tablo 7.24'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi, segmentlerin ortalama MAE ve MAPE değerlerine bakıldığında graf tabanlı yaklaşımın olumlu etkisi gözlemlenememiştir.

Tablo 7.24 Sıralı ve Sadece Ön segmentler ile Eğitilen Modele Ait Ortalama MAE ve MAPE

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
13,93270493	14,15020816	14,34908327	14,49935724
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
16,31084718	16,56667349	16,78637691	16,96305869

Tablo 7.25'de, her bir segmente ait MAE'ler görülmektedir.

Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri

Seg id	MAE Hop 0	MAE Hop 1	MAE Hop 2	MAE Hop 3	Location
29	6,056511	9,094255	12,83905	12,74144	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	5,737605	5,574448	5,984618	7,311298	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31	6,922279	7,151237	7,477542	7,062705	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	7,861497	7,652474	7,798537	8,268883	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,94925	7,063357	7,33742	7,660148	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,753945	8,688081	8,801577	9,476703	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
35	7,394797	8,113907	7,193786	7,043875	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,201528	7,140239	7,963884	8,298814	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	10,68641	11,098	11,51548	10,94965	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	10,22889	10,33443	10,33988	10,7025	Maslak - Büyükdere Cd.
122	12,52137	12,37879	12,46358	12,69309	Basın ekspress - tem
123	12,45626	12,30071	12,19804	12,05661	Basın ekspress - tem
124	14,48911	14,48019	14,5881	14,36301	Basın ekspress - tem
125	11,57406	11,5551	11,73183	11,7266	Basın ekspress - tem
126	10,35793	10,65367	10,84497	11,04677	Atatürk Havalimanı yolu
127	8,74601	9,400516	10,43397	10,46274	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,457923	8,709142	10,27721	12,95713	Atatürk Havalimanı yolu
215	6,439659	6,491174	6,446722	7,443436	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,52175	6,70202	6,727151	6,448628	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı

Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

278	5,778627	6,768564	7,430029	8,334467	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	10,54817	10,60401	12,14667	15,03818	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	6,13301	7,956308	9,567714	10,14515	Şile otoyolu
295	10,67775	13,32409	18,57143	19,61461	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	11,56677	11,64124	11,40283	11,54555	D-100 Anadolu Yakası
311	19,01676	18,60026	18,54969	18,31021	D-100 Anadolu Yakası
312	17,04604	18,26832	18,14761	18,43086	D-100 Anadolu Yakası
313	14,23826	14,58958	14,32374	14,6366	D-100 Yenisahra
314	17,14506	17,00837	16,98159	17,38485	D-100 Anadolu Yakası
315	18,0443	17,85458	18,00612	17,90724	D-100 Anadolu Yakası
316	22,32505	22,31208	22,03785	21,92862	D-100 Kozyatağı
317	18,06229	18,08256	18,39075	18,66433	D-100 Anadolu Yakası
318	18,07086	18,06441	17,97611	18,06167	D-100 Anadolu Yakası
319	26,1491	26,20592	26,53253	26,57863	D-100 Küçükyalı
320	23,88006	24,60809	24,2528	24,33001	D-100 Anadolu Yakası
321	17,3995	17,35311	17,68325	17,36595	D-100 Anadolu Yakası
322	16,10147	17,38345	16,35415	16,12533	D-100 Anadolu Yakası
323	10,18879	10,25907	10,81151	10,79915	D-100 Maltepe
324	8,553395	8,50383	8,820111	9,028873	D-100 Anadolu Yakası
415	16,59933	16,94453	16,67212	16,72756	D-100 Küçükçekmece
416	10,38679	10,5057	10,36873	11,5249	D-100 Küçükçekmece
417	8,969918	9,327349	9,286838	9,076115	D-100 Florya
418	11,20886	10,98928	11,08096	11,17322	D-100 Florya
419	10,62823	10,57509	10,51789	10,54704	D-100 Beşyol
420	9,203276	9,381943	9,345587	9,88524	D-100 Sefaköy
421	11,53928	11,51651	11,74853	11,88137	D-100 Yenibosna
422	19,07804	19,41396	19,37528	18,96767	D-100 Yenibosna
423	25,01028	25,28632	26,12581	26,09952	D-100 Şirinevler
424	14,02258	13,43628	13,56883	14,32851	D-100 Şirinevler
425	10,93263	11,06091	11,23335	11,1638	D-100 Bahçelievler
426	13,05132	13,98751	13,42901	13,14243	D-100 İncirli
427	15,5499	15,08148	15,55769	15,30874	D-100 İncirli

Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

428	17,64661	17,80308	17,60258	17,51118	D-100 Zeytinburnu
429	16,82491	17,15175	16,67559	16,81699	D-100 Merter
437	9,282565	9,477858	9,422649	9,371321	D-100 Okmeydanı
440	22,23149	23,02	22,93326	22,58895	D-100 Mecidiyeköy
441	25,38358	25,52168	25,09341	25,05183	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	26,1792	25,93561	25,96054	25,80724	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	16,71232	17,18978	17,43859	16,84512	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	12,98342	12,81811	13,09384	12,98938	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	13,6052	13,70738	13,72941	13,92672	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	15,03823	14,93883	15,07752	15,12918	D-100 Altunizade
452	15,43589	15,11329	15,1456	15,36512	E-80 İstoç
453	13,97756	13,63014	13,62481	13,70482	E-80 Bağcılar
454	15,50427	15,3053	15,19318	15,20052	E-80 Sultangazi
455	18,59995	18,77555	18,71039	18,48281	E-80 Gaziosmanpaşa
456	11,94016	12,97659	12,45211	12,26091	E-80 Gaziosmanpaşa
457	10,34211	10,6968	11,25287	12,19539	E-80 Gaziosmanpaşa
458	11,321	11,15341	11,55306	12,1042	E-80 Gaziosmanpaşa
459	13,22742	12,93452	12,817	12,89265	E-80 Gaziosmanpaşa
460	13,26057	13,14187	13,22257	13,16889	E-80 Gaziosmanpaşa
461	14,56236	14,19707	14,42003	14,40215	E-80 5. Levent
462	17,05237	16,83035	16,87164	16,72539	E-80 5. Levent
463	20,05758	20,34428	20,20544	20,37993	E-80 Hasdal
464	20,76908	20,4296	20,55491	20,56063	E-80 Kağıthane
465	18,46968	19,02997	18,74587	19,006	E-80 Kağıthane

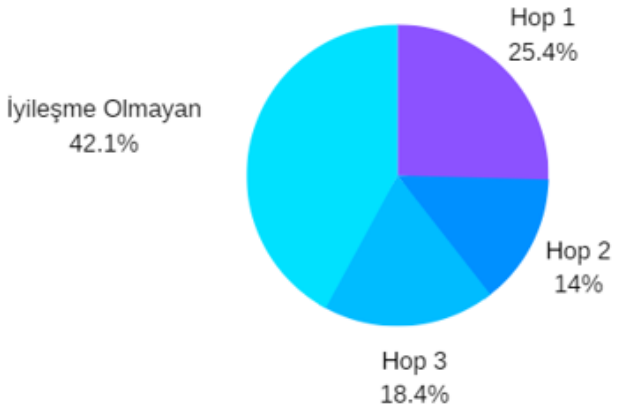
Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

466	16,93354	16,68444	16,62536	16,57735	E-80 Sarıyer
467	15,52347	15,60623	15,62935	15,79701	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	17,34871	17,26548	17,3407	17,6228	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	19,56141	19,6895	19,42199	19,29079	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	21,06824	22,02109	22,82182	22,34207	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	19,07408	18,98642	19,24138	19,55563	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	14,62031	14,69887	14,54013	15,2655	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	15,13996	14,73444	15,11666	15,06793	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	15,3427	14,66161	14,48839	14,6671	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	12,87673	12,67183	12,3509	12,50945	E-80 Beykoz
478	11,04123	10,69467	10,74316	10,63529	E-80 Beykoz
479	10,35249	10,43968	10,56931	10,28793	E-80 Ümraniye
480	9,902821	10,2834	11,00604	10,54821	E-80 Ümraniye
481	10,60141	10,54017	10,63016	10,53235	E-80 Ümraniye
482	10,95555	11,23939	11,40471	11,22448	E-80 Ümraniye
510	5,639112	5,532365	5,58373	6,988731	Sahilyolu Bakırköy
511	5,595326	6,925417	6,928706	6,135565	Sahilyolu Zeytinburnu
603	12,23723	12,04329	12,83474	12,92106	Şile otoyolu - Çamlıca
604	13,36462	12,94401	13,56038	14,56711	Şile otoyolu - Ümraniye
614	6,607515	6,906153	6,517587	6,873505	Çamlıca Girişi K-13
615	10,07609	9,933971	10,10835	11,09683	Çamlıca Girişi K-13
616	14,47868	14,12358	14,1418	14,1275	Çamlıca Girişi K-13
617	12,17429	13,70489	15,3489	14,58068	Çamlıca Girişi K-13
618	25,05298	24,89161	25,3915	25,78266	Çamlıca Girişi K-13
619	30,59399	30,34068	30,18882	30,70737	Çamlıca Girişi K-13

Tablo 7.25 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

620	17,43097	17,55382	17,79736	17,36585	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
621	12,89898	13,28208	12,93723	12,94482	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
622	13,53433	14,098	14,14297	13,92914	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
623	11,98941	12,20071	12,13833	12,03494	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
1736	13,14451	13,60546	13,50119	14,05428	D-100 Altunizade
1745	20,08644	20,55109	20,2148	20,06183	D-100 Şişli
1746	16,86825	16,93904	17,26759	18,11828	D-100 Şişli
1747	21,57888	22,62869	23,08009	22,53767	D-100 Şişli
1748	11,6312	11,78882	12,08639	12,27839	Kavacık
1749	12,19091	12,11181	12,21848	12,04046	Kavacık
1750	21,83729	21,92008	21,53861	21,705	Balmumcu
1756	11,79919	11,58016	11,50594	11,54245	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	13,14782	13,69031	13,48459	13,02041	D-100 Bakırköy
1788	10,15776	10,01123	10,29007	10,33063	E-80 Ümraniye

Test sonuçları segment bazlı değerlendirildiğinde ise, MAE göz önünde bulundurulduğunda 114 segmentin 66'sında, MAPE göz önünde bulundurulduğunda ise 114 segmentin 51'inde iyileşmeler görülmektedir. Şekil 7.15'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



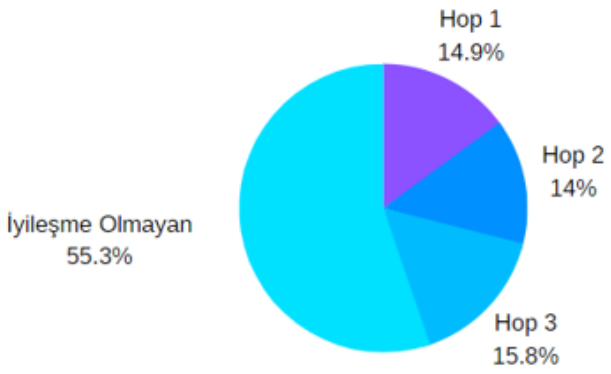
Şekil 7.15 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAE'ler göz önüne alındığında 66 segmentin;

- 29’unda 1.hopta,
- 16’sında 2.hopta,
- 21’inde 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.16’de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.16 MAPE’ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAPE’ler göz önüne alındığında ise 51 segmentin;

- 17’sinde 1.hopta,
- 16’sında 2.hopta,
- 18’inde 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 7.26’te, segment bazlı MAPE değerleri görülmektedir.

Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri

Seg id	MAPE Hop 0	MAPE Hop 1	MAPE Hop 2	MAPE Hop 3	Location
29	7,503866	10,53538	14,13678	14,10552	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	6,931008	6,807597	7,169687	8,566713	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı

Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

31	7,605698	8,31532	8,876836	8,249197	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,508902	8,36633	8,911739	9,654481	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
33	7,219125	7,584472	8,032866	8,574155	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,870038	8,938028	9,22013	10,15554	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
35	7,643058	8,298852	7,532226	7,502687	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,77678	7,721992	8,467175	8,775521	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
63	20,48868	20,12262	20,28322	19,99514	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	17,48978	18,68062	18,47494	17,75884	Maslak - Büyükdere Cd.
122	13,38907	13,62453	13,82502	14,75649	Basın ekspress - tem
123	13,13583	13,16024	13,22202	13,23152	Basın ekspress - tem
124	15,97253	15,82362	15,76494	15,71942	Basın ekspress - tem
125	12,6396	12,8226	12,77952	12,80079	Basın ekspress - tem
126	11,60378	11,92493	12,0578	12,12748	Atatürk Havalimanı yolu
127	10,84871	11,35269	12,19862	12,24327	Atatürk Havalimanı yolu
128	9,085882	11,46402	13,14957	15,91492	Atatürk Havalimanı yolu
215	7,125588	7,338962	7,271049	7,97317	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	7,043356	7,32403	7,502367	7,177789	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	6,314159	7,876641	8,792196	10,01428	Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	14,05182	14,12439	15,16554	17,76576	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	8,777151	10,70312	12,42152	13,01294	Şile otoyolu
295	12,7146	14,56367	19,09051	19,91654	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	12,81412	12,89854	12,87034	13,38574	D-100 Anadolu Yakası
311	21,25839	20,60481	20,71121	20,7978	D-100 Anadolu Yakası

Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

312	21,30965	21,17533	20,93871	21,05059	D-100 Anadolu Yakası
313	16,96915	17,8696	17,14899	17,03665	D-100 Yenisahra
314	20,94813	20,52541	20,85301	20,74204	D-100 Anadolu Yakası
315	22,93016	22,3451	22,21849	22,2108	D-100 Anadolu Yakası
316	28,00428	27,9745	27,49297	27,51115	D-100 Kozyatağı
317	24,20221	24,1064	23,54158	23,38647	D-100 Anadolu Yakası
318	24,25692	24,27578	23,72419	23,7148	D-100 Anadolu Yakası
319	31,88486	33,76248	34,98496	34,61177	D-100 Küçükyalı
320	35,71574	33,44233	33,36497	33,28732	D-100 Anadolu Yakası
321	24,18391	25,45013	24,58479	23,49599	D-100 Anadolu Yakası
322	21,59311	24,71919	23,66382	22,52499	D-100 Anadolu Yakası
323	12,76405	13,12807	14,10646	14,2963	D-100 Maltepe
324	10,16726	10,48685	10,78494	11,39831	D-100 Anadolu Yakası
415	24,30264	24,09182	25,1917	24,6379	D-100 Küçükçekmece
416	13,12164	13,89541	13,95703	15,99015	D-100 Küçükçekmece
417	11,94378	12,28937	12,40783	12,24652	D-100 Florya
418	14,67735	14,54346	14,58666	14,90477	D-100 Florya
419	13,57253	13,68667	13,89279	13,79439	D-100 Beşyol
420	11,11963	11,6436	11,66353	12,65086	D-100 Sefaköy
421	13,6185	13,74025	14,45602	14,75628	D-100 Yenibosna
422	23,34726	23,10597	23,2637	23,26546	D-100 Yenibosna
423	35,3765	32,61236	32,05225	32,16268	D-100 Şirinevler
424	18,1882	18,0829	17,69879	17,59959	D-100 Şirinevler
425	13,07571	13,6919	14,11889	13,93243	D-100 Bahçelievler
426	17,14747	17,39	17,03474	16,94761	D-100 İncirli
427	19,29513	19,50042	19,77063	19,43412	D-100 İncirli
428	22,10593	22,38251	22,34721	22,15383	D-100 Zeytinburnu
429	21,93434	21,39076	21,4141	21,80677	D-100 Merter
437	11,33778	11,85208	11,82928	11,99039	D-100 Okmeydanı
440	29,91075	29,03951	29,09598	28,93467	D-100 Mecidiyeköy
441	30,2775	32,42814	31,18587	31,3436	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	30,09415	30,51231	32,46928	31,22715	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

443	20,99933	20,78192	20,72952	20,99113	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	15,85294	15,82474	16,08954	15,77834	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	17,00934	17,26015	17,20649	17,2198	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	18,02849	18,21028	18,48782	18,55751	D-100 Altunizade
452	16,86367	16,52297	16,79255	16,84023	E-80 İstoç
453	15,08779	14,86062	14,81011	15,02672	E-80 Bağcılar
454	16,33834	16,18828	16,16397	16,42845	E-80 Sultangazi
455	20,57097	20,55103	20,52212	20,32309	E-80 Gaziosmanpaşa
456	11,80138	13,64492	13,0546	12,85317	E-80 Gaziosmanpaşa
457	9,704131	10,33432	11,18807	12,42031	E-80 Gaziosmanpaşa
458	10,38257	10,39538	10,92437	11,81742	E-80 Gaziosmanpaşa
459	12,1543	12,03204	11,93538	12,28031	E-80 Gaziosmanpaşa
460	12,38474	12,24804	12,35781	12,39193	E-80 Gaziosmanpaşa
461	13,6507	13,40572	13,51202	13,5239	E-80 5. Levent
462	16,05366	16,06579	16,04975	15,83741	E-80 5. Levent
463	19,49856	19,64041	19,4373	19,60879	E-80 Hasdal
464	20,40346	20,20616	20,10065	20,09111	E-80 Kağıthane
465	19,08509	18,99456	18,83913	18,87562	E-80 Kağıthane
466	17,06027	17,28837	16,80092	16,85379	E-80 Sarıyer
467	14,76924	15,21723	15,5261	15,77038	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	15,98044	16,22244	16,55366	17,04977	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	18,29951	18,35217	18,31587	18,45509	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	21,00541	21,46421	21,85302	21,50289	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	19,23028	19,07341	19,03841	19,07093	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	15,18135	15,09143	15,00139	15,40922	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)

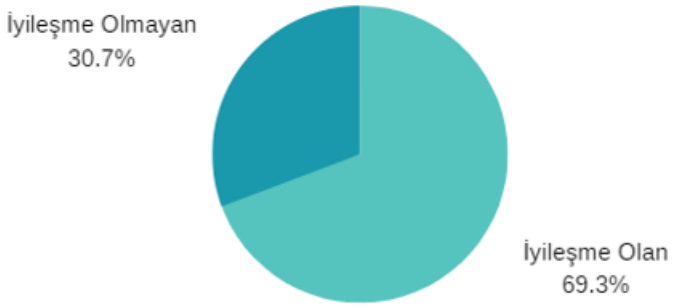
Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

475	14,71761	14,72826	15,40308	15,4441	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	14,81379	14,42888	14,56235	14,90331	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	12,29539	12,27321	12,13151	12,43255	E-80 Beykoz
478	10,46091	10,25617	10,33424	10,34747	E-80 Beykoz
479	9,883057	10,03367	10,08737	9,952737	E-80 Ümraniye
480	9,685784	10,07619	10,52025	10,14984	E-80 Ümraniye
481	10,13395	10,15665	10,32109	10,22121	E-80 Ümraniye
482	10,77261	10,95674	11,05982	10,90382	E-80 Ümraniye
510	7,36894	7,334249	7,686108	10,01536	Sahilyolu Bakırköy
511	8,070564	9,553948	9,499821	8,605152	Sahilyolu Zeytinburnu
603	14,98058	15,58169	17,31118	17,53862	Şile otoyolu - Çamlıca
604	15,54532	15,37003	17,05093	18,98834	Şile otoyolu - Ümraniye
614	7,324838	7,598193	7,413008	8,03042	Çamlıca Girişi K-13
615	10,42337	10,61782	11,02705	12,43659	Çamlıca Girişi K-13
616	15,26912	14,95128	15,33045	15,30269	Çamlıca Girişi K-13
617	14,40834	15,40434	16,65898	16,04823	Çamlıca Girişi K-13
618	30,2424	29,43411	28,71707	28,79336	Çamlıca Girişi K-13
619	39,26995	37,3852	36,20189	34,92627	Çamlıca Girişi K-13
620	21,44489	21,69936	21,22318	20,82519	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
621	14,69217	15,67779	15,44179	15,58539	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
622	14,92535	15,91513	16,17463	16,07465	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
623	13,4789	13,6515	13,75594	13,83323	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
1736	17,33405	17,24928	17,21543	17,57834	D-100 Altunizade
1745	23,40928	24,18879	24,33075	24,34932	D-100 Şişli
1746	19,55977	20,46859	21,28604	22,95156	D-100 Şişli
1747	28,21792	27,66498	27,86712	27,58676	D-100 Şişli
1748	12,27217	12,44737	12,6495	12,64346	Kavacık
1749	12,27507	12,54449	12,80839	12,48223	Kavacık
1750	26,9067	28,57326	27,2919	27,59946	Balmumcu

Tablo 7.26 Sıralı ve Sadece Önceki Segmentin Dahil Edildiği Veri ile Eğitilen Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

1756	20,18283	19,81049	20,4099	20,33741	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	16,81712	16,8862	16,79855	16,80787	D-100 Bakırköy
1788	9,67018	9,687804	10,01522	9,894455	E-80 Ümraniye

38 segmentte ise hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme olduğu görülmüş 35 segmentte hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme görülmemiştir.



Şekil 7.17 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Şekil 7.17'de graf tabanlı yaklaşımın MAE veya MAPE'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.

Tablo 7.27 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri

(%)	**MAE**	**MAPE**
Maksimum	5,568185521	11,06109096
Minimum	0,12251547	0,110470739
Ortalama	1,637901634	1,637901634

7.5 LSTM ile Uzun Vadeli Trafik Hızı Tahmini

7.5.1 LSTM Kullanılarak Oluşturulan Modele İlişkin Test Sonuçları

Sıralı ve zaman penceresi kullanılarak oluşturulan veri ile eğitilen modele ait test sonuçları Tablo 7.28'de görülmektedir.

9 ay için, 114 segmentin ortalaması alındığında MAE'de de MAPE'de de iyileşme olmamıştır. Bunun sebebi, LSTM yönteminde graf tabanlı yaklaşımın iyileşme sağlayamadığı segmentlerde yüksek kötüleşmeler göstermesidir. LSTM segment

Tablo 7.28 LSTM Kullanılarak Oluşturulan Modele Ait Test Sonuçları

MAE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
9,141270947	9,626598684	13,3214197	14,41541204
MAPE			
Hop 0	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
17,20451104	18,05439346	19,05434004	25,33574711

bazlı incelendiğinde graf tabanlı yaklaşımın iyileşmeler sağladığı görülmüştür. Tablo 7.29'de segment bazlı MAE'ler görülmektedir.

Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri

Seg Id	**MAE Hop 0**	**MAE Hop 1**	**MAE Hop 2**	**MAE Hop 3**	**Location**
29	6,041851	5,677264	5,64735	5,787787	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
30	5,565658	5,054306	5,046634	5,094961	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
31	6,375784	6,308031	6,270885	8,058461	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
32	7,522351	7,194935	7,348105	7,576391	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
33	6,588917	6,40802	6,600229	6,690918	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
34	8,662972	7,934595	8,233894	8,517317	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
35	6,40125	6,546015	6,699147	8,387778	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
36	5,503324	9,954499	75,342297	5,181737	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
63	5,717359	5,039393	5,132307	5,04791	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	4,482161	4,87855	4,495693	4,916575	Maslak - Büyükdere Cd.
122	6,397234	6,484783	6,383398	6,950112	Basın ekspress - tem
123	7,817751	7,241242	7,318694	7,159944	Basın ekspress - tem
124	8,143614	8,165525	8,651834	15,861313	Basın ekspress - tem
125	7,071246	6,740206	6,476353	6,465492	Basın ekspress - tem

Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

126	7,185787	8,271497	6,418498	6,50765	Atatürk Havalimanı yolu
127	12,036577	6,571107	6,532145	7,851561	Atatürk Havalimanı yolu
128	6,356332	8,088965	5,977105	6,208294	Atatürk Havalimanı yolu
215	5,470561	4,856464	4,866596	12,923107	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	5,685756	8,87349	5,048358	5,192837	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	5,741612	5,763051	5,790247	5,427078	Kozyatağı O-2 Bağlantısı
281	9,513801	9,08918	9,305611	9,334613	Kozyatağı O-2 Bağlantısı
286	5,90121	6,479118	6,084328	6,285964	Şile otoyolu
295	9,795886	9,459903	54,678528	9,144527	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	13,083741	8,074269	12,667558	7,202406	D-100 Anadolu Yakası
311	10,017473	37,279904	9,258184	9,835212	D-100 Anadolu Yakası
312	7,538553	10,311745	7,328759	7,274797	D-100 Anadolu Yakası
313	7,770398	7,852301	7,496448	7,926971	D-100 Yenisahra
314	9,315789	8,529404	9,107612	8,424869	D-100 Anadolu Yakası
315	9,305525	8,770695	8,530374	8,366456	D-100 Anadolu Yakası
316	10,376208	10,221993	10,024173	10,618998	D-100 Kozyatağı
317	11,072731	8,521937	83,332489	8,550177	D-100 Anadolu Yakası
318	9,095302	8,977431	8,677951	9,423121	D-100 Anadolu Yakası
319	12,755265	12,604535	17,017599	12,461896	D-100 Küçükyalı
320	8,579331	8,997974	8,603038	8,866578	D-100 Anadolu Yakası

Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

321	9,029241	8,993958	8,627742	8,227712	D-100 Anadolu Yakası
322	9,474395	62,768868	9,097144	15,216306	D-100 Anadolu Yakası
323	6,660713	4,82746	5,668354	4,790948	D-100 Maltepe
324	4,694514	4,603427	4,476697	4,399981	D-100 Anadolu Yakası
415	7,984384	7,04229	206,650902	6,986276	D-100 Küçükçekmece
416	7,257695	6,441006	6,475789	6,287826	D-100 Küçükçekmece
417	5,119992	5,145311	23,547957	5,197389	D-100 Florya
418	7,388652	6,625269	7,0227	6,861793	D-100 Florya
419	6,538804	8,375291	7,678252	6,739406	D-100 Beşyol
420	16,625772	7,23974	13,385922	7,511906	D-100 Sefaköy
421	9,110424	9,051381	8,919503	9,129976	D-100 Yenibosna
422	13,391345	11,361274	11,032892	11,112748	D-100 Yenibosna
423	9,352606	9,373472	9,892043	9,336766	D-100 Şirinevler
424	8,840091	7,353931	14,659089	7,272418	D-100 Şirinevler
425	7,823585	8,053677	7,460833	8,530542	D-100 Bahçelievler
426	11,713007	7,114752	7,299377	107,836445	D-100 İncirli
427	9,32962	9,003962	9,035189	10,41131	D-100 İncirli
428	10,966402	10,858908	10,098811	10,130985	D-100 Zeytinburnu
429	9,900601	9,499004	11,232815	9,532442	D-100 Merter
437	6,85241	8,800259	15,688939	7,284075	D-100 Okmeydanı
440	10,570656	10,305965	11,042481	174,077941	D-100 Mecidiyeköy
441	11,264267	10,63655	10,240628	10,441103	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442	12,302417	10,812256	10,277411	22,67964	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	8,731656	8,586538	8,270645	8,6907	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

444	8,474726	7,906987	7,657512	7,829707	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	9,727739	8,734145	8,420292	9,579759	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	9,177085	9,12692	8,695089	9,062076	D-100 Altunizade
452	10,68872	10,589575	10,517198	295,57419	E-80 İstoç
453	10,516908	8,908155	8,774844	8,769327	E-80 Bağcılar
454	10,118802	9,674322	9,829143	9,824878	E-80 Sultangazi
455	12,715874	12,566827	14,200249	13,610836	E-80 Gaziosmanpaşa
456	10,193476	10,075413	9,599053	15,101052	E-80 Gaziosmanpaşa
457	9,745606	24,778307	45,014295	8,618205	E-80 Gaziosmanpaşa
458	9,151731	8,885273	57,870955	35,098176	E-80 Gaziosmanpaşa
459	10,178317	9,553792	9,339383	9,390731	E-80 Gaziosmanpaşa
460	9,783471	9,907799	15,834944	9,67227	E-80 Gaziosmanpaşa
461	11,319494	13,434151	19,271261	11,235439	E-80 5. Levent
462	13,690033	13,175919	12,99002	13,208424	E-80 5. Levent
463	15,344923	12,618328	15,010341	12,707901	E-80 Hasdal
464	12,49915	12,257135	16,211728	11,844791	E-80 Kağıthane
465	11,709312	11,002156	9,929305	10,165778	E-80 Kağıthane
466	10,744419	10,163776	10,274361	14,840894	E-80 Sarıyer
467	9,870871	9,462259	12,504711	9,886247	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	11,544302	10,485219	15,110763	10,925094	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
469	10,546871	10,950336	9,583136	9,432749	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	11,726277	12,323416	9,54758	10,687345	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	9,286428	8,913896	8,79545	9,562279	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	9,602266	9,597325	8,69179	8,75607	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	9,144948	8,90771	8,981242	28,34116	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)

Tablo 7.29 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAE değerleri (devamı)

476	11,851931	8,41263	8,97166	8,170859	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	10,03141	9,083571	6,967022	6,887572	E-80 Beykoz
478	8,278346	5,979941	6,331432	6,466139	E-80 Beykoz
479	8,265506	6,177272	5,919971	6,488563	E-80 Ümraniye
480	6,436379	6,243209	6,339011	6,295668	E-80 Ümraniye
481	7,686892	6,455431	6,272607	7,288114	E-80 Ümraniye
482	7,302707	6,414433	7,208234	6,51339	E-80 Ümraniye
510	5,842657	6,946086	5,592994	42,735537	Sahilyolu Bakırköy
511	6,341601	5,513592	6,840497	5,155847	Sahilyolu Zeytinburnu
603	13,505912	6,692565	6,836686	7,864715	Şile otoyolu - Çamlıca
604	8,495536	8,073707	7,665972	10,764261	Şile otoyolu - Ümraniye
614	5,10251	11,648662	4,907542	5,028653	Çamlıca Girişi K-13
615	7,164754	6,945823	6,95243	9,383503	Çamlıca Girişi K-13
616	9,547666	9,773837	8,782918	8,668418	Çamlıca Girişi K-13
617	7,497011	7,608408	9,03169	7,562565	Çamlıca Girişi K-13
618	13,887368	14,577825	13,255488	12,96314	Çamlıca Girişi K-13
619	13,23609	13,974827	12,919106	12,893121	Çamlıca Girişi K-13
620	13,292734	10,252231	14,709426	10,189647	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
621	8,673776	7,337785	7,233974	7,240903	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
622	9,210877	8,921784	8,956239	8,656043	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
623	8,072075	7,43838	7,408883	6,926608	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
1736	8,323635	8,008292	8,232972	8,332852	D-100 Altunizade
1745	13,131853	28,497951	11,218686	15,184064	D-100 Şişli
1746	14,13233	13,781527	12,923456	12,787954	D-100 Şişli
1747	11,29649	10,549411	23,230514	17,053002	D-100 Şişli
1748	7,313955	6,978364	7,809373	7,386627	Kavacık
1749	9,755797	7,587883	7,981731	7,402626	Kavacık
1750	11,213124	9,987821	9,719966	9,72065	Balmumcu
1756	5,219185	5,27582	5,132851	5,148695	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	7,984002	8,041449	10,166796	8,050544	D-100 Bakırköy
1788	6,696471	6,155716	6,292538	6,210872	E-80 Ümraniye

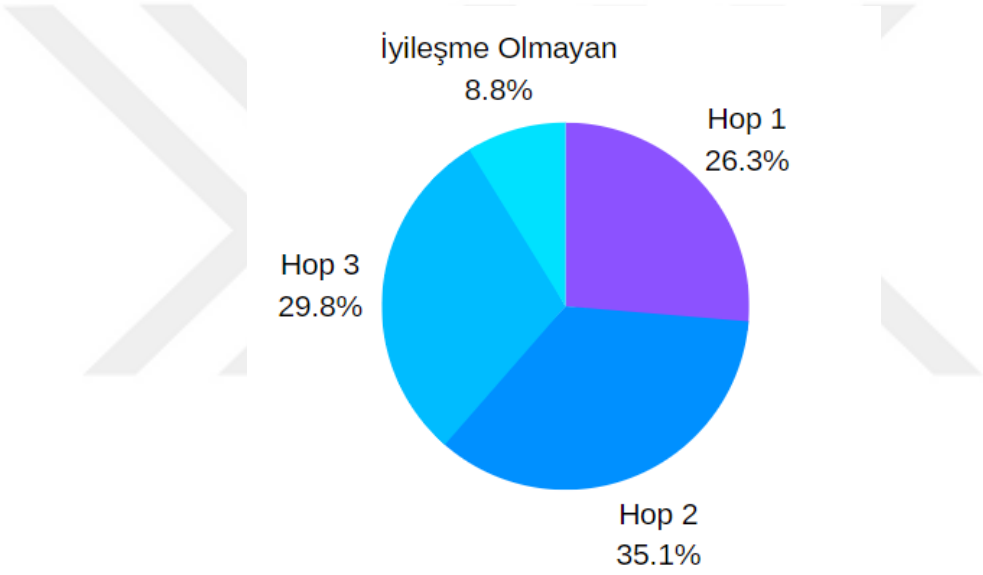
Bu yaklaşımda sonuçlar segment bazlı değerlendirildiğinde,

MAE'ler göz önüne alındığında 104 segmentin;

- 30'unda 1.hopta,
- 40'ında 2.hopta,
- 34'ünde 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.18'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



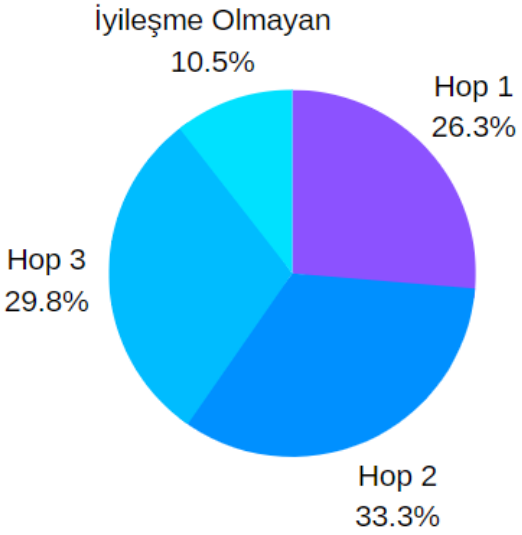
Şekil 7.18 MAE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

MAPE'ler göz önüne alındığında 102 segmentin;

- 30'unda 1.hopta,
- 38'inde 2.hopta,
- 34'ünde 3.hopta

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.19'de iyileşme olan ve olmayan segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.19 MAPE'ye göre İyileşme Olan/Olmayan Segment Sayıları

Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri

Seg Id	MAPE Hop 0	MAPE Hop 1	MAPE Hop 2	MAPE Hop 3	Location
29	7,878009	7,194042	7,16708	7,361885	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
30	7,099519	6,367463	6,295418	6,399403	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
31	7,352769	7,3355	7,242626	8,874489	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
32	8,37065	7,947312	8,154586	8,443127	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
33	7,243586	7,020999	7,275007	7,338378	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
34	9,582592	8,692397	8,852438	9,349783	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
35	7,111857	7,277218	7,193244	9,890487	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
36	6,275899	9,187568	18,317832	5,882372	Sancaktepe-Samandıra Kartal Bağlantısı
63	12,697035	10,263058	10,435612	10,405559	Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
76	12,296587	15,324172	12,685062	12,897487	Maslak - Büyükdere Cd.

Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

122	8,000471	8,082409	7,978611	9,252837	Basın ekspress - tem
123	14,997476	9,367377	9,244208	9,090709	Basın ekspress - tem
124	11,349845	11,177462	50,837626	309,686756	Basın ekspress - tem
125	8,905692	8,975118	8,281024	8,58705	Basın ekspress - tem
126	13,251322	22,594121	8,611434	8,560046	Atatürk Havalimanı yolu
127	27,910891	9,065876	8,83127	11,076966	Atatürk Havalimanı yolu
128	9,640975	21,119008	8,910365	9,356137	Atatürk Havalimanı yolu
215	6,870599	5,917994	5,955232	281,860582	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216	6,825292	25,346237	5,892671	6,11952	Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278	7,551446	6,94758	6,962858	6,41679	Kozyatağı O-2 Bağlantısı
281	15,098859	14,113329	14,222951	14,7803	Kozyatağı O-2 Bağlantısı
286	8,858429	10,439239	8,843323	9,071855	Şile otoyolu
295	14,237185	12,245808	21,12274	11,513091	Kağıthane Kemerburgaz Cd
310	109,695766	13,150522	127,870211	11,492422	D-100 Anadolu Yakası
311	18,16642	76,611497	16,806907	20,163518	D-100 Anadolu Yakası
312	19,874841	16,445055	12,626326	12,299341	D-100 Anadolu Yakası
313	13,770641	13,691346	12,955154	14,572217	D-100 Yenisahra
314	21,431436	14,480164	15,201561	14,744937	D-100 Anadolu Yakası
315	14,338127	14,266305	13,491002	13,241134	D-100 Anadolu Yakası
316	17,991079	17,139485	16,765942	19,471215	D-100 Kozyatağı
317	41,552468	13,295564	71,51456	13,151325	D-100 Anadolu Yakası

Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

318	15,724036	15,173571	14,570284	33,787495	D-100 Anadolu Yakası
319	31,177828	30,101843	38,861296	27,473355	D-100 Küçükyalı
320	17,415948	18,652283	17,570533	18,586317	D-100 Anadolu Yakası
321	17,85105	16,441943	16,0814	14,354465	D-100 Anadolu Yakası
322	16,381813	27,046395	16,532135	140,396364	D-100 Anadolu Yakası
323	8,977725	6,204072	13,210027	6,171548	D-100 Maltepe
324	5,77795	6,62867	5,379956	5,314861	D-100 Anadolu Yakası
415	14,318112	11,892141	23,201416	11,864338	D-100 Küçükçekmece
416	10,829556	8,985539	9,349128	8,798318	D-100 Küçükçekmece
417	10,465103	7,573058	18,692486	7,676418	D-100 Florya
418	14,182084	10,121106	10,436134	10,354047	D-100 Florya
419	9,353858	14,046695	10,186848	11,199563	D-100 Beşyol
420	13,199297	9,843208	13,803741	10,792174	D-100 Sefaköy
421	12,354599	12,624798	12,750139	12,836951	D-100 Yenibosna
422	31,056332	21,763641	20,436773	19,988568	D-100 Yenibosna
423	21,138829	20,175439	21,373916	20,522954	D-100 Şirinevler
424	13,357878	10,735293	16,471441	10,56418	D-100 Şirinevler
425	15,599222	19,023421	10,726035	12,767506	D-100 Bahçelievler
426	21,376693	11,376158	11,71348	22,514637	D-100 İncirli
427	14,918199	14,918031	14,431845	21,665467	D-100 İncirli
428	19,266122	87,404323	16,664092	16,37075	D-100 Zeytinburnu
429	15,108259	14,508903	103,561765	14,415017	D-100 Merter
437	9,923737	25,077126	32,659112	12,631223	D-100 Okmeydanı
440	24,762758	23,750491	49,213427	33,000548	D-100 Mecidiyeköy
441	28,918487	23,354755	22,282734	22,630593	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi

Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

442	28,49189	59,392193	19,821288	34,639256	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443	12,794828	13,336824	11,62169	13,046188	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
444	13,154067	10,575694	10,462745	10,748586	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
445	15,141777	14,45913	12,971074	15,920254	D-100 Anadolu Boğaziçi Köprüsü Çıkışı
446	19,563351	25,741211	16,357903	21,227579	D-100 Altunizade
452	14,920419	14,518012	14,78355	29,561385	E-80 İstoç
453	13,99058	11,172812	10,966382	11,12221	E-80 Bağcılar
454	13,260685	12,379262	12,909143	12,332896	E-80 Sultangazi
455	18,973807	17,629682	21,202034	20,591503	E-80 Gaziosmanpaşa
456	12,077568	11,794136	11,514419	55,451726	E-80 Gaziosmanpaşa
457	11,566882	113,124043	16,059018	10,430319	E-80 Gaziosmanpaşa
458	10,637852	11,569996	11,389906	32,193921	E-80 Gaziosmanpaşa
459	11,813927	11,115425	11,736939	11,191379	E-80 Gaziosmanpaşa
460	11,725076	11,31348	39,545993	11,060035	E-80 Gaziosmanpaşa
461	13,093084	17,704831	121,468355	12,797927	E-80 5. Levent
462	17,558812	17,020603	17,394895	17,381089	E-80 5. Levent
463	23,488532	19,329614	62,450127	19,584202	E-80 Hasdal
464	19,188369	18,593623	22,072328	18,562593	E-80 Kağıthane
465	23,204015	16,39503	14,686223	14,643704	E-80 Kağıthane
466	17,534384	14,250935	13,947285	50,73381	E-80 Sarıyer
467	19,951832	16,859191	22,787262	21,490563	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
468	24,575727	19,946389	27,495728	24,229016	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)

Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

469	26,360149	20,916088	17,610742	17,905665	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470	21,483611	23,464403	16,91038	18,934324	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	14,051529	13,263576	12,842414	14,687976	FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	11,840942	11,802648	10,242063	10,372337	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475	11,900775	11,344853	11,513785	128,955471	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	36,246738	10,319608	11,379735	9,877387	FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
477	12,838554	8,979766	7,550024	7,693043	E-80 Beykoz
478	19,769715	6,190561	6,792605	6,692617	E-80 Beykoz
479	16,466467	6,845484	6,341783	7,233135	E-80 Ümraniye
480	7,012693	6,839081	6,979686	6,882298	E-80 Ümraniye
481	8,604039	7,317002	6,992422	8,66835	E-80 Ümraniye
482	16,156144	7,387087	9,599293	7,524558	E-80 Ümraniye
510	8,360709	98,671107	16,385132	284,793179	Sahilyolu Bakırköy
511	11,103867	8,250082	7,739542	7,507054	Sahilyolu Zeytinburnu
603	79,25532	10,135003	10,469581	12,482925	Şile otoyolu Çamlıca
604	12,736114	12,355438	11,533986	40,205316	Şile otoyolu Ümraniye
614	6,378282	60,510865	6,055526	6,368071	Çamlıca Girişi K-13
615	10,159938	9,064638	9,179409	53,849628	Çamlıca Girişi K-13
616	30,944801	14,718073	13,041518	13,828219	Çamlıca Girişi K-13

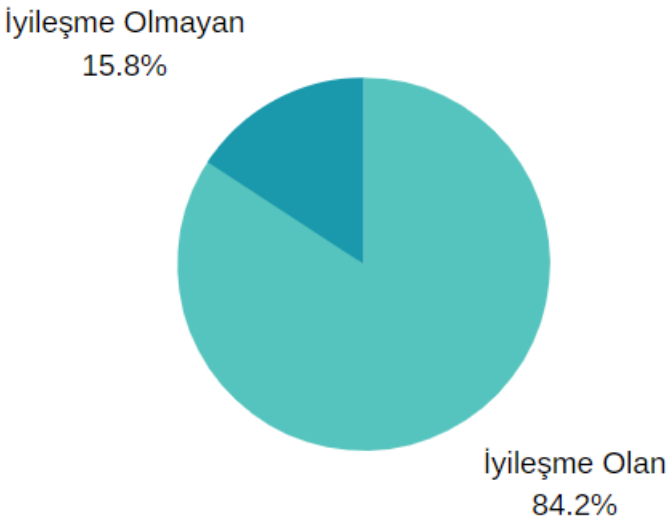
Tablo 7.30 LSTM ile Oluşturulan Modele Ait Segment Bazlı MAPE değerleri (devamı)

617	10,950921	12,965995	13,811537	11,453395	Çamlıca Girişi K-13
618	32,906782	35,528636	41,846751	28,590582	Çamlıca Girişi K-13
619	33,801011	34,420019	31,132866	31,14051	Çamlıca Girişi K-13
620	19,064801	26,031128	37,474228	21,305919	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
621	13,405322	9,392116	9,20834	9,200214	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
622	21,836903	13,105927	11,997188	12,230287	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
623	11,085086	10,023617	9,662649	8,946046	Çamlıca Girişi K-13 Ataşehir
1736	13,519205	12,121006	13,139482	15,490783	D-100 Altunizade
1745	34,963226	52,923815	33,384631	44,680347	D-100 Şişli
1746	25,008526	28,171154	25,030026	24,508148	D-100 Şişli
1747	28,988506	24,767456	57,839992	46,833979	D-100 Şişli
1748	8,956907	8,547524	9,703859	9,374984	Kavacık
1749	11,698733	9,815353	10,267777	9,57563	Kavacık
1750	24,884729	23,737261	22,338028	22,667329	Balmumcu
1756	12,262447	11,989634	11,494736	11,494714	Zeytinburnu Sahilyolu
1761	12,356834	12,657474	17,053143	12,574372	D-100 Bakırköy
1788	7,58323	6,901133	7,300594	6,776862	E-80 Ümraniye

Tablo 7.30'de segment bazlı MAPE değerleri görülmektedir.

114 segmentin 99'unda hem MAE'de hem de MAPE'de iyileşme görülmüştür. 7 segmentte ise hiç iyileşme görülmemiştir.

Şekil 7.20'de graf tabanlı yaklaşımın MAE veya MAPE'de iyileştirme gösterdiği ve hiç iyileşme göstermediği segment sayıları görülmektedir.



Şekil 7.20 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE veya MAPE'de İyileşme Gösterdiği ve Hiç İyileşme Göstermediği Segment Sayıları

Tablo 7.31 İyileşme Olan Segmentlere Ait Maksimum, Minimum, Ortalama MAE ve MAPE Değerleri

(%)	MAE	MAPE
Maksimum	56,4547138	89,52336775
Minimum	0,16936456	0,170526851
Ortalama	11,05862261	19,69067027

Tablo 7.30'te LSTM yönteminde graf tabanlı yaklaşımın iyileşme sağladığı segmentlere ait iyileşme oranları verilmiştir.

MAE göz önüne alındığında maksimum iyileşmenin %56.45, minimum iyileşmenin %0.16, ortalama iyileşmenin ise %11.05 olduğu görülmektedir. MAPE'deki iyileşmeler değerlendirildiğinde ise maksimum iyileşmenin %89.52, minimum iyileşmenin %0.17 ve ortalama iyileşmenin ise %19.69 olduğu görülmüştür.

LSTM modelinde, özellikle maksimum kötüleşme oranlarının oluşturulan diğer modellere göre çok daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama kötüleşmeye bakıldığında, CNN yöntemine kıyasla ciddi kötüleşme oranlarının olduğu görülmüştür. Graf tabanlı yaklaşımın ortalama sonuçlarda iyileşme gösterememesinin bundan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Tablo 7.32'te bu değerler görülmektedir.

