

## Yük Tahmini İçin Hibrit (YSA ve Regresyon) Model

Fatih Onur Hocaoğlu, \*Kübra Kaysal, Ahmet Kaysal

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Afyonkarahisar

### Özet

Teknolojinin hızla gelişmesi enerji sektöründe yük tahminini gerekli kılmıştır. Bu sebepten birçok yük tahmini yöntemi geliştirilmiş ve geleceğe dönük veriler elde edilmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde büyük ölçekli bölgelere ağırlık verilip küçük ölçekli bölgeler için fazla çalışma yapılmamıştır. Bu da tahmini etkileyen faktörlerin detaylı araştırılmamasına sebep olmuştur. Bu çalışmada küçük bir bölgenin (Güney ilçesi) yük tahmini, literatürde en çok kullanılan yük tahmini yöntemleri (YSA ve Regresyon) ile yapılmış olup ayrıca daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi için hibrit sistem kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** YSA, regresyon, hibrit

## Hybrid Model for Load Forecasting (ANN and Regression)

Fatih Onur Hocaoğlu, Kübra Kaysal, Ahmet Kaysal

Afyon Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Electric Engineering, Turkey

Due to the developments on energy industry, load forecasting has become a very critical issue. Therefore a number of studies were performed to develop innovative and intelligent models. However it is also important to determine the possible factors that effects load forecasting. For big regions this is a difficult task. On the other hand for micro regions such as Güney region used in this study, it is possible to observe and determine the factors that affect load demands. In this study for this aim most common models such as Neural Networks and regression models are selected and load forecasting is performed for the region. As a further study these models are used in a hybrid hierarchy to improve forecasting accuracy.

**Keywords:** NNs, regression, hybrid

### 1. Giriş

Teknolojinin hızla gelişmesi insanoğlunun enerji ihtiyacını arttırmış olup, günümüz insanını bu ihtiyacını karşılayabilmesi için üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin geleceğe dönük planlarının yapılmasına teşvik etmiştir. Bu sistemlerin geleceğe dönük planlanması için ise talep edilen yıllık yük miktarı göz önünde bulundurulmalıdır.

Elektrik enerjisinin sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için ihtiyaç olan miktarda üretilmesi gerekmektedir. Bunun için elektrik enerjisinde planlamaya gidilmiştir. Planlamanın temelini ise yük tahmini oluşturmaktadır [1].

Tahmin; geçmiş verileri kullanarak gelecek hakkında yorumlar yapabilmektir. Üç şekilde incelenir. Bunlar; kısa dönem yük tahmini, orta dönem yük tahmini ve uzun dönem yük tahminidir. Gelecek hakkında öngörü yapmak her sektörün yatırım faktörlerini etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Bu sebepten dolayı tahmin yöntemleri ve tahmini etkileyen sebeplerin araştırılması çok daha önem kazanmıştır.

Tahminde önemli olan doğruluk ve güvenilirlik olduğuna göre tahmin için seçtiğimiz yöntem de tahminin güvenilirliği açısından ilk sırada gelmektedir. Tahmin için seçilen yöntem dışında onun güvenilirliğini ve doğruluğunu etkileyen başka

\*Sorumlu Yazar: Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Ana Bilim Dalı, 03950 Afyonkarahisar, Türkiye, Tel: 05428229075, E-mail: kkaysal@aku.edu.tr

dış faktörlerde bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- Tahmin için seçilen yöntem
- Nüfus yoğunluğu
- Mevsimsel değişimler
- Endüstriyel kuruluşlar
- Toplumun örf ve adetleri
- Şehrin yapısı ve büyüklüğü
- Geçmiş veriler
- Turizm

Bu faktörlere göre Güney ilçesinin rakımı 830, yüz ölçümü 534 km<sup>2</sup> 'dir. Dağlık yerleşim ulaşımı zorlaştırmış olup, tarım alanlarının dışındaki yerleşim engebeli yollara sahiptir. Küçük bir ilçe olması ve ulaşımın zor olması sanayinin gelişmemesine sebep olmuştur. İlçede tek fabrika bulunmaktadır. İlçede tütüncülük ve üzüm yetiştiriciliği ile uğraşmaktadır. Turizm gelişmemiştir. Kışları sert ve soğuk, yazları ise sıcak bir iklime sahiptir. 2011 yılına ait nüfus sayımına göre ilçenin nüfusu 5722 ve Denizli il merkezine 70 km uzaklıktadır. Ayrıca ilçenin 16 km doğusunda Adıgüzel Hidroelektrik Santrali (HES) bulunmaktadır. Santralde her biri 31 MW'lık 2 adet ünite ile enerji üretimi yapılmaktadır.

