

## Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımları ile Elektrik Enerjisi Tüketiminin Tahmini

Ümmü Gülsüm Eraslan <sup>1\*</sup>, Figen Balo <sup>2</sup>, Büşra Çetin <sup>3</sup> ve Ukbe Ü. Uçar <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş., Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü/Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>3</sup>Elektrik&Elektronik Mühendisi, Elazığ, Türkiye

<sup>4</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü/Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

\*([gulsumeraslan7@gmail.com](mailto:gulsumeraslan7@gmail.com)) İlgili yazarın E-maili

**Özet** – Ülkemizde dünyada da olduğu gibi elektriğin enerji tüketimindeki payı her yıl artarak devam etmektedir. Elektrik enerjisi, bir ülkenin sosyal ve ekonomik açıdan kalkınmanın önemli faktörlerinden biri olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda oluşan talebin kesintisiz olarak en düşük maliyetle ve en kaliteli biçimde karşılanması, arz ve çevre güvenliğinin sağlanması liberal bir elektrik piyasasında temel hedefler haline gelmiştir. Ancak elektrik piyasasında sadece olası talebi karşılayacak şekilde planlanan enerji stratejilerinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu kapsamda, tüketime arz edilen elektrik enerjisinin tüketim konforunu etkilemeden düşürülerek planlanması ve verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple kesintisiz bir elektrik enerjisi için gerekli olan üretim, iletim ve dağıtım planlamaları yapabilmek ve elektriği daha etkin ve verimli kullanabilmek amacı ile talep tahminlerinde bulunmak önem arz etmektedir. Bu çalışmada Elazığ ili için yapay sinir ağları yöntemi ile çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak 2017-2026 yılları için elektrik enerjisi tüketimi tahmini yapılmıştır. Yapay sinir ağı yöntemi ile bulunan sonuçlar regresyon tekniği ile karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının elektrik enerjisi tüketimi tahmininde daha iyi bir yöntem olduğunu göstermiştir.

*Anahtar Kelimeler* – Elektrik Enerjisi Tahmini, Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları

---

### I. GİRİŞ

Güneş, sanayi ve teknoloji, günümüz dünyasında hızlı bir biçimde gelişmeye devam etmektedir. Bu gelişmenin tartışmasız en önemli kaynağı olan enerji günlük hayatın vazgeçilmezleri arasında ilk sıralardadır. Bu enerjinin çok önemli miktarını elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Elektrik enerjisi birçok farklı kaynaktan elde edilip yine çok çeşitli tüketim alanlarında kullanılmaktadır [1]. Oldukça yaygın kullanılan elektrik enerjisi için yük tahmini elektrik üreten şirketler ile elektrik üretim ve dağıtım şirketlerin planlamasında ve yönetilmesinde önemli bir konudur.

Yük tahminlerini çalışma zaman aralığını dikkate alarak; kısa, orta ve uzun dönemli diye üç farklı kategoride değerlendirmek mümkündür. Birkaç dakika ile birkaç haftaya kadar olan zaman dilimini içeren tahminler kısa dönemli tahminlerdir. Birkaç haftadan birkaç aya hatta yıla kadar olan zaman dilimi için yapılan tahminler orta dönemli tahminlerdir. Uzun dönemli tahminler ise beş ile yirmi beş yıl arasında yapılan analizler ile elde edilen tahminlerdir.

Son yıllarda konunun önemine paralel olarak bu alanda pek çok çalışma yapılmıştır. Kankal ve arkadaşları [2] Türkiye'nin genel enerji tüketimini Sözen ve arkadaşları [3, 4] Türkiye'nin net enerji tüketimini, Geem ve Roper [5] Güney Kore'nin toplam enerji talebini, Ekonomou [6] Yunanistan'ın toplam enerji talebini tahmin etmek için YSA'yı kullanmışlardır. Yalçınöz ve arkadaşları [7] Niğde bölgesine için elektrik yük tahmini analizini yapmışlardır. Balcı ve arkadaşları [8] Regresyon Analizi kullanarak kısa dönem yük tahmini araştırmışlardır.

### II. TAHMİN YÖNTEMLERİ

Tahmin metotları genel olarak istatistiksel ve matematiksel yöntemlerle hesaplanır. Eğilim analizi, bir zaman serisinin uzun dönemdeki ana eğilimi olarak tanımlanan eğilimin bir doğru veya bir eğri ile ifade edilmesidir [9]. Eğilim analizi hesaplanırken herhangi bir değişkenin geçmiş dönemlerde aldığı değerler kullanılarak gelecek dönemlerdeki değerleri tahmin edilebilmektedir.

