

Graph Neural Network (GNN) ile Türkiye Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Üretimin Fiyatlara Etkisinin Modellemesi

- PTF / SMF Tahmini
- Graph Attention Network (GAT)
- Ufuk Karaoğlu 234225010
- Derin Öğrenme ve Uygulamaları – 2025

İçindekiler

- Problem Tanımı ve Motivasyon
- Elektrik Piyasasında Fiyat Oluşumu
- Neden GNN / GAT?
- Veri Seti ve Ön İşleme
- Graph Modelleme Yaklaşımı
- Model Mimarisi
- Baseline Model
- GAT Sonuçları
- Attention Analizi
- Beklenen Sonuçlar ve Değerlendirme
- Sonuç ve Katkıları

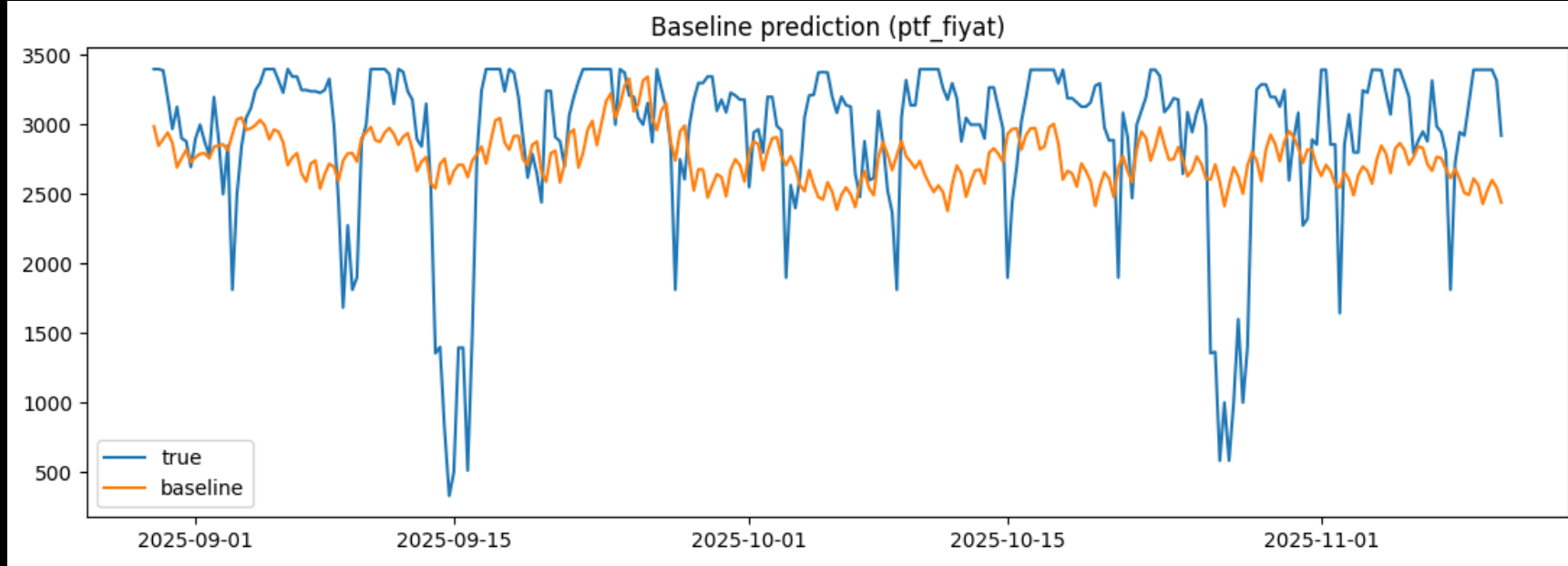
Problem Tanımı

- Elektrik piyasasında fiyatlar (PTF / SMF) saatlik olarak belirlenir
- Fiyatlar yalnızca talebe değil, **üretim portföyüne** bağlıdır
- Yenilenebilir üretim arttıkça fiyat dinamikleri karmaşıklaşır