Doğru tahmine ulaşabilmek için birçok yük tahmini yöntemi geliştirilmiş ve uygulamaya aktarılmıştır. Wu ve arkadaşları kısa dönem yük tahmini yapmışlardır. Bu çalışmada bir hafta önceki yük verileri kullanılarak bir sonraki haftanın tahminini regresyon yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Verilerde mevsimsel değişiklikler de dikkate alınmıştır. Sonuçta bu yöntemin iyi sonuçlar verdiği karar verilmiştir [2].

Fan ve Hyndman Avustralya için kısa dönem yük tahminini yapay sinir ağlarını kullanarak gerçekleştirmişlerdir [3]. Eke 2011'de yapmış olduğu Türkiye'nin orta dönem yük tahminini de yapay sinir ağlarını kullanmıştır [4]. Yamaçlı 2010 yılında Türkiye'nin uzun dönem yük tahminini yapmış ve çalışmasında regresyon analizi, zaman serileri analizi ve yapay sinir ağlarını kullanmıştır [5]. Aynı şekilde Hahn ve arkadaşları üç dönem için de yük tahmini yapmış ve yöntem olarak regresyon analizi, zaman

serileri analizi ve yapay sinir ağlarını kullanmıştır [6]. Ghanberi ve arkadaşları İran için yük tahmini yaparken yapay sinir ağları ve regresyon analizini kullanmıştır [7]. Tolon ve Tosunoğlu yapay sinir ağları ve regresyon analizini kullanarak tahmin yapmışlar ve sonuçlarını kıyaslamışlardır [8]. Mandal ve arkadaşları yük tahminini etkileyen faktörleri araştırarak yapay sinir ağları ile kısa dönem yük tahmini yapmışlardır [9]. Aslan ve arkadaşları Kütahya için uzun dönem yük tahmini yapmışlar ve yapay sinir ağlarını kullanmışlardır [10].

Maturi ve Kioko 2013 yılında Kenya'nın kısa dönem yük tahminini yapmışlardır. Tahmin için yapay sinir ağlarını farklı iterasyonlarda kullanmışlardır. İdeal iterasyonlarda sonuçlar istenildiği gibi çıkmıştır [11]. Daha önceki çalışmada regresyon ve yapay sinir ağları yöntemi ile küçük bir bölgenin yük tahmini yapıp, yöntemler arasında kıyaslama yapılmıştır [12].

Bu çalışmada ise aynı yöntemler hibrit sistem uygulanarak yapılmıştır. Amaç tahminde yapılan hata sonuçlarını daha aza indirip en iyi tahmin sonucunu elde etmek olmuştur.