#### A. Regresyon Analizi

Ölçülen bir ya da birden fazla değişkenin üzerinde etkisi olduğu düşünülen başka bir değişken ile aralarındaki ilişkinin modellenmesine Regresyon Analizi denir. Bir örnek üzerindeki Y bağımlı değişken ve  $X_1, X_2, \dots, X_n$  serbest ölçülerine dayanarak Y ile  $X_1, X_2, \dots, X_n$  değişkenleri arasındaki,  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  fonksiyonel ilişkiyi yaklaşık olarak belirleme işlemi regresyon analizi olarak tanımlanmaktadır. Regresyon analizi yapmak için, öncelikle belirli bir model olarak tanımlanmış fonksiyon şekline karar verilmelidir. Bu model doğrusal veya eğrisel, bir veya çoklu sayıda serbest değişkene sahip, toplanabilir veya toplanamaz şekilde olabilmektedir.

Regresyon analizi yöntemi kullanılarak yapılan birçok çalışmada birden fazla bağımsız değişkenin dikkate alındığı durumlar söz konusudur. Birden fazla bağımsız değişkenin dikkate alınarak kurulan regresyon modeline çoklu regresyon modeli denir [10]. Çoklu regresyon yöntemi, iki değişkenli

doğrusal regresyon yönteminin uzantısı olarak oluşturulmuştur. Bir bağımlı değişken, genel olarak birden fazla bağımsız değişkenin etkisi altındadır. Çoklu regresyon yönteminde kullanılan formül Denklem 1’de gösterilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (1)$$

Y: Bağımlı değişken

$\beta_0$  : Doğrunun y eksenini kestiği nokta

$\beta_1$  : İlk bağımsız değişkeninin kat sayısı

$\beta_2$  : İkinci bağımsız değişkeninin kat sayısı

$\beta_k$  : k. bağımsız değişkeninin kat sayısı

$X_1$  : İlk bağımsız değişken

$X_2$  : İkinci bağımsız değişken

$X_k$  : k. bağımsız değişken

## B. Yapay Sinir Ağları

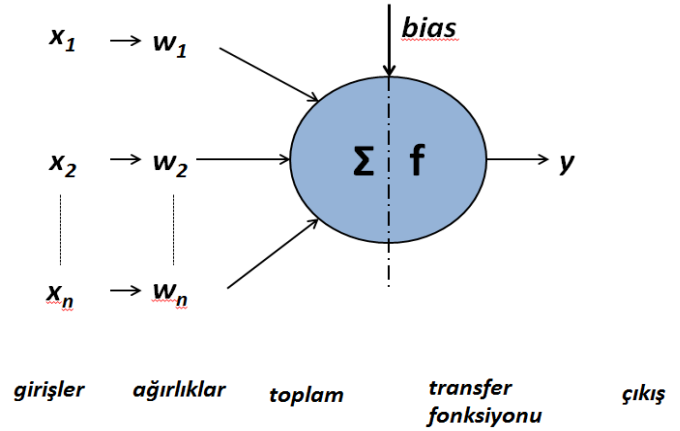
Yapay Yapay sinir ağı; sinir hücrelerinin kompleks yapısından oluşan insan beyninin çalışma şekline benzer şekilde, beynin yapabildiği tüm işlevleri sayısal olarak makineye yaptırmak için çalışan bir modelleme şeklidir. Özetle yapay sinir ağları insan beyninin matematiksel modellemesi olarak düşünülebilir [11].

Yapay sinir ağları; verilerden öğrenebilme, çok sayıda değişken ile çalışabilme, genelleme yapabilme gibi önemli özelliklere sahiptir. Bu özellikleri ile tahmin modellemesinde oldukça önemli bir yere sahip olup bilimsel araştırmalarda geniş bir kullanım alanına hitap edebilen bir modelleme yöntemidir. Yapay sinir ağları yöntemi, bir sistem için tek veya çoklu parametreler dikkate alınarak tanımlanan giriş verileri ile yine sistemin tek veya çoklu parametreler dikkate alınarak tanımlanabilen çıkışları arasında bir ilişki oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Bu ilişki doğrusal formda olabileceği gibi her zaman doğrusal olmak zorunda da değildir.

