



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**Yerli Enerji Kaynaklarına Ait Kurulu Gücün Türkiye
Toplam Kurulu Gücü İçindeki Payının Yıllar İtibariyle
Gelişimi Ve Regresyon Analizi İle Tahmini**

Fatih Emin KARAHAN - 502331027

MAKİNE ÖĞRENMESİNE GİRİŞ BM5702

Dersi Proje Ödevi

Bursa 2024

T.C
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Yerli Enerji Kaynaklarına Ait Kurulu Gücün Türkiye Toplam
Kurulu Gücü İçindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi Ve
Regresyon Analizi İle Tahmini

Fatih Emin KARAHAN - 502331027

Projenin Danışmanı : Doç. Dr. Murtaza Cicioğlu

MAKİNE ÖĞRENMESİNE GİRİŞ BM5702 Dersi Proje
Ödevi

Bursa 2024

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin yerli enerji kaynaklarına ait kurulu gücün toplam kurulu güç içindeki payının yıllar itibarıyla gelişimini incelemekte ve regresyon analizi ile gelecekteki seviyelerini tahmin etmektedir. Elektrik üretimi, ekonomik büyüme, nüfus artışı, teknolojik ilerlemeler, enerji politikaları ve çevresel düzenlemeler gibi birçok faktörün etkisi altında değişkenlik gösterir. Bu çalışmada, Türkiye Elektrik İletim AŞ (TEİAŞ) tarafından sağlanan veriler kullanılarak, 2000-2022 yılları arasındaki yerli enerji kaynaklarına ait kurulu güç verileri analiz edilmiştir.

Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Bu çalışmada doğrusal regresyon, polinom regresyon, karar ağacı, rastgele orman, gradient boosting ve destek vektör regresyon yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Sonuçlar, ikinci dereceden polinom regresyonun eldeki veri için en uygun algoritma olduğunu göstermiştir.

Bu bulgular, enerji politikalarının oluşturulması ve elektrik endüstrisinin stratejik planlamasında faydalı olabilir. Regresyon analizi ile yapılan tahminler, enerji tedarikçileri, yatırımcılar ve karar alıcılar için önemli bir bilgi kaynağı olabilir. Sonuç olarak, elektrik üretiminin regresyon ile tahmin edilmesi, enerji sektöründe sürdürülebilir ve etkili politikaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

ABSTRACT

This study examines the development of the share of installed capacity of domestic energy sources in Turkey's total installed capacity over the years and estimates its future levels using regression analysis. Electricity production varies under the influence of many factors, including economic growth, population increase, technological advancements, energy policies, and environmental regulations. In this study, data provided by the Turkish Electricity Transmission Corporation (TEİAŞ) for the years 2000-2022 were analyzed to assess the installed capacity of domestic energy sources.

Regression analysis is a statistical technique used to model the relationship between a dependent variable and one or more independent variables. In this study, linear regression, polynomial regression, decision tree, random forest, gradient boosting, and support vector regression methods were employed for the analysis. The results indicated that the second-degree polynomial regression is the most suitable algorithm for the given data.

These findings can be useful in the formulation of energy policies and strategic planning for the electricity industry. Predictions made using regression analysis can serve as a valuable source of information for energy suppliers, investors, and decision-makers. Consequently, estimating electricity production through regression can contribute to the development of sustainable and effective policies in the energy sector.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	5
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	6
3. MATERYAL YÖNTEM.....	9
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	11
5. KAYNAKÇA.....	14

1. GİRİŞ

Modern toplumların yaşamsal bir parçası haline gelen elektrik, endüstriyel üretimden evlerimizi aydınlatmaya kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Elektrik talebinin belirlenmesi ve gelecekteki ihtiyaçların öngörülmesi, enerji planlaması ve politika oluşturmanın kritik bir parçasıdır. Bu bağlamda, elektrik üretiminin gelecekteki seviyelerini tahmin etmek, enerji sektörü için stratejik kararlar almak açısından önemlidir.