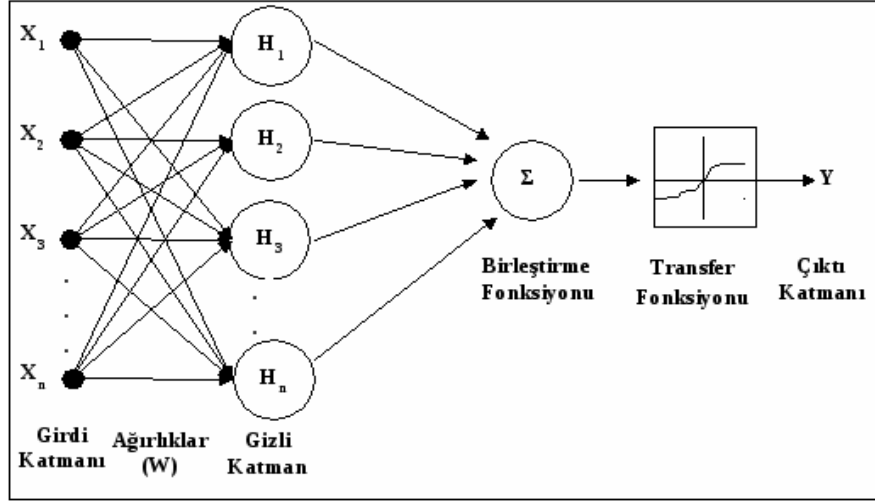
## 2. Materyal ve Metot

Günümüzde tahmin ne kadar önemli ise tahminde kullanılan yöntemlerde doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için o kadar önemlidir. Bu sebepten dolayı yapılan bu çalışmada popüler yük tahmin yöntemleri seçilmiştir. Bunlar yapay sinir ağları ve regresyon yöntemleridir.

### 2.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağı; sinir hücrelerinin birbiri ile katmanlı ve paralel yapısından oluşan insan beyninin tüm işlevlerini makineye sayısal olarak yaptırabilmek için çalışılan modelleme şeklidir. Kısaca yapay sinir ağları insan beyninin modelidir denilebilir [1].

Yapay sinir ağlarının yapısı biyolojik bir sinir hücresi yapısına benzetilebilir. Şekil 1'de basit bir yapay sinir ağı gösterilmektedir.



Şekil 1. Yapay sinir ağı yapısı

Şekil 1'deki yapıya göre giriş olarak  $x$  değerleri seçilmiştir. Her bir giriş kendi ağırlığı olan  $w$  ile çarpılıp toplanmaktadır. Son olarak aktivasyon fonksiyonuna uygulanıp çıkış elde edilmektedir. Açıklamadan yola çıkılarak aşağıdaki formül elde edilmiştir.

$$Y = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

Burada;  
 $Y$ , Çıkış değeri  
 $x$ , Giriş değeri  
 $w$ , Katman ağırlığı

Yapay sinir ağları ağ içindeki akışına göre iki şekilde isimlendirilirler. Bunlar ileri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlardır. İleri beslemeli ağlarda giriş çıkış arasında bilgi tek yönlü aktarılırken, geri beslemeli ağda ise uygun ağırlıklar bulunana kadar tekrar bir önceki adıma dönülmektedir. Bu sayede hem ileri hem geri besleme yapılmaktadır. Daha iyi sonuçlar elde edilmesi açısından bu çalışmada geri beslemeli ağ seçilmiştir. Ayrıca aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Sigmoid fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f = \frac{1}{1 + e^{-n}} \quad (2)$$

## 2.2. Regresyon Yöntemi

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi olan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi

belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili gelecek bilinmeyen tahminler yapabilmek için yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model regresyon modeli olarak adlandırılır [12].

İki çeşit regresyon modeli bulunmaktadır. Bunlar tek bağımsız değişkeni olan basit regresyon ve birden fazla bağımsız değişkeni olan çok değişkenli regresyon analizidir. Bu çalışmada, üretimi etkileyen birden fazla faktör bulunduğu için çok değişkenli regresyon analizi kullanılmıştır.

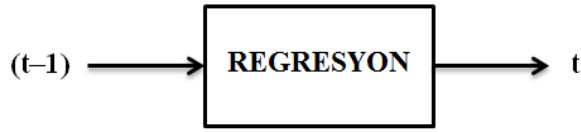
Çoklu regresyon analizinden olumlu sonuç alınabilmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin sayısal olarak ve aynı ölçüm birimiyle ölçülmesi gerekmektedir. Bağımsız değişken seçilirken de kendi aralarında yüksek korelasyona sahip bağımsız değişkenlerden sadece birisi alınmalıdır [12]. Çoklu regresyonda kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (3)$$

- $y$  : Bağımlı değişken
- $a$  : Doğrunun  $y$  eksenini kestiği nokta
- $b_1$  : İlk tahmin değişkeninin  $x_1$  kat sayısı
- $b_2$  : İkinci tahmin değişkeninin  $x_2$  kat sayısı
- $b_n$  :  $n$ . tahmin değişkeninin  $x_n$ . Kat sayısı
- $x_1$  : İlk bağımsız değişken
- $x_2$  : İkinci bağımsız değişken
- $x_n$  :  $n$ . Bağımsız değişken