Motivasyon

- Rüzgar ve güneş üretimi **kesintili (intermittent)** kaynaklardır
- Bu durum fiyat oynaklığını artırır
- Klasik modeller kaynaklar arası etkileşimi yakalayamaz

Elektrik Fiyatlarının Zaman İçindeki Davranışđ



Elektrik Sistemi Bir Ağdır

- **Elektrik Sistemi = Graph Yapısı**
- Üretim kaynakları birlikte çalışır
- Bir kaynaktaki değişim diğerlerini etkiler
- Bu yapı doğal olarak **graph** şeklindedir

Neden GNN?

- **Neden Graph Neural Network?**
- Node ve edge ilişkilerini öğrenir
- Komşu düğümlerden bilgi toplar
- Zaman serisi + ilişki yapısını birlikte kullanır

Neden Graph Attention Network?

- **Neden GAT?**
- Her komşuya **eşit ağırlık vermez**
- Önemli düğümlere daha fazla attention
- Açıklanabilirlik sağlar

Veri Seti

- **Kullanılan Veri Seti**
- **Kaynak: TEİAŞ TPYS**
- **Zaman çözünürlüğü: 6 saatlik**
- **Değişkenler:**
 - RES, GES
 - HES, Doğalgaz, Kömür
 - PTF / SMF

Ön İşleme

- **Veri Ön İşleme**
- Tarih + saat → datetime
- Eksik verilerin temizlenmesi
- Normalizasyon
- Lag feature: **önceki fiyat**

Graph Tanımı

- **Graph Modelleme**
- **Node:** Üretim Kaynağı
- **Edge:** Kaynaklar arası etkileşim
- **Graph-level output:** PTF tahmini

Node Feature Yapısı

- **Node Feature'lar**
- Son 24 zaman adımı üretim
- Saat bilgisi (sin / cos)
- Gün bilgisi
- Önceki fiyat