Elektrik üretimi, birçok faktörün etkisi altında değişkenlik gösterir. Bu faktörler arasında ekonomik büyüme, nüfus artışı, teknolojik ilerlemeler, enerji politikaları ve çevresel düzenlemeler gibi unsurlar yer almaktadır. Bu karmaşık ilişkileri anlamak ve gelecekteki elektrik üretimini tahmin etmek için istatistiksel tekniklerden yararlanmak önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin elektrik üretimini regresyon analizi kullanarak tahmin etmektir. Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Türkiye'nin geçmiş elektrik üretim verileri ve ilgili faktörlerin incelenmesi, gelecekteki elektrik üretimini tahmin etmek için bir model oluşturmamıza olanak tanır.

Bu çalışmanın bulguları, enerji politikalarının oluşturulması ve elektrik endüstrisinin stratejik planlamasında faydalı olabilir. Regresyon analizi ile yapılan tahminler, enerji tedarikçileri, yatırımcılar ve karar alıcılar için önemli bir bilgi kaynağı olabilir. Sonuç olarak, elektrik üretiminin regresyon ile tahmin edilmesi, enerji sektöründe sürdürülebilir ve etkili politikaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının internet sitesinde elektrik tüketiminin tahmini yapılmaktadır. Yapılan tahminlerde Türkiye Ulusal Enerji Planı'na göre, elektrik tüketiminin 2025 yılında 380,2 TWh, 2030 yılında 455,3 TWh, ve 2035 yılında ise 510,5 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir [1]. 2023 yılında Türkiye'nin elektrik üretiminin %36,3'ü kömürden, %21,4'ü doğal gazdan, %19,6'sı hidrolik enerjiden, %10,4'ü rüzgardan, %5,7'si güneşten, %3,4'ü jeotermal enerjiden ve %3,2'si diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Mart 2024 itibarıyla ülkedeki kurulu güç 107.959 MW'a ulaşmıştır [2].

Türkiye'de Elektrik Tüketiminde Talep Tahmini: Zaman Serisi Ve Regresyon Analizi İle Karşılaştırma çalışmasında; Nebati, Taş ve Ertaş (2021) tarafından, Türkiye'de elektrik tüketiminin talep tahminine yönelik olarak regresyon analizi ve zaman serisi tekniklerinin kullanımı incelenmiştir. Çalışma, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından sağlanan veriler ile regresyon ve zaman serisi analizlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını içermektedir. Çalışma sonucunda, her iki yöntemle elde edilen tahmin sonuçlarının mevcut değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Bu da, elektrik tüketiminde talep tahmininin doğru yapılmasının enerji kaynaklarının etkin yönetimi açısından kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır [3].

Erdoğan (2007), eşbütünleşme analizi ve ARIMA modeli kullanarak Türkiye'nin elektrik talebini tahmin etmiş ve bu tahminleri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın resmi verileriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada 1923-2004 yıllarındaki elektrik tüketim verileri değerlendirilmiş ve model doğrulaması için 2000-2004 yılları arasındaki tahmin sonuçları gerçek tüketim değerleriyle karşılaştırılmıştır [4].

Hamzaçebi (2007), Türkiye'nin net elektrik tüketimini 2020 yılına kadar analiz etmiş, sektör bazında 1970-2004 yılları arasındaki yıllık elektrik tüketim verilerini kullanarak yapay sinir ağı yöntemiyle modelleme yapmıştır [5].

Altınay (2010), Türkiye için 1995-2008 yıllarındaki aylık toplam elektrik tüketim verilerini kullanarak 2009 yılı için aylık talep tahmini yapmış ve mevsimsel etkiler taşıyan tüketim için ARIMA modelini tercih etmiştir [6].

Demirel ve diğerleri (2010), 1970-2007 yılları arasında üretilen enerji, GSMH, kurulu güç, tüketilen enerji ve nüfus verilerini kullanarak ARIMA ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) yöntemleriyle talep tahmin modelleri oluşturmuşlardır. Bu modellerle 2006-2010 yılları arası elektrik talep tahminleri yapılmıştır [7].

