

İSTANBUL’UN HAVA KALİTESİNİN TAHMİNİ İÇİN LSTM, GRU VE TRANSFORMER MODEL TABANLI DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Erdem SAÇAN - Hamza GENÇAY - Çağan DERBENT

Marmara Üniversitesi

Özet

Bu projede, İstanbul’un hava kalitesinin tahmini için PM10, SO₂, NO_x gibi hava kirletici parametreler ile sıcaklık, nem ve rüzgar hızı gibi meteorolojik veriler kullanılarak üç farklı derin öğrenme modeli (LSTM, GRU, Transformer) uygulanmıştır. Veriler Başakşehir ölçüm istasyonuna ait olup 2019–2024 dönemini kapsamaktadır. Eksik veriler KNN algoritması ile tamamlanmış, tüm modeller MAE, RMSE, R² ve MAPE metrikleri ile değerlendirilmiştir. Transformer modeli genel olarak en başarılı sonuçları vermiştir. Bu çalışma, şehirlerde hava kalitesinin daha doğru tahmin edilmesine katkı sağlamayı ve karar destek sistemlerine temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Derin Öğrenme, PM10, LSTM, GRU, Transformer, Hava Kalitesi

I. Giriş

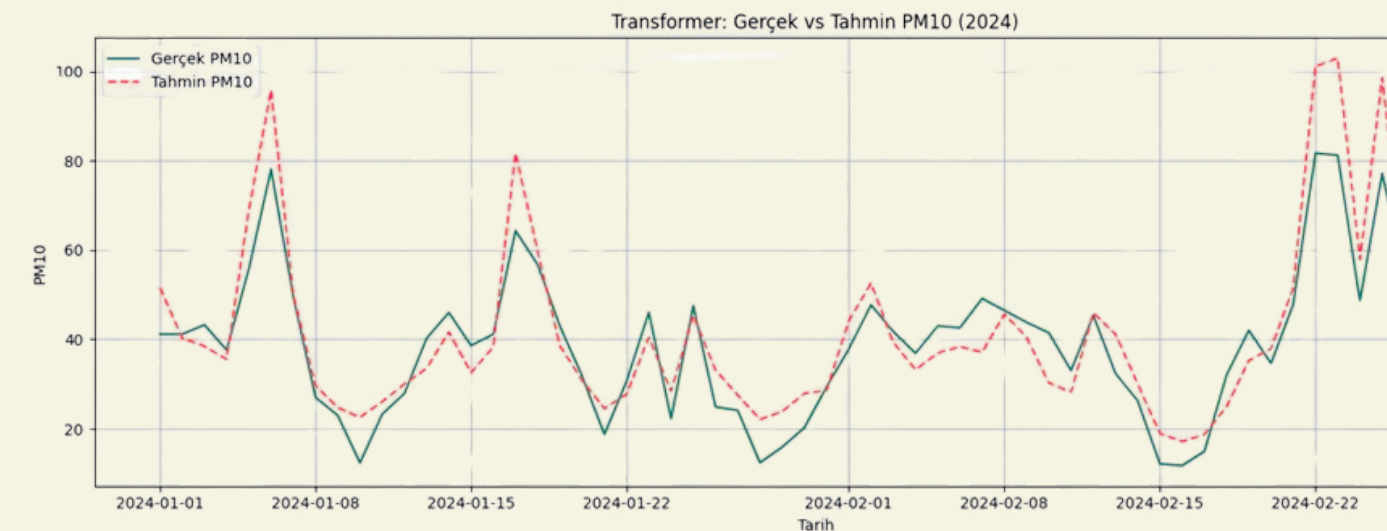
İstanbul gibi büyük şehirlerde hava kirliliği, sağlık ve yaşam kalitesi açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu projede, geçmişe dönük hava kalitesi verileri ve meteorolojik değişkenler kullanılarak PM10 konsantrasyonlarının tahmini hedeflenmiştir. Geleneksel yöntemlerin aksine, LSTM, GRU ve Transformer gibi derin öğrenme mimarileri ile daha yüksek doğruluk sağlanması amaçlanmıştır.