Tablo 7.32 İyileşme Olmayan Segmentlerdeki Kötüleşme Oranları

(%)	MAE			MAPE		
	Hop 1	**Hop 2**	**Hop 3**	**Hop 1**	**Hop 2**	**Hop 3**
Maksimum Kötüleşme	28,42	359,92	94,76	1080,17	229,10	3306,32
Minimum Kötüleşme	0,26	0,27	0,83	2,18	0,88	1,76
Ortalama Kötüleşme	8,52	56,86	15,79	120,87	42,58	365,47

7.6 Hibrit Yaklaşım

Çalışmada kullanılan yöntemlerdeki hata oranları segment bazlı olarak değişebilmektedir. Buna bağlı olarak, kendi içerisinde en iyi sonucu veren önceki haftaların ortalama verisinin sıralı olarak eğitime verilmesiyle oluşturulan CNN modeli hibrit yaklaşım için sunulmuştur. Tablo 7.33'de segmentlere göre en iyi MAE'yi veren modeller görülmektedir.

Tablo 7.33 Hibrit Yaklaşım Uygulandığında Segment Bazlı En İyi MAE, MAPE ve Hop Sayıları

Seg id	Min MAE	Min MAPE	Hop Sayısı - MAE	Hop Sayısı - MAPE
29	5,37	6,8035	Hop 1	Hop 1
30	4,94	6,1427	Hop 1	Hop 1
31	6,05	6,9292	Hop 3	Hop 2
32	7,33	8,0687	Hop 0	Hop 0
33	6,06	6,5002	Hop 1	Hop 1
34	8,03	8,6975	Hop 3	Hop 0
35	5,93	6,3614	Hop 1	Hop 1
36	5,01	5,674	Hop 1	Hop 1
63	5,11	10,3264	Hop 0	Hop 0
76	4,51	11,777	Hop 0	Hop 2
122	6,6	8,0112	Hop 0	Hop 0
123	7,41	9,0943	Hop 3	Hop 0
124	7,7	9,9271	Hop 0	Hop 0
125	6,53	8,0499	Hop 3	Hop 0
126	6,73	8,5388	Hop 3	Hop 3
127	6,83	9,039	Hop 3	Hop 3
128	5,93	8,2789	Hop 3	Hop 2
215	5,05	5,956	Hop 0	Hop 0
216	5,16	5,8704	Hop 0	Hop 0
278	5,44	6,0633	Hop 0	Hop 0
281	9,05	12,7967	Hop 1	Hop 1

Tablo 7.33 Hibrit Yaklaşım Uygulandığında Segment Bazlı En İyi MAE, MAPE ve Hop Sayıları (devamı)

286	5,9	8,4532	Hop 0	Hop 0
295	9,98	11,8428	Hop 0	Hop 0
310	6,8	10,3994	Hop 3	Hop 0
311	8,82	16,1275	Hop 3	Hop 3
312	7,45	12,2727	Hop 0	Hop 0
313	7,36	12,1197	Hop 3	Hop 3
314	8,44	13,7544	Hop 1	Hop 0
315	8,53	12,9567	Hop 3	Hop 3
316	9,97	16,3679	Hop 3	Hop 3
317	8,35	12,565	Hop 0	Hop 0
318	8,74	13,889	Hop 0	Hop 0
319	12,15	24,9423	Hop 3	Hop 3
320	8,72	16,7202	Hop 0	Hop 0
321	8,72	15,6443	Hop 0	Hop 0
322	9,48	15,5145	Hop 0	Hop 0
323	5,31	6,7568	Hop 3	Hop 3
324	4,65	5,5293	Hop 1	Hop 1
415	6,85	11,351	Hop 3	Hop 2
416	6,9	8,956	Hop 0	Hop 0
417	5,41	7,7037	Hop 0	Hop 0
418	6,93	10,2787	Hop 3	Hop 3
419	6,66	9,1371	Hop 0	Hop 0
420	7,47	9,2717	Hop 0	Hop 0
421	9,04	12,1314	Hop 3	Hop 0
422	11,26	19,7627	Hop 3	Hop 0
423	7,93	17,8716	Hop 3	Hop 2
424	7,33	10,2301	Hop 0	Hop 0
425	7,7	10,355	Hop 3	Hop 0
426	7,4	11,3897	Hop 0	Hop 0
427	9,21	13,7579	Hop 3	Hop 3
428	10,64	16,038	Hop 1	Hop 3
429	10,08	14,4299	Hop 3	Hop 3
437	6,8	8,8852	Hop 1	Hop 0
440	9,58	21,5249	Hop 3	Hop 3
441	9,05	19,4473	Hop 3	Hop 2

Tablo 7.33 Hibrit Yaklaşım Uygulandığında Segment Bazlı En İyi MAE, MAPE ve Hop Sayıları (devamı)

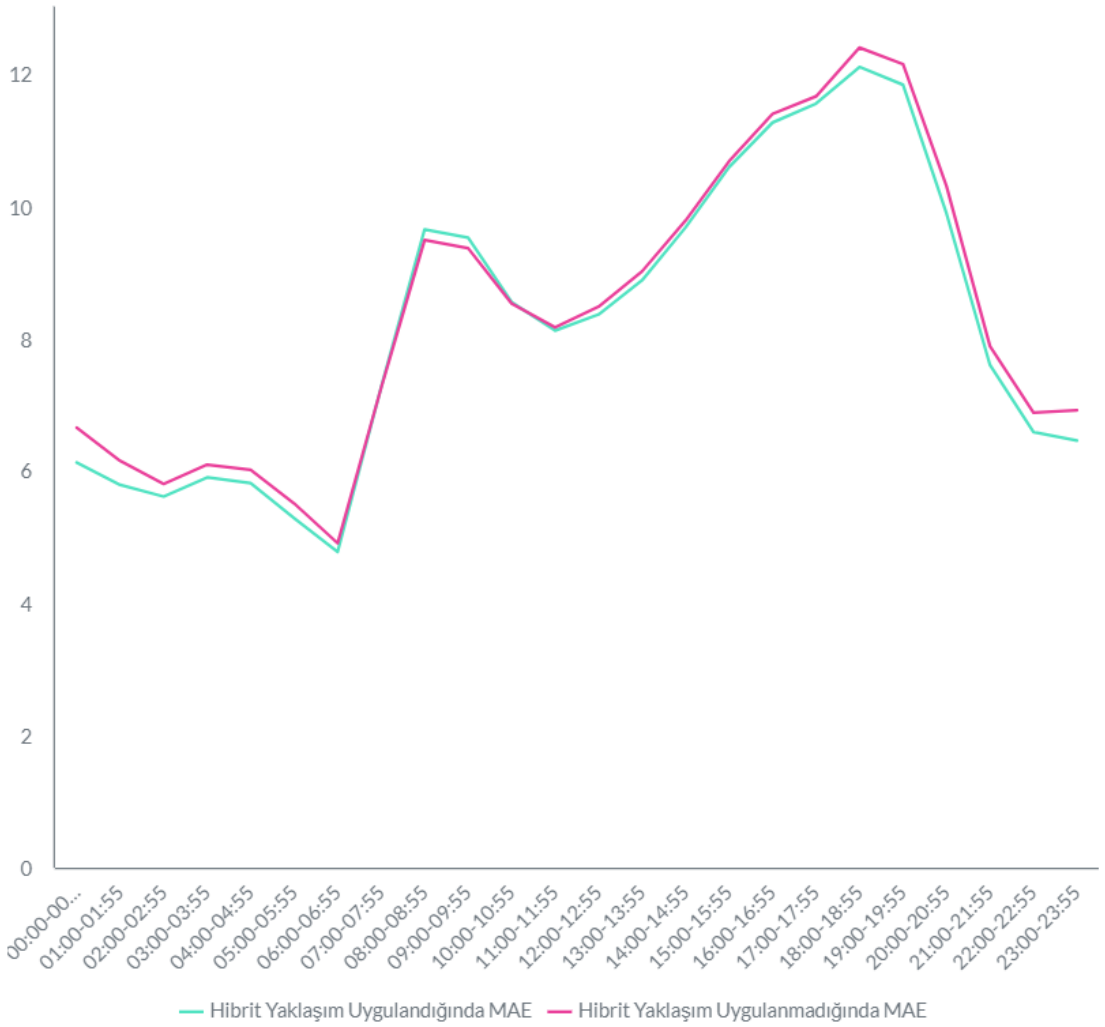
442	8,83	16,098	Hop 3	Hop 2
443	7,68	11,2033	Hop 3	Hop 2
444	7,3	9,9851	Hop 3	Hop 2
445	8,69	12,8098	Hop 3	Hop 0
446	8,41	14,9447	Hop 3	Hop 1
452	10,74	13,9438	Hop 0	Hop 1
453	9,08	10,6366	Hop 3	Hop 0
454	9,86	11,8802	Hop 0	Hop 0
455	12,74	16,8437	Hop 3	Hop 2
456	9,4	10,2522	Hop 1	Hop 0
457	8,61	9,0608	Hop 3	Hop 0
458	9,01	9,7998	Hop 3	Hop 0
459	9,87	10,7244	Hop 0	Hop 3
460	9,78	10,8062	Hop 3	Hop 3
461	11,01	12,2346	Hop 3	Hop 3
462	12,18	15,0921	Hop 3	Hop 3
463	12,45	17,0792	Hop 3	Hop 3
464	12,26	16,8309	Hop 1	Hop 1
465	9,96	13,5473	Hop 0	Hop 1
466	10,02	13,1133	Hop 3	Hop 2
467	8,69	13,5631	Hop 3	Hop 2
468	9,12	14,0396	Hop 1	Hop 2
469	9,16	15,1107	Hop 1	Hop 2
470	9,34	15,1913	Hop 1	Hop 2
471	8,44	11,8779	Hop 1	Hop 1
472	8,99	10,3208	Hop 1	Hop 1
475	8,81	10,7141	Hop 1	Hop 1
476	8,29	9,5584	Hop 3	Hop 3
477	7,18	7,5701	Hop 0	Hop 3
478	5,93	6,0996	Hop 3	Hop 3
479	6,16	6,3491	Hop 3	Hop 1
480	6,35	6,7842	Hop 3	Hop 3
481	6,62	7,0816	Hop 3	Hop 1
482	6,83	7,6554	Hop 3	Hop 3
510	5,12	6,9384	Hop 1	Hop 1

Tablo 7.33 Hibrit Yaklaşım Uygulandığında Segment Bazlı En İyi MAE, MAPE ve Hop Sayıları (devamı)

511	5,7	8,1214	Hop 3	Hop 2
603	6,9	10,0944	Hop 3	Hop 0
604	7,79	11,3359	Hop 3	Hop 3
614	5,03	5,9587	Hop 0	Hop 0
615	7,05	8,5686	Hop 1	Hop 1
616	8,47	10,9945	Hop 1	Hop 1
617	7,97	10,9961	Hop 1	Hop 0
618	12,38	24,3571	Hop 3	Hop 2
619	12,11	25,7675	Hop 3	Hop 2
620	8,54	11,659	Hop 0	Hop 0
621	7,01	8,6417	Hop 3	Hop 2
622	7,98	10,7014	Hop 3	Hop 2
623	7,07	8,8958	Hop 3	Hop 2
1736	7,94	11,752	Hop 3	Hop 2
1745	11,44	23,8363	Hop 3	Hop 3
1746	12,78	21,8918	Hop 1	Hop 1
1747	10,32	22,1335	Hop 3	Hop 3
1748	7,55	8,9038	Hop 0	Hop 0
1749	7,72	9,577	Hop 3	Hop 3
1750	9,63	20,6754	Hop 3	Hop 1
1756	5,25	11,2593	Hop 3	Hop 3
1761	8,28	12,188	Hop 3	Hop 0
1788	6,14	6,5276	Hop 3	Hop 3