Nebati ve arkadaşlarının çalışması, Türkiye'de elektrik talebi tahmininde hem regresyon analizi hem de zaman serisi yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymaktadır. Bu yöntemlerin sonuçlarının mevcut verilerle uyumlu olması, gelecekteki enerji talebinin doğru tahmin edilmesi ve kaynakların verimli yönetimi açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Literatürdeki diğer çalışmalar da benzer yöntemlerin farklı coğrafi bölgelerde ve zaman dilimlerinde uygulanarak başarılı sonuçlar elde edildiğini göstermektedir.

Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanarak Farklı Kaynaklardan Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Tahmini çalışmasında, yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak Türkiye'de farklı enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim potansiyelinin tahmin edilmesine odaklanmaktadır. Türkiye'nin 1985-2019 yılları arasındaki enerji göstergeleri kullanılarak, petrol, gaz, kömür ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve YSA'nın enerji üretim tahminlerinde yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür [8].

Yapılan deneylerde, YSA modelleri kullanılarak elde edilen sonuçlar ile gerçek üretim verileri karşılaştırılmış ve tahmin doğruluğu çeşitli istatistiksel ölçütlerle test edilmiştir. Sonuçlar, YSA'nın enerji üretim tahminlerinde güvenilir bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur.

GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN ÇOKLU LİNEER REGRESYON VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ çalışmasında, İstanbul'un Büyükçekmece ilçesi Eskice bölgesine ait

2016 yılı meteorolojik verileri kullanılarak, güneş radyasyonunun kısa ve orta vadeli tahmini için modeller geliştirilmiştir. Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılarak yapılan modellemeler, YSA modellerinin güneş radyasyonu tahmininde ÇLR modellerinden daha üstün olduğunu göstermiştir. Özellikle Haziran ayında en yüksek tahmin doğruluğu elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan veriler, veri madenciliği sürecinin başlangıcında veri temizleme, bütünleştirme, indirgeme ve dönüştürme işlemlerine tabi tutulmuştur. YSA modelleri için veriler min-max yöntemi ile normalize edilmiştir. ÇLR modeli, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi modellemede kullanılmış, en küçük kareler yöntemi ile katsayılar hesaplanmıştır. YSA ise, insan beyninin yapısından esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılarla birbirine bağlanmış düğüm noktalarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapıları olarak tanımlanmıştır.

Güneş radyasyonu tahmininde YSA modelleri, ÇLR modellerine göre daha yüksek doğruluk oranlarına sahip olmuştur. Haziran ayı için yapılan tahminlerde YSA modeli ile R, nRMSE ve MAPE değerleri sırasıyla 0.912, %48.5 ve %28.21 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, güneş enerjisi potansiyelinin güvenilir bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermektedir.

3. MATERYAL YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye Elektrik İletim AŞ (TEİAŞ) tarafından yayınlanan "Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri" verileri kullanılmıştır. Özellikle, "16-Yerli Enerji Kaynaklarına Ait Kurulu Gücün Türkiye Toplam Kurulu Gücü İçindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi (2000-2022)" verileri, projenin analizlerine temel oluşturmuştur [TEİAŞ, Erişim Tarihi: Mayıs 24, 2024]. [9]

Regresyon, istatistiksel bir kavramdır ve bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılan bir tekniktir. Temel olarak, regresyon analizi, bir veya daha fazla bağımsız değişkenin bilinen değerlerine dayanarak bir bağımlı değişkenin değerini tahmin etmeyi amaçlar. Bağımlı değişken, tahmin etmek istediğimiz veya açıklamak istediğimiz değişkendir. Bağımsız değişken ise bağımlı değişkeni etkileyen veya açıklayan değişkenlerdir. Regresyon analizi, bu bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmek ve bu etkiyi modellemek için kullanılır. Regresyon analizi genellikle bir doğru veya eğri kullanılarak gerçekleştirilir. Doğrusal regresyon, bağımsız değişkenlerin birinci dereceden bir fonksiyonunu kullanırken, polinom regresyonu gibi diğer regresyon yöntemleri, bağımsız değişkenlerin daha yüksek dereceli fonksiyonlarını da içerebilir. Regresyon analizi, birçok alanda kullanılan bir tekniktir. Örneğin, ekonomi, finans, biyoloji, mühendislik ve sosyal bilimler gibi alanlarda, regresyon analizi veri analizi ve tahmin yapma süreçlerinde sıkça kullanılan bir araçtır.