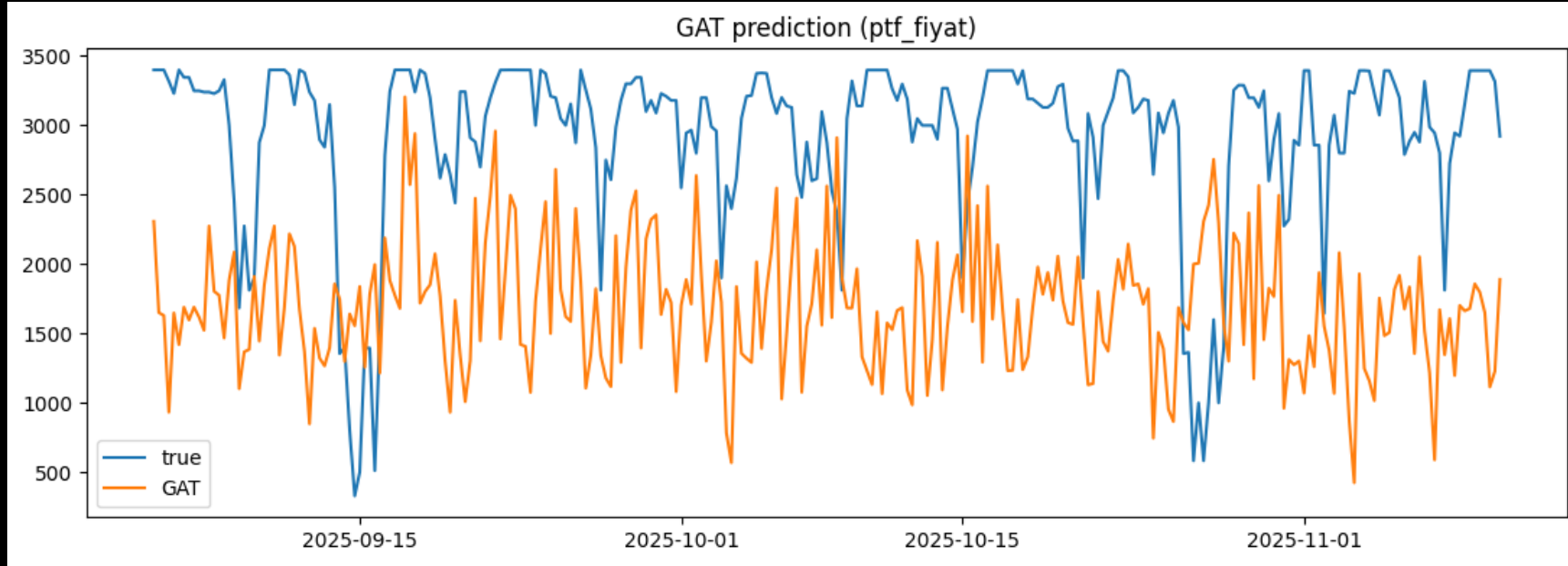
Model Mimarisi

- GAT Mimarisi
- Node Features
- ↓
- GATConv (multi-head)
- ↓
- ELU
- ↓
- GATConv
- ↓
- Global Pooling
- ↓
- Linear
- ↓
- PTF

Baseline Model

- **Baseline: Ridge Regression**
- GNN kullanılmadan
- Sadece üretim + zaman bilgisi
- Referans performans için