Yapay sinir ağlarında, sisteme girdiler ile ilgili veriler ve bu girdilere karşılık gelen çıktı bilgileri verilerek ağ eğitilir ve böylece ağın girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanır. Genelde öğreticili öğrenme diye bilinen bu yöntem tercih edilmektedir. Yapay sinir ağlarında, varsayımda bulunmadan ve sistemdeki girdi ve çıktı değişkenleri arasında herhangi bir ön bilgiye yer vermeden doğrusal olmayan modellemeyi yapabilmektedir [12].

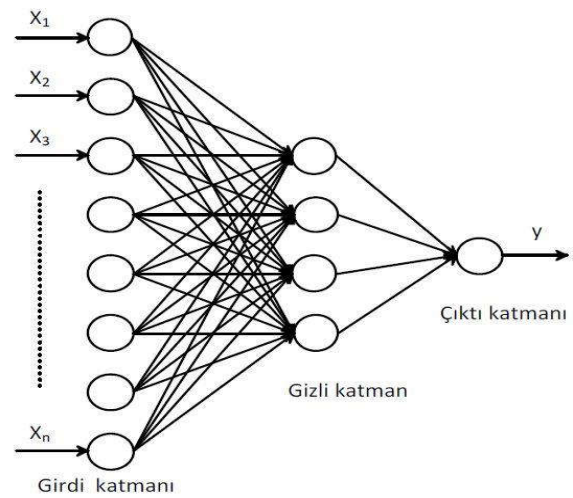
Nöron yapısı beş temel bileşenden oluşup yapısında;  $X_1, X_2, \dots, X_n$  giriş olarak tanımlanır. Giriş olarak tanımlanan bu değerler diğer hücrelerden veya dış ortamdan gelen bilgilerdir. Gelen bilgilerin çarpılması ile bulunan değerlerin toplama operatörüne iletildiği ağırlıklar  $W_1, W_2, \dots, W_n$  dir. Eğitimdeki

değişkenin sonuca etkisini ağırlıklar göstermektedir. Toplama bias (eşik değeri) değeri eklendikten sonra bulunan değer transfer fonksiyonundan geçirilir ve nöronun çıkış değeri bu şekilde bulunabilir.



Şekil 1. Yapay bir nöronun yapısı [13]

Yapay sinir ağında, birbirleri ile bağlantılı sinir hücrelerinin bulunduğu girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katman bulunmaktadır. İlk katman girdi katmanı olup dışarıdan alınan verilerin yapay sinir ağına dahil edilmesini sağlamaktadır. Girdi katmanına giren veriler istatistikteki bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir. Problemi etkileyen parametreler girdi katmanını oluşturmaktadır. Son katman ise bilgilerin dışa aktarılmasını sağlamaktadır. İstatistikteki bağımlı değişkenler çıktı değişkenlerine karşılık gelmektedir. Diğer katmanlar ise gizli katman diye adlandırılıp girdi katmanını ile çıktı katmanını arasında yer almaktadır. Bu katmandaki nöronların dış ortamla herhangi bir bağlantısı bulunmamaktadır. Sadece çıktı katmanına göndermek üzere girdi katmanından gelen sinyalleri alır. Kurulan ağın performansı gizli katmandaki nöron sayısı seçimine bağlıdır.



Şekil 2. YSA Modeli

## III. UYGULAMA VE KARŞILAŞTIRMA

Bu çalışmada; Elazığ ili için 2002-2016 yıllarını kapsayan abone sayısı, nüfus miktarı ve kayıp kaçak miktarı bilgileri bağımsız değişken ve elektrik üretim miktarı bağımlı değişken

olarak alınarak Excel’de çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Elde edilen tahmin verilerinin hataları MSE (Hata Kareleri Ortalaması) ve MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) ölçütleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hata formülleri Denklem 2 ve Denklem 3’ te verilmiştir