Bu çalışmada regresyon analizi için Linear Regression (Doğrusal Regresyon), Polynomial Regression (Polinom Regresyon), Decision Tree (Karar Ağacı), Random Forest (Rastgele Orman), Gradient Boosting ve SVR (Support Vector Regression) kullanılmıştır.

Linear Regression (Doğrusal Regresyon): Doğrusal regresyon, bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Basit doğrusal regresyon yalnızca bir bağımsız değişkenle çalışırken, çoklu doğrusal regresyon birden fazla bağımsız değişkeni dikkate alır.

Polynomial Regression (Polinom Regresyon): Polinom regresyon, bağımsız değişkenlerin polinom derecelerine kadar yüksek dereceli terimlerini içeren bir doğrusal model kullanarak ilişkiyi modellemek için kullanılan bir regresyon tekniğidir. Bu, doğrusal olmayan ilişkileri modellemek için kullanılır.

Decision Tree (Karar Ağacı): Karar ağaçları, veri setini bağımsız değişkenlerin değerlerine göre bir dizi karar düğümüne ayıran bir sınıflandırma veya regresyon algoritmasıdır. Karar ağaçları, veri setini segmentlere böler ve bu bölmeleri kullanarak tahminler yapar.

Random Forest (Rastgele Orman): Rastgele orman, birçok karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulan bir topluluk öğrenme yöntemidir. Her bir karar ağacı veri setinin rastgele bir alt kümesi üzerinde eğitilir ve sonuçlarını bir araya getirerek daha doğru tahminler yapar.

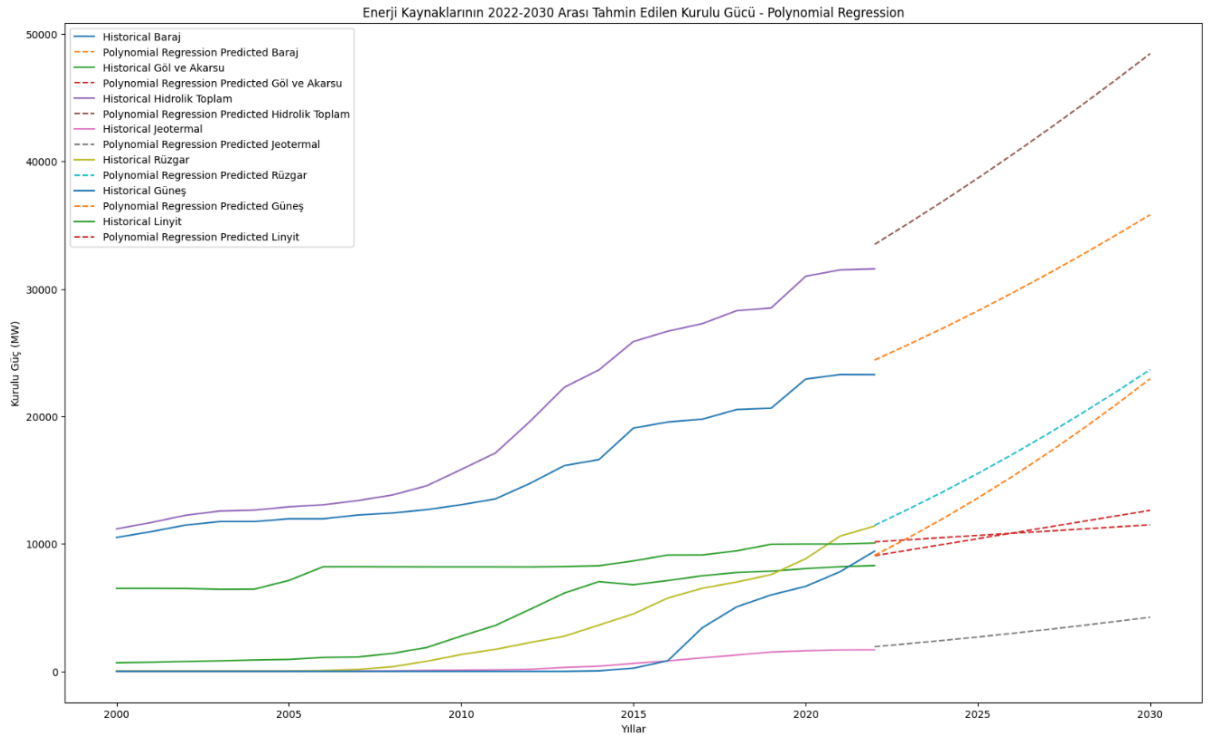
Gradient Boosting: Gradient boosting, zayıf tahmin edicileri bir araya getirerek güçlü bir tahminci oluşturan bir topluluk öğrenme tekniğidir. Her iterasyonda, modelin hatalarını düzeltmek için yeni bir tahminci eklenir.