### 2.3. Regresyon ve Yapay Sinir Ağları ile Yapılan Çalışmalar

Regresyonda yapılan çalışmada en küçük kareler yöntemi kullanılmış olup bağımsız değişken olarak bir saat önceki veriler (t-1) kullanılmıştır ve bir saat sonraki veri (t) tahmin edilmiştir. Elde edilen blok diyagram aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Regresyon analizi blok diyagramı

Elde edilen tahmin verilerinin hataları aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$MSE = \sum_{i=1}^n [y(i) - f(x_i)]^2 \quad (4)$$

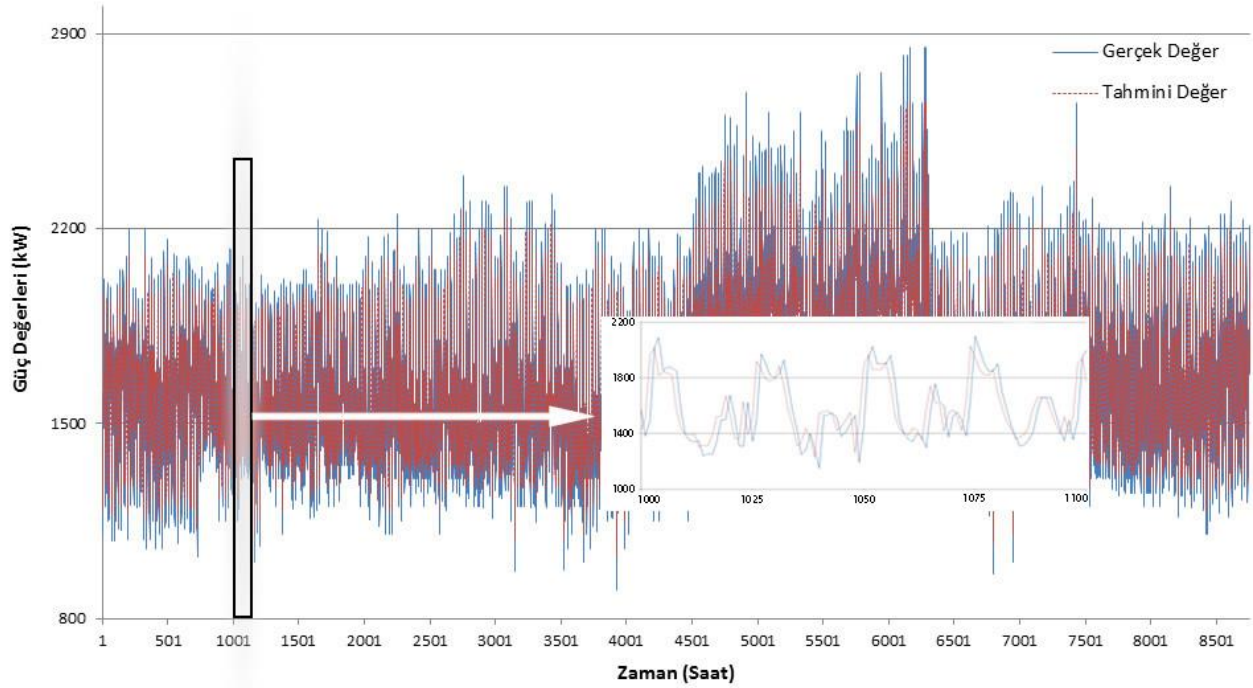
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y(i) - f(x_i)]^2} \quad (5)$$

$y(i)$  : Gerçek değer  
 $f(x_i)$  : Tahmini değer

Yapılan işlemlerden sonra elde edilen hata tablosu, Tablo 1'de ve elde edilen grafik Şekil 3' te verilmiştir.