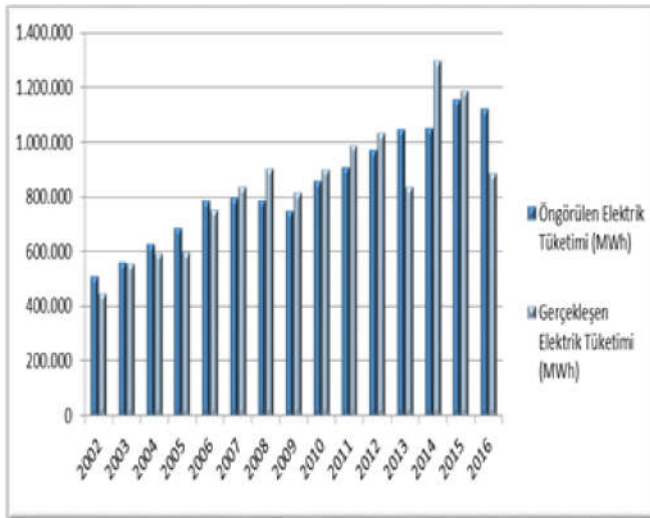
$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n} \quad (2)$$

$$MAPE (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n |(X_i - Y_i) / X_i|}{n} \times 100 \quad (3)$$

Bu denklemlerde;  $X_i$  gerçek değeri,  $Y_i$  ise tahmini değeri göstermektedir. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen hata değerleri Tablo 1’de, elektrik talep tahmini de Şekil 3’ te gösterilmiştir.

Regresyon Analizi Hata Değerleri	
MAPE	10,56843037
MSE	13.720.395.712

**Tablo 1.** Regresyon analizi hata sonuçları

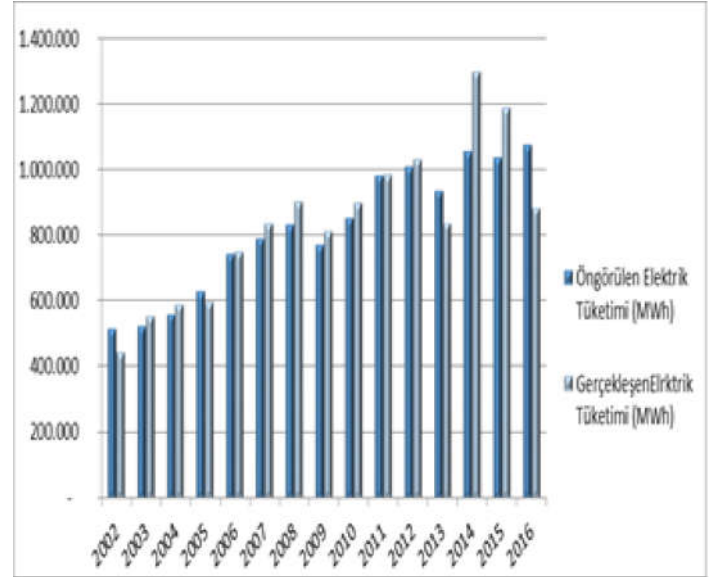


**Şekil 3.** 2002-2016 yılları için Regresyon Analizi ile öngörülen ve tahmin edilen verilerin karşılaştırılması

Yapay sinir ağları yöntemi ile yapılan çalışmada ise, ağ sigmoid fonksiyonu ve geri beslemeli ağ kullanılarak eğitime tabi tutulmuştur. Yapay sinir ağları yönteminde de regresyon analizinde kullanılan 2002-2016 yıllarını kapsayan veriler dikkate alınarak MATLAB programı ile tahmin yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen tahmin değerlerinden aynı formüller kullanılarak hata değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan hata değerleri Tablo 2’ de ve yapay sinir ağları yöntemi ile bulunan elektrik tüketiminin tahmin değerleri Şekil 4’te gösterilmiştir

YSA Hata Değerleri	
MAPE	8,308186819
MSE	9.837.133.227

**Tablo 2.** YSA hata sonuçları



**Şekil 4.** 2002-2016 yılları için YSA ile öngörülen ve tahmin edilen verilerin karşılaştırılması

#### IV.SONUÇ

Enerji sektörü için öngörü sağlayabilme için tahmin yapabilmek ve tahminde kullanılacak yöntemi doğru seçebilmek çok önemlidir. İdeal olan tahmin, hatası en az olacak şekilde hesaplanan tahmindir. Az maliyetli, talebe karşılık verebilecek enerjinin üretilebilmesi için tahmin yöntemi güvenilir olmalı ve doğru sonuçlar vermelidir.