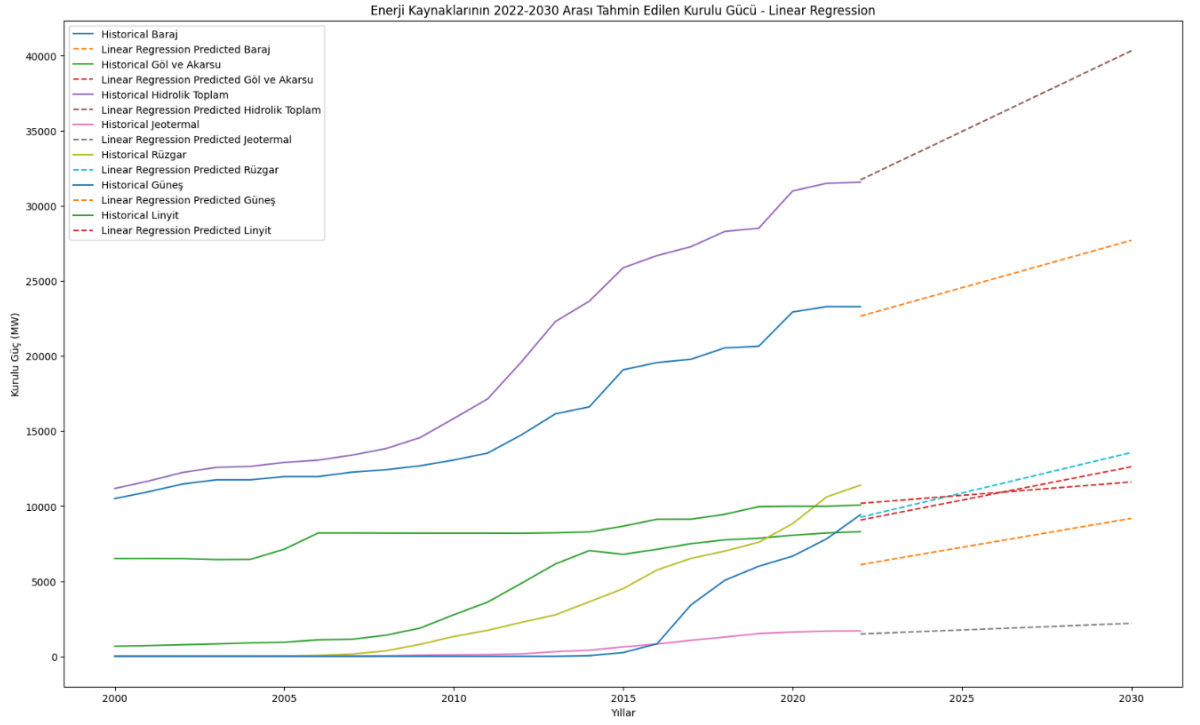
SVR (Support Vector Regression): Destek vektör regresyonu, doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon problemlerini çözmek için kullanılan bir makine öğrenimi algoritmasıdır. SVR, destek vektör makineleri prensibini regresyon problemlerine uygular.

Bu yöntemler, farklı veri setleri ve problemler için uygun olan farklı regresyon yaklaşımlarını temsil eder.