II. Temel İlke

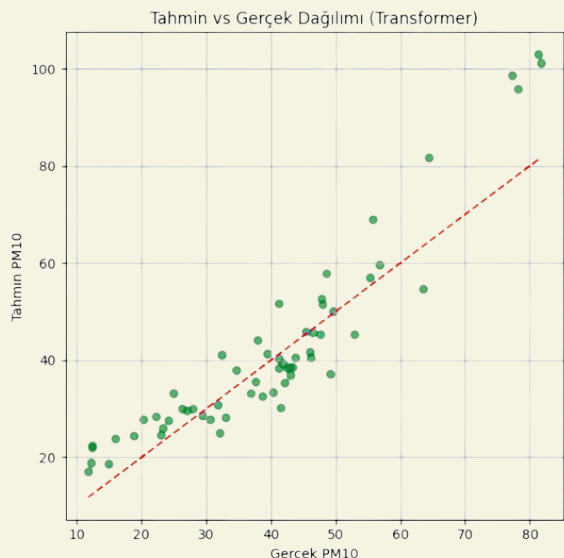
Projede kullanılan temel yaklaşımlar:

- Zaman serisi verisinin eksiklerden arındırılıp işlenmesi
- Derin öğrenme mimarileri ile PM10 tahmini yapılması
- LSTM, GRU ve Transformer modellerinin performanslarının karşılaştırılması
- 2024–2026 dönemi için ileriye dönük hava kalitesi tahmini yapılması

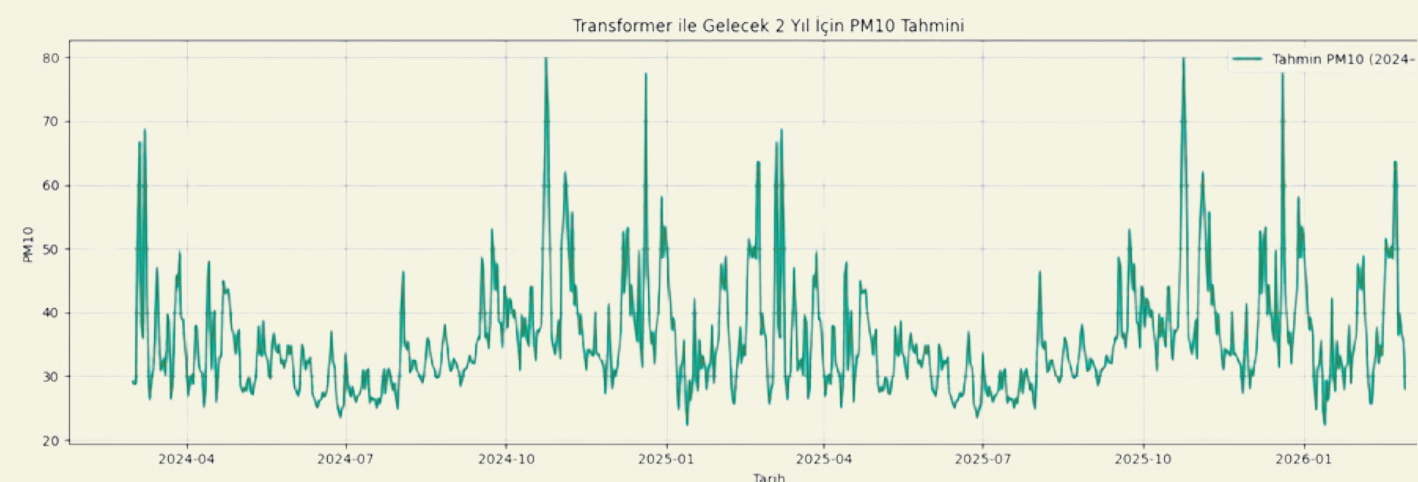
III. Teorik Modelleme



Şekil 1. Transformer Modeli ile PM10 Gerçek ve Tahmin Değerleri (2024)