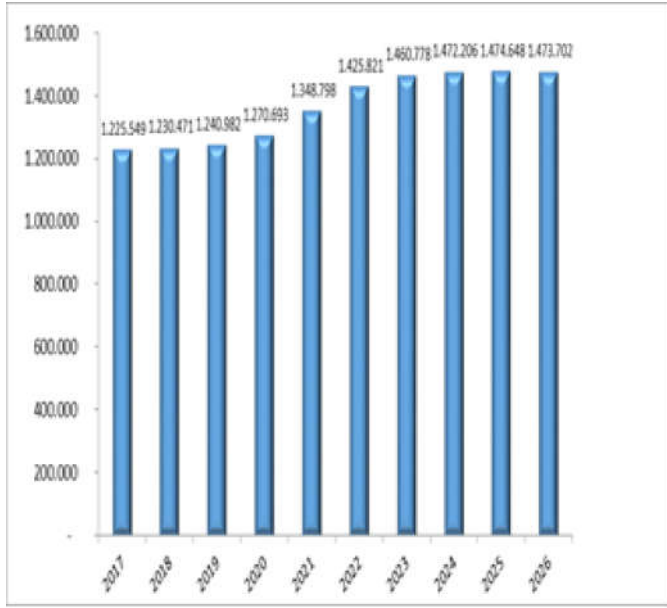
Bu çalışmada tahmin yöntemleri incelenerek yapay sinir ağları ve regresyon yöntemi seçilmiştir Hesaplanan hatalar

Hata Değerleri	Regresyon Analizi	YSA
MAPE	10,56843037	8,308186819
MSE	13.720.395.712	9.837.133.227

kıyaslandığında yapay sinir ağının daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Hata değerleri Tablo 3’te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 3.** Regresyon analizi ve YSA yöntemlerinin hata değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada ayrıca regresyon analizi kullanılarak Elazığ ili için abone sayısı, nüfus miktarı ve kayıp kaçak ve elektrik tüketimi 2017-2026 yılları için hesaplanarak bulunan değerler yapay sinir ağına veri olarak girilmiş ve bu yıllar için elektrik tüketim tahmini yapılmıştır. 2017- 2026 yılları için hesaplanan elektrik tüketimi tahmin değerleri Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. YSA ile 2017-2026 yılları elektrik tüketiminin tahmini

[13] Kalogirou, S. A., "Applications of artificial neural networks in energysystems." Energy Conversion and Management 40.10: 1073-1087. 1999.

## REFERENCES

- [1] Oğurlu, Hayri, (2011) Matematiksel Modelleme Kullanarak Türkiye'nin Uzun dönem Yük Tahmini
- [2] Kankal, M., Akpınar, A., Kömürcü, M.İ. ve Özşahin, T.Ş., "Modeling and forecasting of Turkey's energy consumption using socioeconomic and demographic variables", Applied Energy, Cilt 88, No 5, 1927-1939, 2011.
- [3] Sözen, A. ve Arcaklıoğlu, E., "Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey", Energy Policy, Cilt 35, No 10, 4981-4992, 2007.
- [4] Sözen, A., Arcaklıoğlu, E. ve Özkaymak, M., "Turkey's net energy consumption", Applied Energy, Cilt 81, No 2, 209-221, 2005.
- [5] Geem, Z.W. ve Roper, W.E., "Energy demand estimation of South Korea using artificial neural network", Energy Policy, Cilt 37, No 10, 4049-4054, 2009.
- [6] Ekonomou, L., "Greek long-term energyconsumption prediction using artificial neural networks", Energy, 35 : 512-517 (2010).
- [7] Tankut Yalçınöz, Erdem Saadettin, Eminoğlu Ulaş, Yapay Sinir Ağları ile Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini
- [8] Balcı H.Esener Işıklı İ. ve Kurban M., "Regresyon Analizi Kullanarak Kısa Dönem Yük Tahmini", ELECO '20122, Bursa
- [9] Yalçınöz T., Karadeniz Y., Yücel İ., "Niğde Bölgesi için Elektrik Yük Tahmini", ELECO'2000,sayfa 8-12, Bursa, 2000.
- [10] Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J, Neter, J., Li, W. (2005), Applied Linear Statistical Models, Fifth Edition, The McGraw-Hill/Irwin Series, p. 1420.
- [11]Kaysal K, "Doğrusal ve doğrusal olmayan yük tahmini algoritmalarının Güney ilçesi için performanslarının karşılaştırılması." Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 2013.
- [12]Hamzaçebi C., Kutay F. 2004 "Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini", Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, 227-233