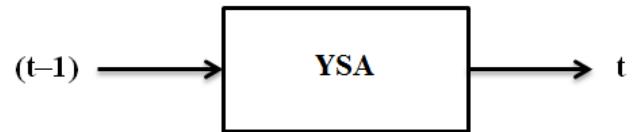
Tablo 1. Regresyon analizi hata sonuçları

Regresyondan elde edilen hata değerleri	
RMSE	162,5724
Bağlı Hata	% 7,4954



Şekil 3. Regresyon analizinden elde edilen tahmin grafiği

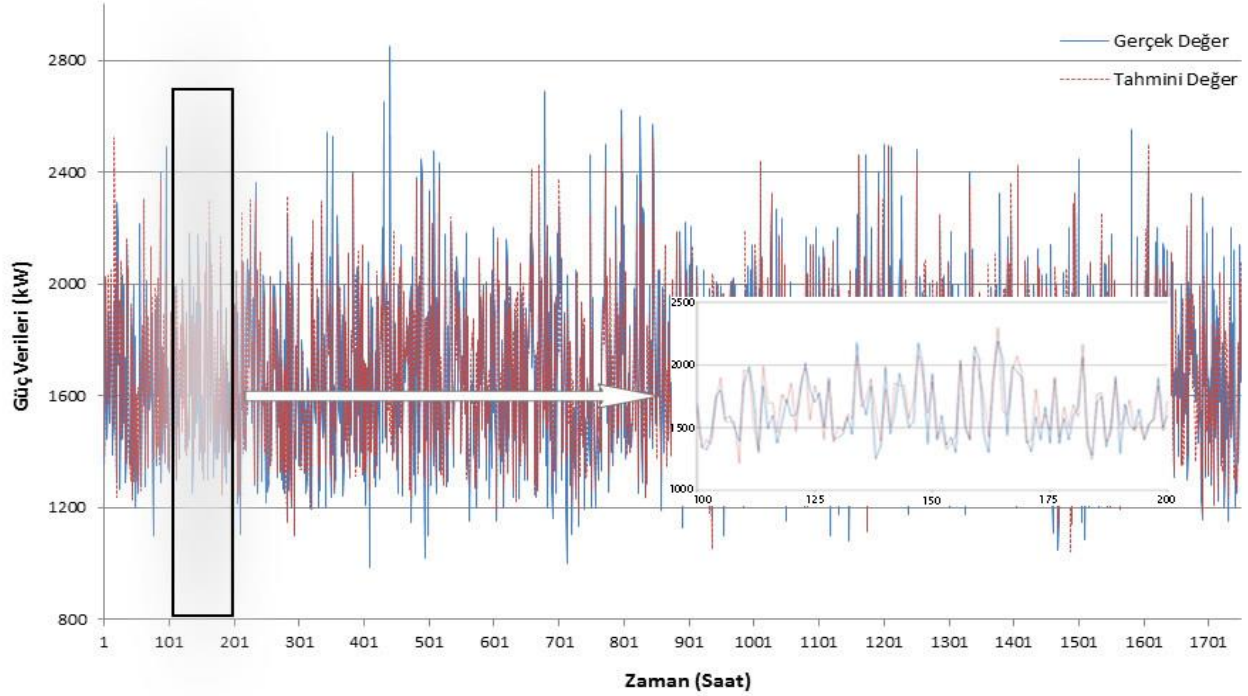
Yapay sinir ağlarında yapılan çalışmada ise geri beslemeli ağ ve sigmoid fonksiyonu kullanılarak ağ eğitime tabi tutulmuştur. Regresyonda olduğu gibi bir saat önceki veriler kullanılarak bir saat sonrası tahmin edilmiştir. Şekil 4'te YSA' dan elde edilen blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 4. YSA blok diyagramı

Elde edilen tahmin değerlerinden hatalar aynı formüllerle hesaplanmıştır. Tablo 2’ de YSA’ dan elde edilen hata sonuçları ve Şekil 5’ te elde edilen grafik sonuçları verilmiştir.