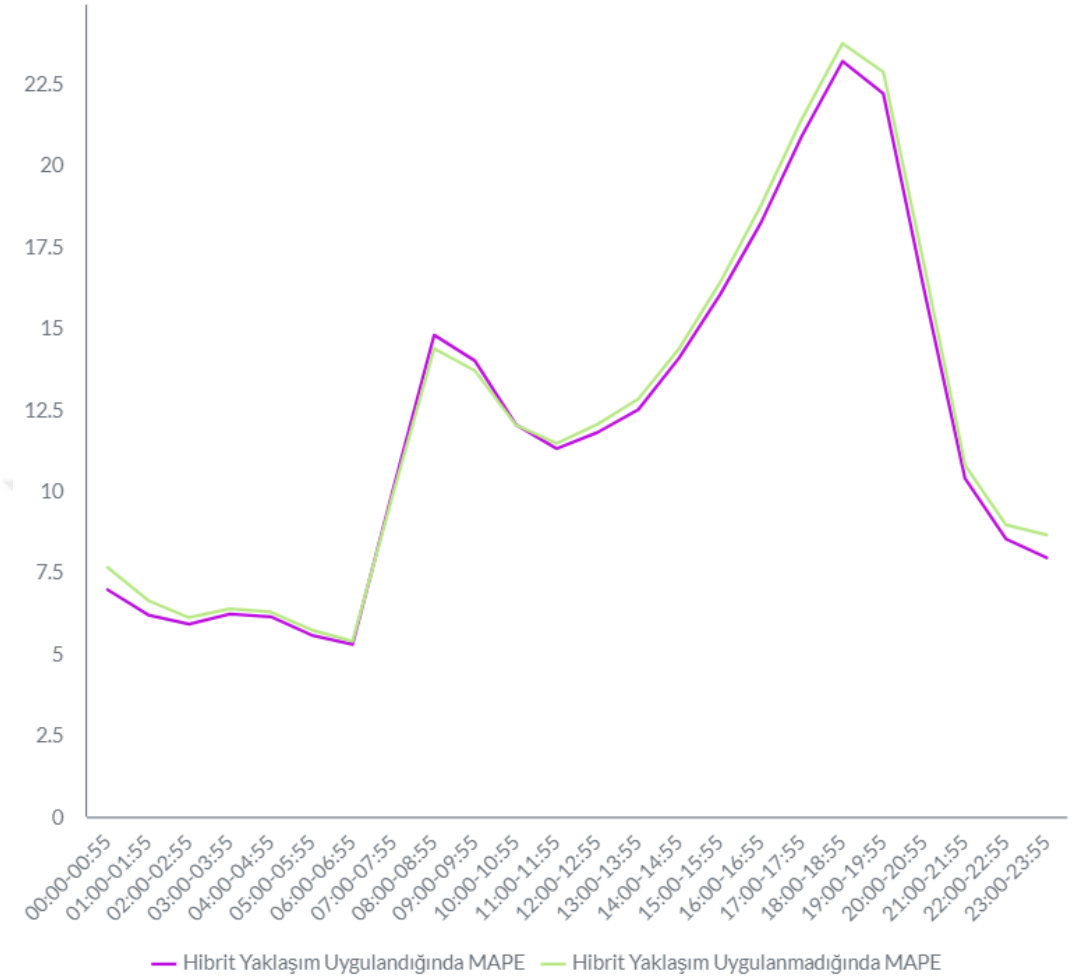
Hibrit yaklaşım zamana bağlı olarak incelendiğinde, hata oranlarının en yüksek olduğu saatlerin, genellikle trafiğin en yoğun olduğu 07:00 - 09:55 ve 17:00 - 20:55 aralıkları olduğu görülmektedir.

Şekil 7.21'de MAE'nin hibrit yaklaşım uygulandığında ve uygulanmadığındaki zamana bağlı değişimi görülmektedir.



Şekil 7.21 MAE'nin Hibrit Yaklaşım Uygulandığında ve Uygulanmadığındaki Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 7.22'de MAPE'nin hibrit yaklaşım uygulandığında ve uygulanmadığındaki zamana bağlı değişimi görülmektedir.

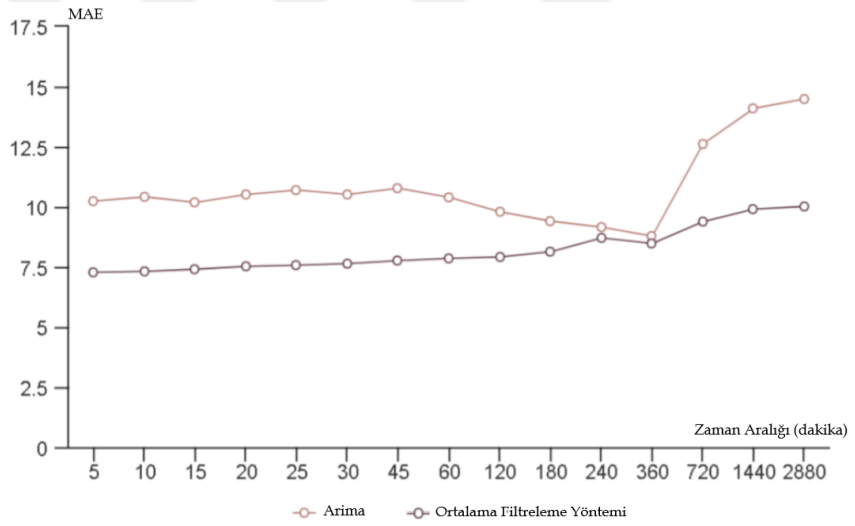


Şekil 7.22 MAPE'nin Hibrit Yaklaşım Uygulandığında ve Uygulanmadığındaki Zamana Bağlı Değişimi

8
Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma sonunda Arima, MFE, CNN ve LSTM yöntemleri kıyaslanmış ve bu yöntemler ile graf tabanlı yaklaşımın trafik hız tahminine etkisi gözlemlenmiştir. Arima ile MFE karşılaştırıldığında, MFE'nin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

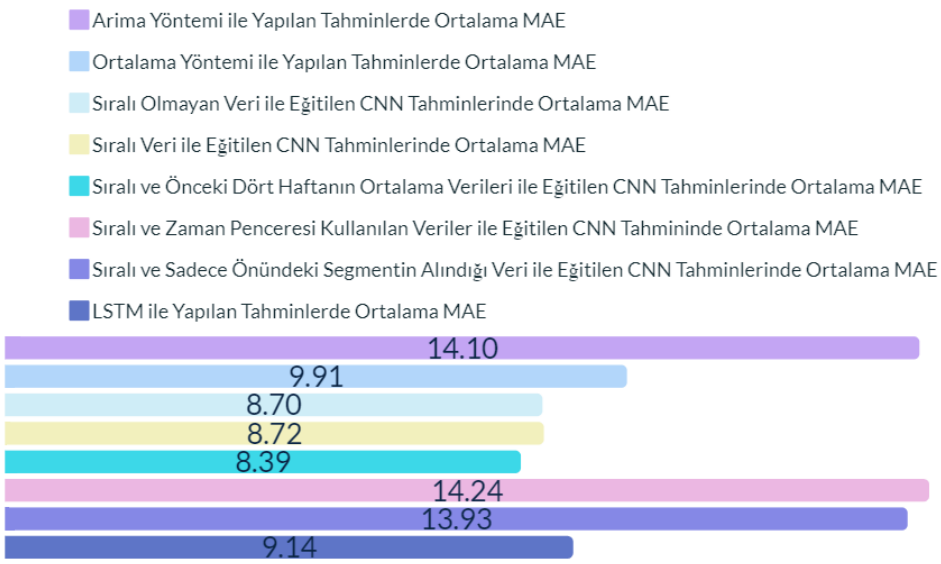
Şekil 8.1'de graf tabanlı yaklaşım uygulanmadığı durumda Arima ve MFE yöntemlerinde elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 8.1 Arima ile MFE'nin Tahminlerdeki MAE Oranlarının Karşılaştırılması

Ortalama filtreleme yöntemi ile CNN ve LSTM yöntemleri kıyaslandığında, sıralı ve önceki dört haftanın ortalama verileri ile eğitilen CNN modeli, sıralı veri ile eğitilen CNN modeli, sıralı olmayan veri ile eğitilen CNN modeli ve LSTM modelinden elde edilen sonuçların ortalama filtreleme yönteminden daha iyi olduğu görülmüştür.

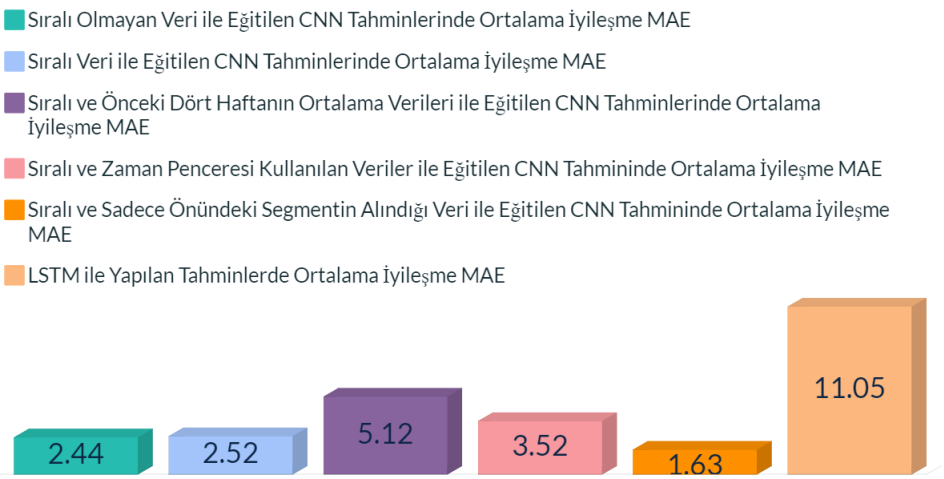
Şekil 8.2'de graf tabanlı yaklaşım uygulanmadığı durumda elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 8.2 CNN ile Yapılan Tahminler, LSTM ile Yapılan Tahminler ve MFE ile Yapılan Tahminlerdeki MAE Oranlarının Karşılaştırılması

Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde en iyi MAE'nin hem sıralı hem de önceki haftaların ortalamasını alarak verilen modelde, en iyi MAPE'nin ise sıralı veri ile oluşturulan modelde alındığı gözlemlenmiştir.

Sonuçlar segment bazlı değerlendirildiğinde, iyileşme olan segmentler içerisinde MAE'de iyileşme oranlarına bakıldığında en yüksek iyileşmenin LSTM ile elde edildiği görülmüştür. Ancak, ortalama hata oranları da göz önünde bulundurulduğunda önceki haftaların ortalama hızlarının olduğu veriseti ile eğitim yapılan modelde en yüksek iyileşmenin olduğu görülmektedir. Şekil 8.3'de graf tabanlı yaklaşımın iyileşme sağladığı segmentlerdeki ortalama iyileşme oranları görülmektedir.



Şekil 8.3 Graf Tabanlı Yaklaşımın MAE'de İyileşme Sağladığı Segmentlerdeki Ortalama İyileşme

Graf tabanlı yaklaşımın başarıya olan etkisine bakıldığında, MAE göz önüne alındığında segmentin iki komşuluğunun kullanılmasının tüm segmentlerdeki ortalamaya bakıldığında %0.35'lik bir iyileşme sağladığı ve bu iyileşmenin sıralı ve önceki haftaların ortalamasının alındığı veri ile oluşturulan modelde gerçekleştiği görülmüştür. MAE göz önüne alındığında segmentin üç komşuluğunun kullanılmasının tüm segmentlerdeki ortalamaya bakıldığında %0.21'lik bir iyileşme sağladığı ve bu iyileşmenin sıralı veri ile oluşturulan modelde gerçekleştiği görülmüştür. Son olarak, ortalama MAE değerlendirildiğinde, sıralı ve zaman penceresi olan veri ile oluşturulan modelde 1. hopta %0.47'lik bir iyileşme olduğu görülmektedir.