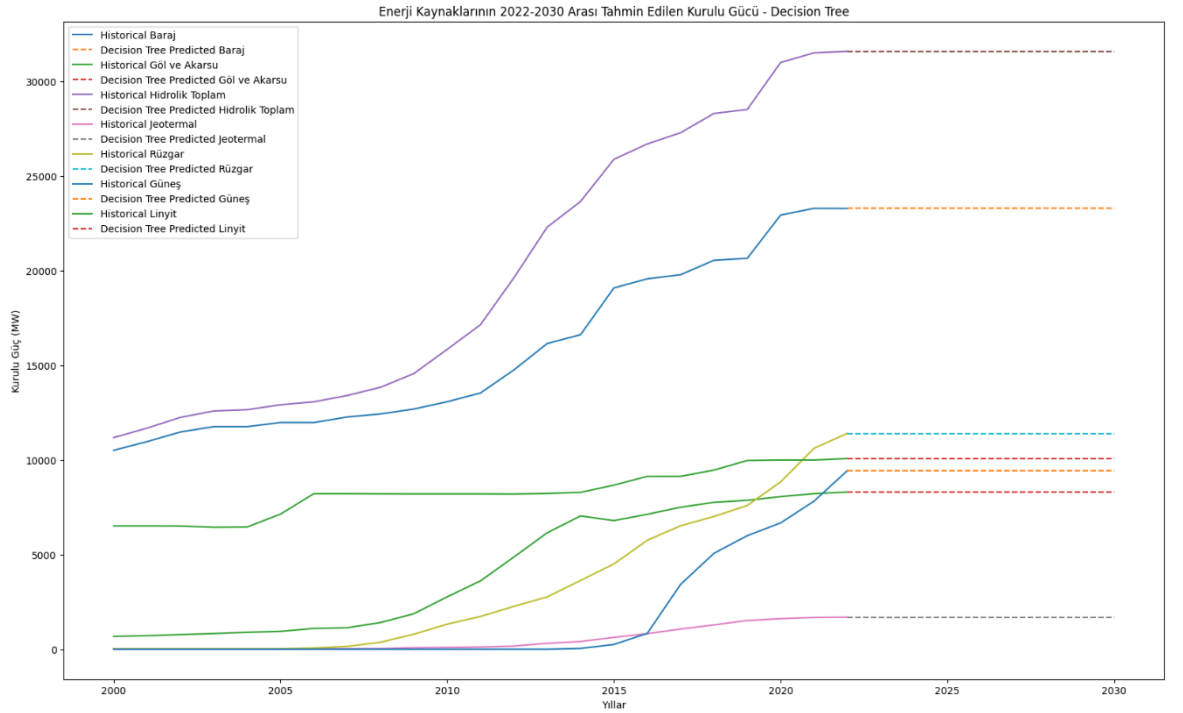
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu çalışma, derin öğrenme modellerinin pratik uygulamalarını incelemekte ve değerlendirmektedir. Google Colab platformunda gerçekleştirilen araştırma, derin öğrenme tekniklerinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın detaylarına ve uygulanan deneye [buradan](#) ulaşabilirsiniz.[10]