Baseline Model (Ridge) – Gerçek vs Tahmin



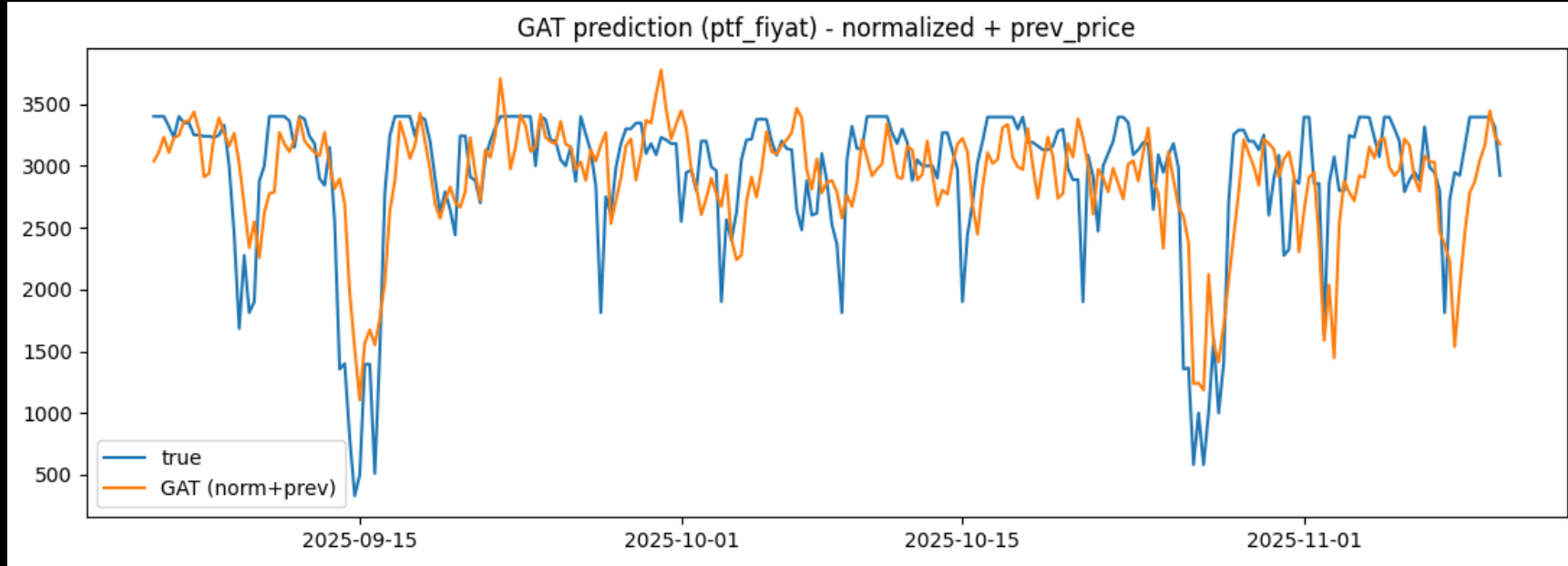
Baseline Sonuçları

- **Baseline Sonuçları**
- RMSE: Yüksek
- R^2 : Düşük / Negatif
- Trend takibi zayıf

GAT Sonuçları

- **GAT Model Sonuçları**
- Daha düşük RMSE ve MAE
- Daha iyi trend takibi
- Daha yüksek R^2

GAT Modeli – Gerçek vs Tahmin






Attention Analizi

- **Attention Analizi**
- Kaynak bazlı attention skorları
- Hangi kaynak fiyatı etkiliyor?