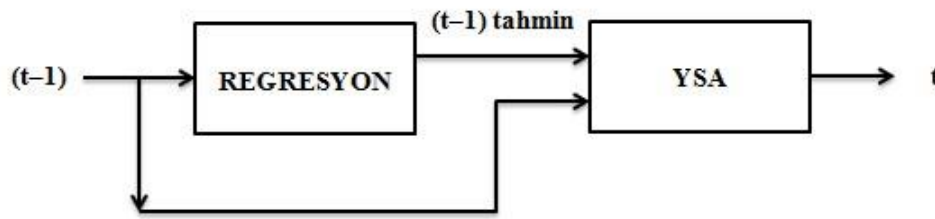
Tablo 2. YSA hata sonuçları	
YSA’ dan elde edilen hata değerleri	
RMSE	151,1923
Bağlı Hata	% 6,6781



Şekil 5. YSA analizinden elde edilen tahmin grafiği

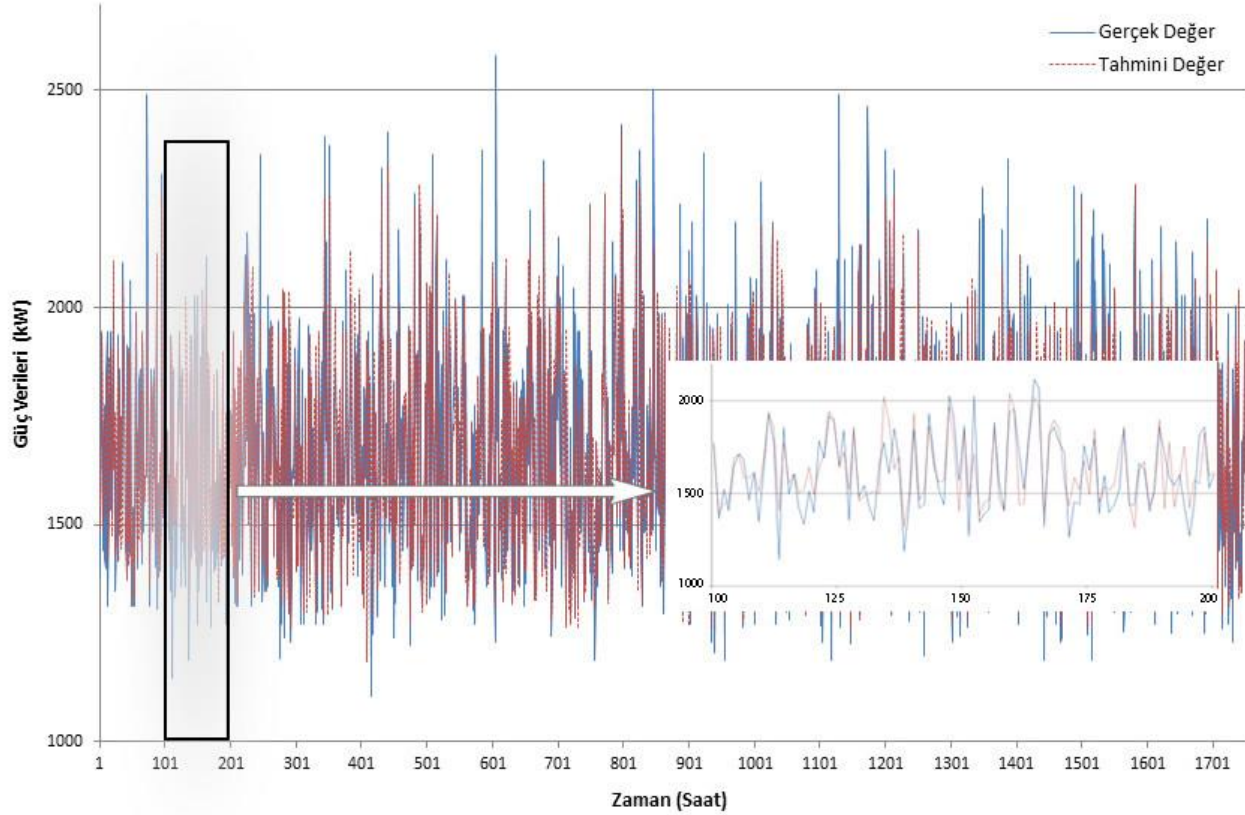
İki çalışmanın sonucu hibrit olarak değerlendirilmiştir. Regresyondan elde edilen sonuçlar ve bir saat önceki veriler yapay sinir ağlarına verilmiştir. Amaç daha iyi tahmin sonucu elde etmek olup hataları azaltmaktır. Bu kısımda regresyon analizinin verilerin genel davranışlarını doğru modelleyeceği öngörülmüştür. Verilerin genel