Tüm modeller için, ortalama MAPE'ler incelendiğinde, sıralı veri ile eğitilen modelde ve sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınarak eğitilen modelde 3. hopta iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu oran sıralı model için %0.21 ve sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınarak eğitilen model için %0.13 olarak ölçülmüştür. Tablo 8.1'da bu değerler verilmiştir. Tabloda, sarı ile gösterilen hücreler iyileşme olan hopu göstermektedir.

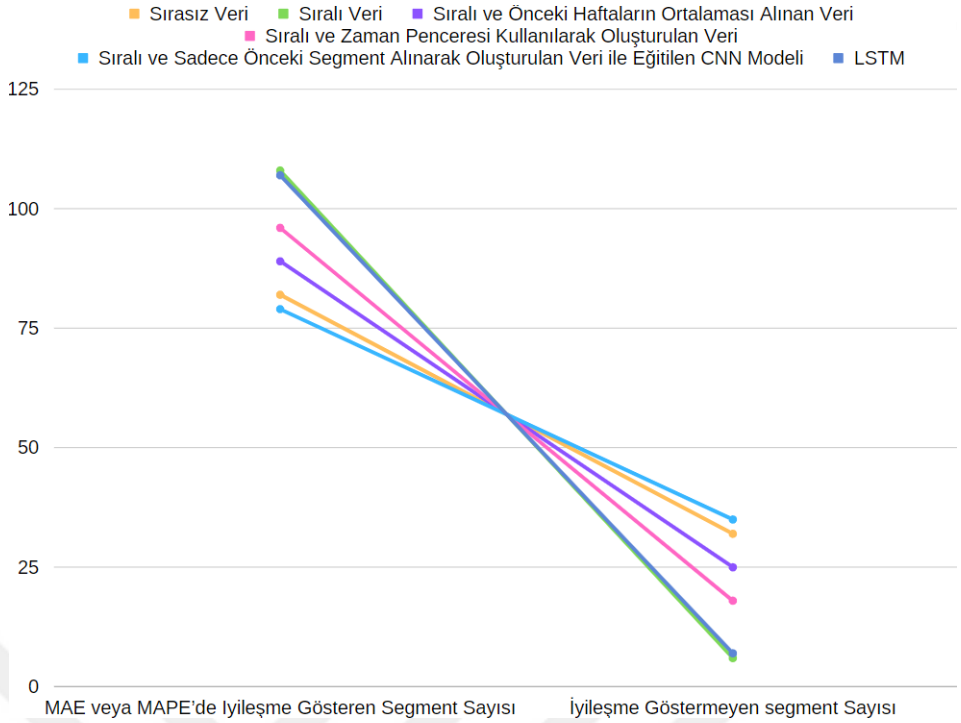
Tablo 8.1 Segmentlerin Ortalama MAE ve MAPE Sonuçları

MAE				
	HOP 0	HOP 1	HOP 2	HOP 3
Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli	8,708	8,759	8,821	8,809
Sıralı Veri ile Eğitilen CNN Modeli	8,720	8,785	8,809	8,823
Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Olan Veri ile Eğitilen CNN Modeli	8,392	8,399	8,362	8,388
Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Oluşturulan veri ile Eğitilen CNN Modeli	14,245	14,178	14,324	14,513
Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli	11,802	11,827	11,876	11,872
LSTM Modeli	9,141	9,626	13,321	14,415
MAPE				
	HOP 0	HOP 1	HOP 2	HOP 3
Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli	11,802	11,827	11,876	11,872
Sıralı Veri ile Eğitilen CNN Modeli	11,827	11,845	11,870	11,802
Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Olan Veri ile Eğitilen CNN Modeli	12,192	12,273	12,395	12,176
Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Oluşturulan veri ile Eğitilen CNN Modeli	16,357	16,484	16,689	16,905
Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli	11,802	11,827	11,876	11,872
LSTM Modeli	17,204	18,054	19,054	25,335

CNN modelinin eğitiminde kullanılan verisetlerine göre, graf tabanlı yaklaşımın maksimum iyileşme oranları incelendiğinde, MAE'de sırasız veri ile eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde %6.64'e, sıralı verildiği veri ile eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde %7.95'e, sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınarak oluşturulan veri ile eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde %18.84'e ve segment verilerinin sıralı ve zaman penceresi kullanılarak geçmiş haftaların t+/-15 dakikalarının verisetine dahil edilerek eğitilen CNN modeli ile yapılan testlerde ise %12.41'e kadar iyileşme sağladığı görülmüştür. LSTM kullanılan model ile yapılan testlerde ise graf tabanlı yaklaşımın MAE'de %56.45'e kadar iyileşme sağladığı görülmüştür.

Sonuçlar segment bazlı incelenmiş, iyileşme olan ve olmayan segment sayıları karşılaştırılmıştır.

Şekil 8.4'de farklı verisetleri ile eğitilen modellere ilişkin iyileşme gösteren ve göstermeyen segment sayıları görülmektedir. Graf tabanlı yaklaşımda en yüksek iyileşmenin sıralı veri ile eğitilen model ile alındığı görülmektedir.



Şekil 8.4 Graf Tabanlı Yaklaşım ile İyileşme Gösteren (MAE veya MAPE) ve Hiç İyileşme Görülmeyen Segment Sayıları

Tablo 8.2'de farklı verisetleri ile eğitilen CNN modellerinde iyileşme olmayan segmentler verilmiştir.

Tablo 8.2 İyileşme Olmayan Segmentler

	Sırasız Veri	Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri	Sıralı Veri	Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Oluşturulan Veri	Lokasyon
29	X			X	Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
30	X				Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
31					Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
32		X			Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı
36	X				Sancaktepe - Samandıra Kartal Bağlantısı

Tablo 8.2 İyileşme Olmayan Segmentler (devamı)

63		X			Beşiktaş - Barbaros Bulvarı
122	X	X			Basın ekspress - tem
124	X	X			Basın ekspress - tem
125				X	Basın ekspress - tem
126					Atatürk Havalimanı yolu
127					Atatürk Havalimanı yolu
128	X			X	Atatürk Havalimanı yolu
215		X			Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
216		X			Hasdal Okmeydanı Bağlantısı
278		X			Kozyatağı O-2 bağlantısı
281	X			X	Kozyatağı O-2 bağlantısı
286	X	X		X	Şile otoyolu
295	X	X		X	Kağıthane Kemerburgaz Cd
311					D-100 Anadolu Yakası
312		X			D-100 Anadolu Yakası
313					D-100 Yenisahra
314			X		D-100 Anadolu Yakası
315					D-100 Anadolu Yakası
316	X				D-100 Kozyatağı
317		X			D-100 Anadolu Yakası
318		X			D-100 Anadolu Yakası
319			X		D-100 Küçükyalı
320	X	X			D-100 Anadolu Yakası
321		X			D-100 Anadolu Yakası
322		X			D-100 Anadolu Yakası
323			X	X	D-100 Maltepe
324				X	D-100 Anadolu Yakası
416		X			D-100 Küçükçekmece
417	X	X			D-100 Florya
418	X				D-100 Florya
419	X	X			D-100 Beşyol

Tablo 8.2 İyileşme Olmayan Segmentler (devamı)

420		X			D-100 Sefaköy
421					D-100 Yenibosna
422					D-100 Yenibosna
423	X				D-100 Şirinevler
424	X	X			D-100 Şirinevler
426	X	X			D-100 İncirli
440					D-100 Mecidiyeköy
441					D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
442					D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
443			X	X	D-100 Avrupa Boğaziçi Köprüsü Girişi
446	X				D-100 Altunizade
452	X				E-80 İstoç
453					E-80 Bağcılar
454		X			E-80 Sultangazi
455	X			X	E-80 Gaziosmanpaşa
458	X				E-80 Gaziosmanpaşa
460					E-80 Gaziosmanpaşa
463				X	E-80 Hasdal
464					E-80 Kağıthane
465	X				E-80 Kağıthane
466					E-80 Sarıyer
468					FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
470					FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
471	X				FSM Köprüsü Giriş Yolu (Avrupa Yakası)
472	X				FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
475					FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)
476	X				FSM Köprüsü Çıkış Yolu (Anadolu Yakası)

Tablo 8.2 İyileşme Olmayan Segmentler (devamı)

477			X		E-80 Beykoz
478				X	E-80 Beykoz
479				X	E-80 Ümraniye
480					E-80 Ümraniye
510	X				Sahilyolu Bakırköy
511	X			X	Sahilyolu Zeytinburnu
614	X	X			Çamlıca Girişi K-13
617				X	Çamlıca Girişi K-13
618					Çamlıca Girişi K-13
619			X		Çamlıca Girişi K-13
620	X	X			Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
621					Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
622					Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
623	X			X	Çamlıca Girişi K-13-Ataşehir
1736	X				D-100 Altunizade
1745					D-100 Şişli
1747	X				D-100 Şişli
1748		X		X	Kavacık
1749					Kavacık
1750					Balmumcu
1761					D-100 Bakırköy

Table 8.2 incelendiğinde, 3 ve daha fazla model ile yapılan testlerde iyileşme olmayan segmentler sarı ile gösterilmiştir. Bu segmentlerde sıralı ve önceki haftaların ortalamasının alınarak eğitimin yapıldığı modelin iyileşme sağladığı görülmektedir.

MAE'deki iyileşme oranları ve segment sayıları 8.3'da verilmiştir. İyileşme oranı %5'ten fazla olan segment sayısının en yüksek olduğu modelin LSTM modeli olduğu görülmektedir.

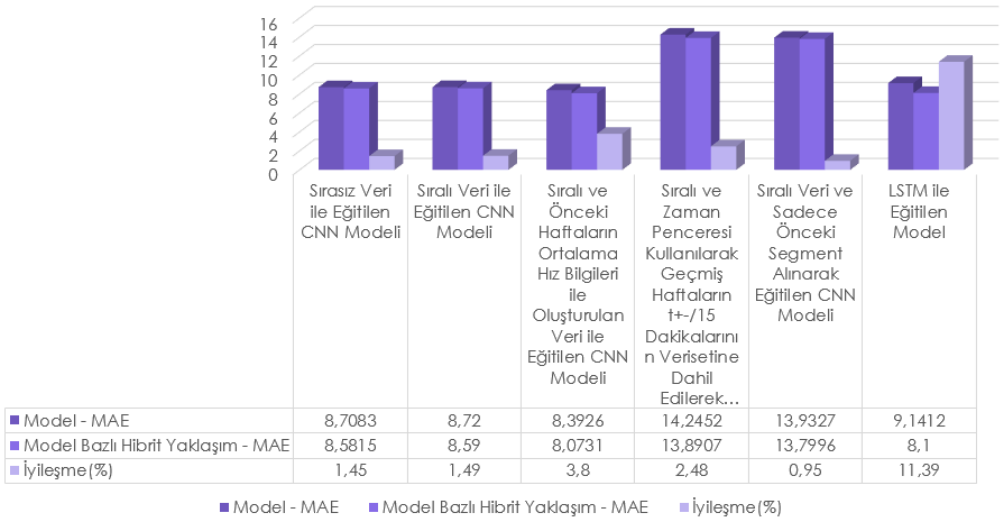
Sonuçlar değerlendirildiğinde, graf tabanlı yaklaşımın uzun vadeli trafik akış hızı tahminlerinde başarıyı artırdığı gözlemlenmiştir. İyileşme olan segment sayısı açısından değerlendirildiğinde sıralı veri ile eğitilen modelve ve LSTM modelinde

Tablo 8.3 CNN Modeli Eğitiminde Kullanılan Verisetine Bağlı Olarak MAE'deki İyileşme Oranlarının Segment Sayılarına Göre İncelenmesi