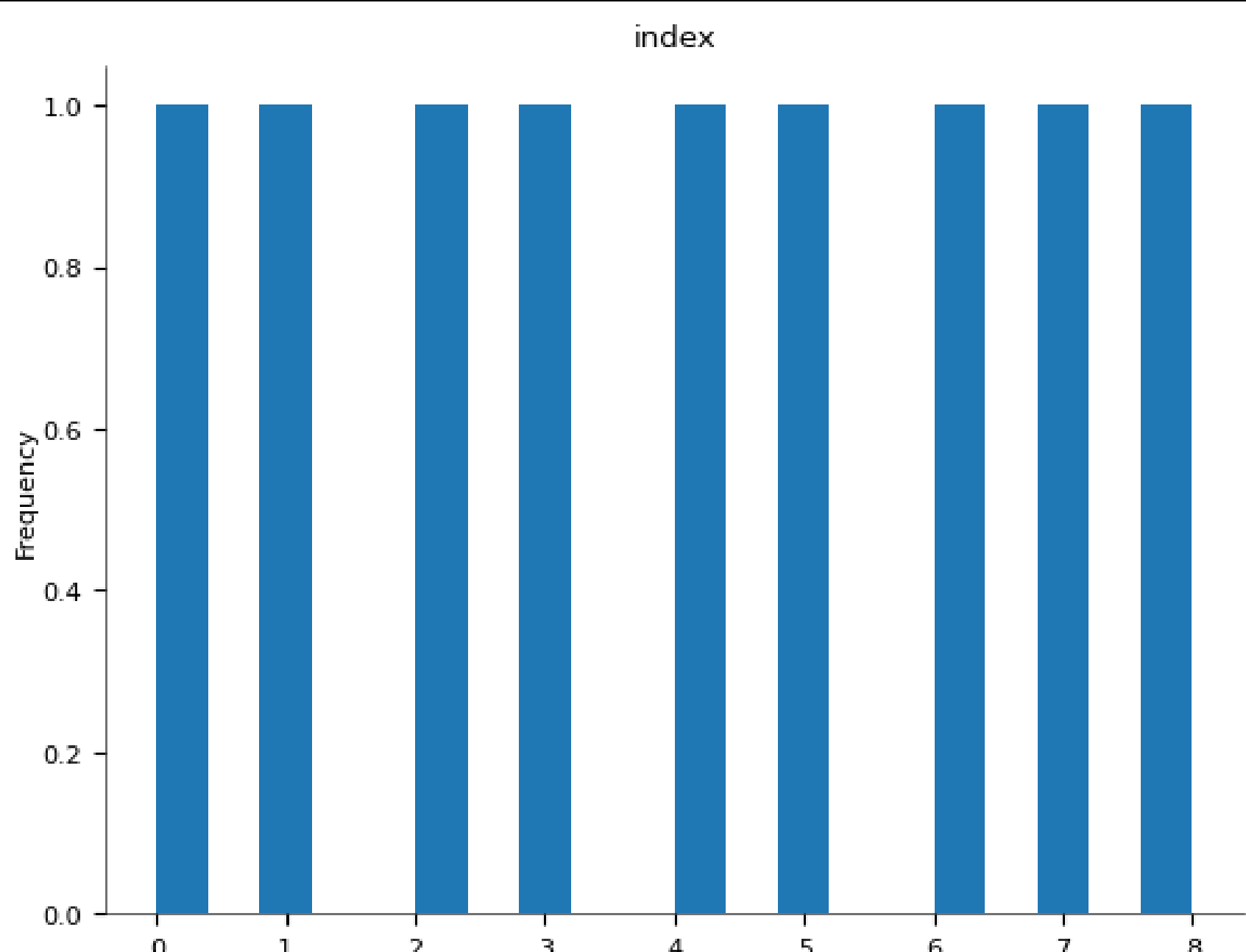
RES & GES Attention

- **Rüzgar ve Güneş Etkisi**
- RES: Fiyat oluşumunda baskın
- GES: Gündüz saatlerinde dengeleyici

Beklenen Sonuçlar & Gerçekleşenler

-  Rüzgar fiyat düşürücü
-  Güneş dalgalanma azaltıcı
-  GAT klasik modellere üstün

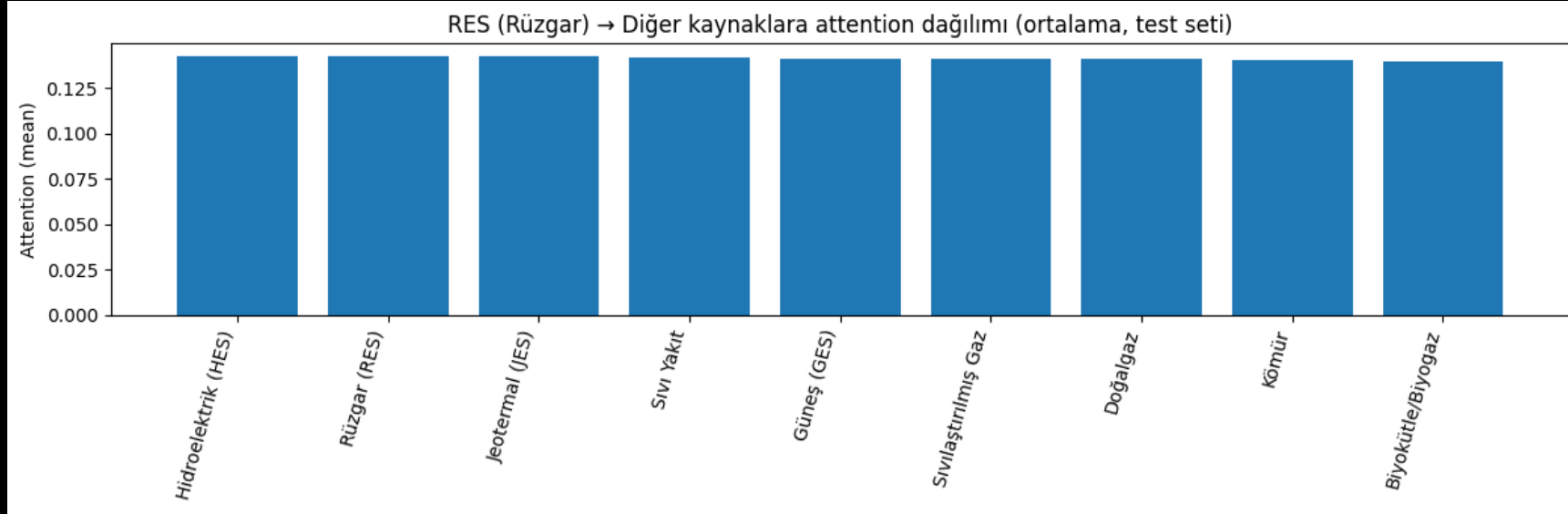
Attention Analizi – Kaynak Bazlı Etkileşimler