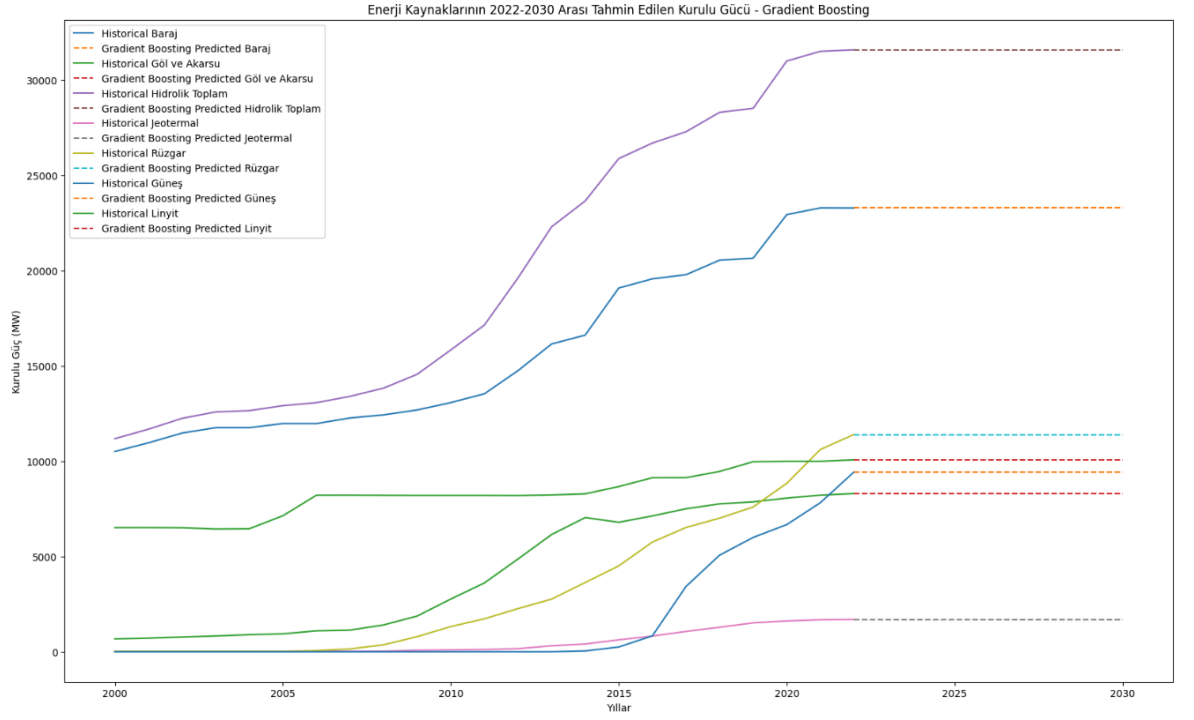




Şekil 2: Linear Regresyon Grafiği



Şekil 3: Karar Ağacı Regresyonu Grafiği



Şekil 4: Gradient Boosting Grafiği

Çıkan sonuçlara göre elimizdeki veri için en uygun olan algoritmanın ikinci dereceden polinom regresyon olduğu görülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (Erişim tarihi: 2024, Mayıs 24). "Bilgi Merkezi - Enerji Elektrik". <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2023%20y%C4%B1%C4%B1nda%20elektrik%20%C3%BCretimimizin%2C%20%36.g%C3%BCc%C3%BC%20107.959%20MW'a%20ula%C5%9Fm%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r.>
- [2] Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (Erişim tarihi: 2024, Mayıs 24). "Bilgi Merkezi - Enerji Elektrik". <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik#:~:text=2023%20y%C4%B1%C4%B1nda%20elektrik%20%C3%BCretimimizin%2C%20%36.g%C3%BCc%C3%BC%20107.959%20MW'a%20ula%C5%9Fm%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r.>
- [3] Nebati, E. E., Taş, M., & Ertaş, G. (2021). Türkiye’de Elektrik Tüketiminde Talep Tahmini: Zaman Serisi Ve Regresyon Analizi İle Karşılaştırma. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (31), 348-357. DOI: 10.31590/ejosat.998277.
- [4] Erdoğan, E. (2007). Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: A case study of Turkey. Energy Policy, 35(2), 1129-1146.
- [5] Hamzaçebi, C. (2007). Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases. Energy Policy, 35(3), 2009-2021.
- [6] Altınay, G. (2010). Aylık elektrik talebinin mevsimsel model ile orta dönem öngörüsü. Enerji, Piyasa ve Düzenleme, 1(1), 25-33.
- [7] Demirel, O., & diğerleri. (2010). Anfıs ve Arma modelleri ile elektrik enerjisi yük tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4), 843-852.

[8] Işık, H., & Şeker, M. (2021). Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanarak Farklı Kaynaklardan Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Tahmini. Journal of Computer Science, 304-311. <https://doi.org/10.53070/bbd.991039>

[9] TEİAŞ. (Erişim tarihi: 24 Mayıs 2024). "Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri". <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>.

[10] Araştırma Çalışması: <https://colab.research.google.com/drive/1MzmeRALdxF6wdgkltv8u3andLfLpYJ8?usp=sharing>

Basheer, I. A., & Hajmeer, M. (2000). Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. Journal of Microbiological Methods, 43(1), 3-31.

Graupe, D. (2007). Principles of Artificial Neural Networks. World Scientific.

Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. (2016). Derin Öğrenme: Teoriden Uygulamaya. MIT Press.

Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556.

Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012).