	Segment Sayıları					
MAE'de İyileşme Oranları (%)	**Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli**	**Sıralı Veri ile Eğitilen CNN Modeli**	**Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen CNN Modeli**	**Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalaması Alınan Veri ile Eğitilen CNN Modeli**	**Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Eğitilen CNN Modeli**	**LSTM**
0 - 1.99	33	32	24	24	46	8
2 - 4.99	29	32	24	45	19	25
5 - ..	9	7	36	19	1	71

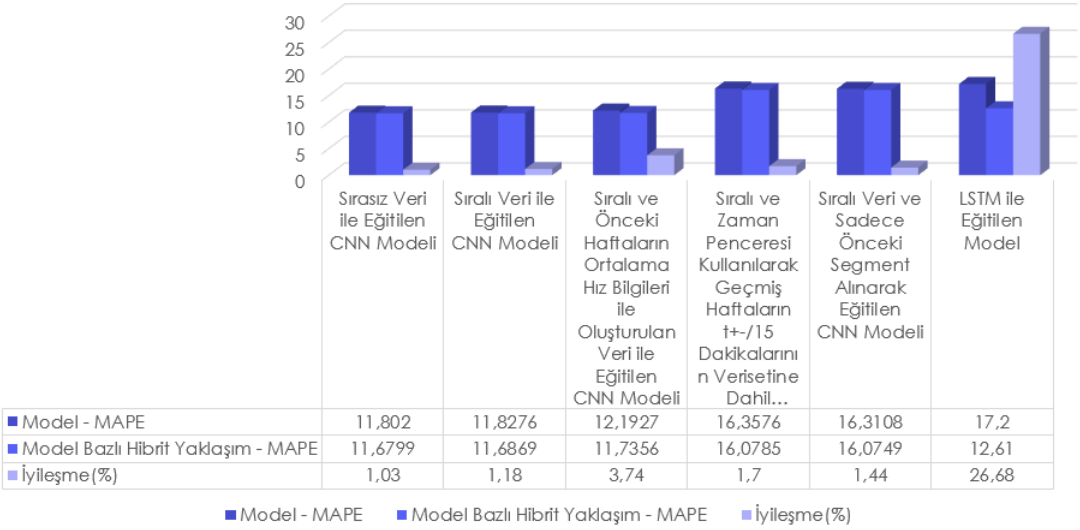
daha çok sayıda segmentte iyileşme sağladığı görülmektedir. Sonuçlar MAE üzerinden değerlendirilirse sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınarak oluşturulan veri ile eğitilen modelin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Çalışma sonucunda, graf tabanlı yaklaşımın farklı verisetleri için segment bazlı olarak iyileşme sağladığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, hibrit bir yaklaşım önerilmektedir. Hibrit yaklaşım ele alındığında, en yüksek iyileşme oranının LSTM modelinde alındığı görülmüştür. Graf tabanlı yaklaşımın LSTM sonuçlarında lokasyon bazlı olarak yüksek iyileşmeler sağladığı anlaşılmaktadır. Ancak, genele bakıldığında, MAE üzerinden en iyi sonucu veren hibrit modelin önceki haftaların hız bilgilerinin ortalaması alınarak oluşturulan veri ile eğitilen CNN modeli olduğu görülmüştür. Şekil 8.5'de iyileşme oranları görülmektedir.



Şekil 8.5 Hibrit Yaklaşımın Farklı Modellerdeki İyileşme Oranları

Şekil 8.6'de ise hibrit yaklaşımın MAPE'deki iyileşme oranları görülmektedir.



	Sırasız Veri ile Eğitilen CNN Modeli	Sıralı Veri ile Eğitilen CNN Modeli	Sıralı ve Önceki Haftaların Ortalama Hız Bilgileri ile Oluşturulan Veri ile Eğitilen CNN Modeli	Sıralı ve Zaman Penceresi Kullanılarak Geçmiş Haftaların t+-/15 Dakikalarını n Verisetine Dahil...	Sıralı Veri ve Sadece Önceki Segment Alınarak Eğitilen CNN Modeli	LSTM ile Eğitilen Model
Model - MAPE	11,802	11,8276	12,1927	16,3576	16,3108	17,2
Model Bazlı Hibrit Yaklaşım - MAPE	11,6799	11,6869	11,7356	16,0785	16,0749	12,61
İyileşme(%)	1,03	1,18	3,74	1,7	1,44	26,68

Şekil 8.6 Hibrit Yaklaşımın Farklı Modellerdeki İyileşme Oranları

Çalışma sonunda graf tabanlı yaklaşımın etkileri incelendiğinde, lokasyon bazlı olarak iyileşmeler sağladığı görülmektedir.

Şekil 8.7'de MAE'de ortalama iyileşme olan 5.12'nin üzerinde iyileşme gösteren segmentler görülmektedir.



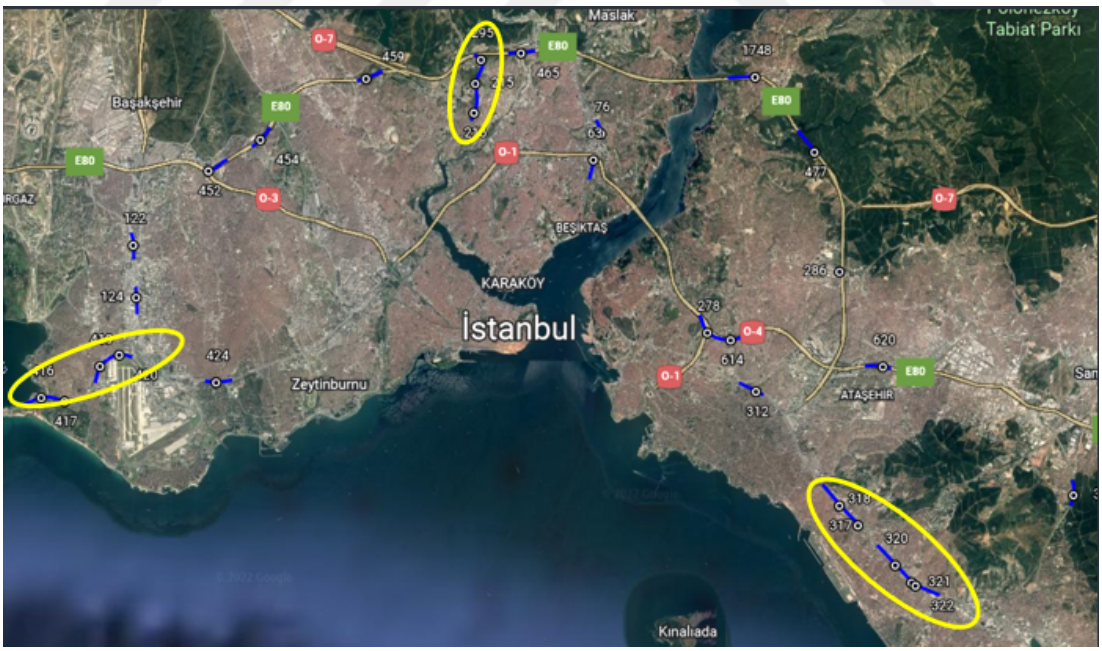
Şekil 8.7 Hibrit Yaklaşımın Ortalamanın Üzerinde İyileşme Sağladığı Lokasyonlar

Şekil 8.8'de MAE'de ortalama iyileşme olan 5.12'nin altında iyileşme gösteren segmentler görülmektedir.



Şekil 8.8 Hibrit Yaklaşımın Ortalamanın Altında İyileşme Sağladığı Lokasyonlar

Şekil 8.9'de MAE'de iyileşme göstermeyen segmentler görülmektedir.



Şekil 8.9 Hibrit Yaklaşımın İyileşme Sağlamadığı Lokasyonlar

Çalışma sonunda, graf tabanlı yaklaşımın segment sayısı açısından en iyi sonucu verdiği CNN modelinin, sıralı veri ile eğitilen CNN modeli olduğu anlaşılmıştır. Hata oranları açısından incelendiğinde ise en iyi modelin sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınan veri ile eğitilen CNN modeli olduğu görülmüştür.

Graf tabanlı yaklaşımın segment bazlı olarak MAE'de %56'lara varan iyileşmeler sağladığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, her segment için en iyi başarının alındığı hop sayısına sahip modelin kullanıldığı hibrit yaklaşım önerilmiştir. Hibrit yaklaşımın en iyi sonuç verdiği modelin sıralı ve önceki haftaların ortalaması alınan veri ile eğitilen CNN modeli olduğu, bu modelde hibrit yaklaşım uygulanmasının ortalama MAE'de %3.8'lik ortalama MAPE'de ise %3.74'lük bir iyileşme sağladığı görülmüştür. Önerilen hibrit yaklaşım ile segmentler incelendiğinde segmentlerin lokasyon bazlı örüntüler oluşturduğu görülmüştür. Çalışma sonunda, graf tabanlı yaklaşımın lokasyon bazlı olarak, farklı hop sayılarında iyileşmeler sağladığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, her segment için en iyi sonucun alındığı hop sayısının tahminlerde kullanıldığı hibrit yaklaşım önerilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] C. Bratsas *et al.*, "A comparison of machine learning methods for the prediction of traffic speed in urban places," 2020.

[2] H. Wang *et al.*, "A novel work zone short-term vehicle-type specific traffic speed prediction model through the hybrid EMD–arima framework," 2016.

[3] Q. Liu, B. Wang, Y. Zhu, "Short-term traffic speed forecasting based on attention convolutional neural network for arterials," 2018.

[4] T. AYAR, F. Atlinar, M. A. GÜVENSAN, H. İ. TÜRKMEN, "Long-term traffic flow estimation: A hybrid approach using location-basedtraffic characteristic," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 30, no. 3, pp. 562–578, 2022.

[5] J. C. WANG, R. HE, Zhaocheng, "Traffic speed prediction for urban transportation network: A path based deep learning approach," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 100, pp. 372–385, 2019.

[6] L. M. YUFANG, C. WANZHONG, Zhao, "Investigating long-term vehicle speed prediction based on BP-LSTM algorithms," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 8, pp. 1281–1290, 2019.

[7] Z. CUI *et al.*, "Deep bidirectional and unidirectional LSTM recurrent neural network for network-wide traffic speed prediction," *arXiv preprint arXiv:1801*, p. 02 143, 2018.

[8] C. Xu, Z. Li, W. Wang, "Short-term traffic flow prediction using a methodology based on autoregressive integrated moving average and genetic programming," 2016.

[9] Q. Xie, T. Guo, Y. Chen, Y. Xiao, X. Wang, B. Y. Zhao, ""how do urban incidents affect traffic speed? A deep graph convolutional network for incident-driven traffic speed prediction, " CoRR," vol. abs/1912.01242, 2019. [Online]. Available: `http://arxiv.org/abs/1912.01242`.

[10] Z. XIE *et al.*, "Sequential graph neural network for urban road traffic speed prediction," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 63 349–63 358, 2019.

[11] K. Zhang *et al.*, *Graph attention temporal convolutional network for traffic speed forecasting on road networks*. Transportmetrica B: Transport Dynamics, 2020.

[12] J. Brownlee, *How to create an arima model for time series forecasting in python*, 2017. [Online]. Available: `http://machinelearningmastery.com/arima-for-time-series-forecasting-with-python/`.

[13] S. Prabhakaran, *Arima model - complete guide to time series forecasting in python: Ml+*. [Online]. Available: `https://www.machinelearningplus.com/time-series/arima-model-time-series-forecasting-python/`.

[14] S. Saha, *A comprehensive guide to convolutional neural networks-the eli5 way*, Dec. 2018. [Online]. Available: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53.

[15] *Deep learning: Introduction to long short term memory*. [Online]. Available: https://www.geeksforgeeks.org/deep-learning-introduction-to-long-short-term-memory/.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirisi

1. INISTA 2021 - Traffic Hyperparameters for Long-Term Traffic Forecasting

   C. Keskin and M. A. GUVENSAN, "Traffic Hyperparameters for Long-Term Traffic Forecasting," 2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/INISTA52262.2021.9548509.