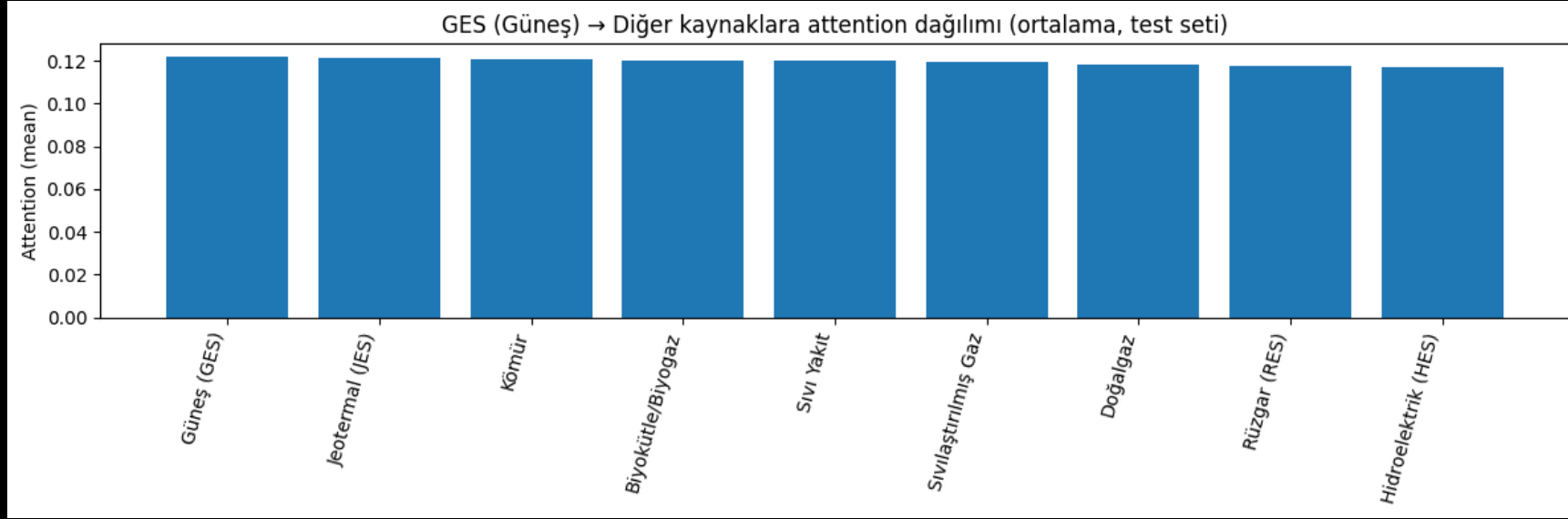
Sonuç ve Katkılar

- GNN elektrik piyasası için uygundur
- Attention → açıklanabilirlik
- Yenilenebilir etkisi sayısallaştırıldı
- Türkiye elektrik piyasasına yönelik özgün bir GNN uygulaması sunulmuştur.
- Yenilenebilir enerji–fiyat ilişkisi derin öğrenme ile analiz edilmiştir.

RES (Rüzgar) – Attention Dağılımı



GES (Güneş) – Attention Dağılımı



Gelecek Çalışmalar

- Bölgesel veri ile node=bölge
- SMF + çoklu hedef
- Talep verisinin eklenmesi

Genel Değerlendirme

- GNN ve GAT modelleri, elektrik piyasası gibi ağ yapılı sistemler için uygundur.
- Çalışma, hem akademik hem uygulamalı açıdan anlamlı sonuçlar sunmaktadır.

Kaynaklar

- TEİAŞ Piyasa Yönetim Sistemi
- Kipf & Welling (2017) Graph Neural Networks
- Veličković et al. (2018) Graph Attention Networks