Şekil 2. Transformer Modeli PM10 Tahmini ve Gerçek Değerlerin Dağılımı



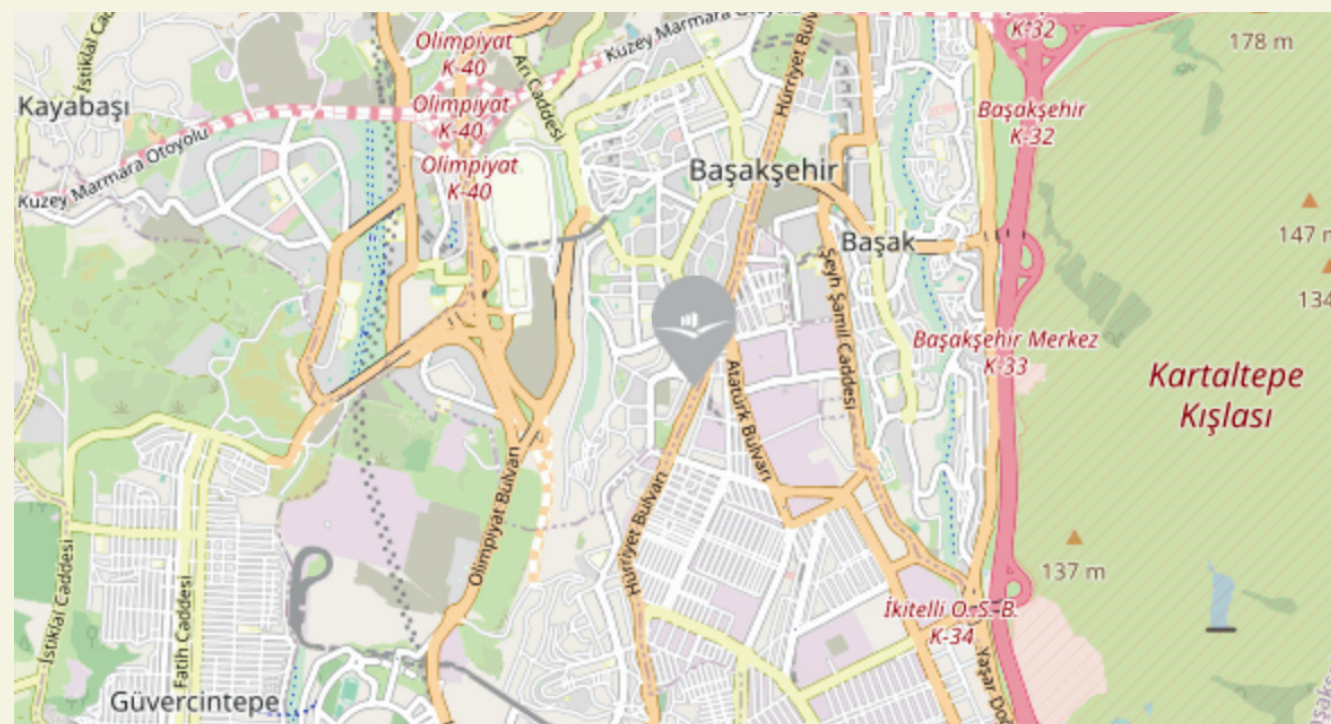
Şekil 3. Transformer Modeli ile 2024–2026 Yılları Arası PM10 Tahmini

IV. Deneysel Süreç

Modelleme süreci; veri temizleme, eksik değer tamamlama, normalizasyon ve zaman serisi yapısına uygun biçimlendirme adımlarını içermektedir. Üç farklı derin öğrenme modeli, geçmiş verilere dayalı olarak eğitilmiş ve geleceğe dönük PM10 tahminlerinde denenmiştir.

Projede uygulanan deneysel süreçler:

- Veri Temini: Veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na bağlı kaynaklardan sağlanmıştır.
- Veri Temizleme: Ham verideki hatalı ve eksik değerler KNN algoritması (k=3) ile tamamlanmış ve sayısal forma dönüştürülmüştür.
- Model Eğitimi: LSTM, GRU ve Transformer modelleri, 2019–2023 arası eğitim verisiyle eğitilmiş, 2024 verileriyle test edilmiştir.
- Geleceğe Yönelik Tahmin: Her model için 730 günlük (2024–2026) ileriye dönük PM10 tahmini yapılmıştır.
- Değerlendirme: MAE, RMSE, R² ve MAPE metrikleri ile karşılaştırmalı analiz yapılmıştır.



Şekil 4. Başakşehir Hava Kalitesi İstasyonu Konumu – İstanbul, Türkiye

V. Bulgular ve Analizler

Modellerin test verisi üzerindeki performansı aşağıdaki metriklerle değerlendirilmiştir:

- Ortalama Hata (MAE)
- Kök Ortalama Kare Hata (RMSE)
- Belirleme Katsayısı (R²)
- Ortalama Yüzde Hata (MAPE)

Model	MAE	RMSE	R ²	MAPE (%)
LSTM	7.83	11.02	0.5582	21.85
GRU	6.66	8.82	0.7168	18
Transformer	6.28	8.05	0.764	18.47

Şekil 5. Modellerin Performans Kıyaslaması

VI. Sonuç

Bu çalışma, İstanbul’da hava kalitesi tahmini için LSTM, GRU ve Transformer gibi derin öğrenme mimarilerinin karşılaştırmalı analizini sunmuştur. Geliştirilen modeller, geçmiş verilerle eğitilmiş ve geleceğe yönelik tahminlerde test edilmiştir. Analizler göstermiştir ki:

- Transformer, zaman serilerindeki uzun dönemli ilişkileri en iyi öğrenen ve en düşük hata oranlarını sunan model olmuştur.
- GRU, daha düşük karmaşıklığına rağmen yüksek doğruluk sağlamış ve pratik uygulamalar için güçlü bir alternatif olarak öne çıkmıştır.
- LSTM, önceki çalışmalarda başarılı olsa da bu proje kapsamında daha sınırlı başarı göstermiştir.
- Elde edilen sonuçlar, hava kirliliği gibi çok değişkenli çevresel sorunların çözümünde derin öğrenmenin güçlü bir araç olduğunu kanıtlamaktadır. Bu sistem, farklı şehirlerde de uygulanabilir niteliktedir ve çevre politikaları için karar destek sistemi olarak kullanılabilir.