davranışlarının da YSA yapısına sunulmasının YSA’ nın performansını olumlu etkileyeceği düşünülmüştür. Bu şekilde yapılan sistemin blok diyagramı Şekil 6’ da verilmiştir. Tablo 3’ te hibrit sistemden elde edilen hata sonuçları ve Şekil 7’ de elde edilen tahmin grafiği verilmiştir.



Şekil 6. Hibrit Sistem Blok Diyagramı

Tablo 3. Hibrit sistem hata sonuçları	
Hibrit sistemden elde edilen hata değerleri	
RMSE	117,85
Bağlı Hata	% 5,2644



Şekil 7. Hibrit sistem tahmin grafiği

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Enerji sektöründe tahmin yapmak ne kadar önemli ise tahminde kullanılacak yöntemler de o kadar önemlidir. İdeal olan en yakın tahmin, hatası en az olacak şekilde bulabilmektir. Bu da seçilen tahmin yöntemine bağlıdır. Tahmin yöntemi güvenilir ve doğru sonuçlar verdiği müddetçe maliyeti az, talebe karşılık gelecek şekilde enerji üretilebilir. Aksi takdirde yatırımcıları zarara sürükleyebileceği gibi depo edilemeyen fazla enerji de tehlikeli sonuçlar doğurabilecektir. Yapılan bu çalışmada tahmin yöntemleri incelenmiş, yapay sinir ağları ve regresyon yöntemi seçilmiştir.

İncelenen birçok çalışmada büyük ölçekli bölgelerin yük tahmini yapılmıştır. Yapılan bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan en önemli özelliği, mikro ölçekte tahmin yapılmış ve hibrit sistem kullanılmış olmasıdır. Büyük ölçekli çalışmalarda çok fazla çevresel faktörler incelenememiş olup, farklı bölgelerin özelliklerini taşıyan halk, örf ve adetlerinin de farklılıklar gösterdiğinden dolayı, enerji tüketiminde payının ne olduğu fazla araştırılmamıştır. Fakat çalışma yapılan bu mikro ölçekli bölge için

aynı durum söz konusu değildir. Nüfusun az oluşu, sanayinin çok fazla gelişmemiş olması ve bölge halkının yaklaşık %90'nının yerli nüfustan oluşu, halkın örf ve adetlerinde çeşitlilik olmaması tüketim de çok fazla dalgalanmalara sebep olmamıştır.

Bir tahminde amaç hatayı en aza indirip doğru ve güvenilir bir sonuç elde etmektir. Bu çalışmada daha önce yapmış olduğumuz yapay sinir ağları ve regresyon analizi ile tahmin analizlerinin dışında regresyonda elde ettiğimiz sonuçları YSA'ya uygulayarak hibrit bir sistem oluşturmak olmuştur. Elde edilen hata sonuçları kıyaslandığında ise hibrit sistemin hatasının az olduğu görülmüştür. Bu da tahminin amacına uygun bir çalışma yapıldığını göstermektedir. Tablo 4' te tüm çalışmaların hata sonuçları verilmiştir.

Tablo 4. Tüm çalışmaların hata sonuçları

	Tüm çalışmalardan elde edilen hata değerleri		
	Regresyon	YSA	Hibrit
RMSE	162,5724	151,1923	117,85
Bağıl Hata	% 7,4954	% 6,6781	% 5,2644

Bu anlatılanların ışığı altında incelenen birçok çalışma geniş ölçekli, ülke çapında ya da şehir merkezleri için yapılmış ayrıca seçilen yöntemler tek başına kullanılmış, hibrit sistem pek kullanılmamıştır. Fakat bu şekilde yapılan tahminlerin çok genel amaçlı, hatası yüksek olduğu düşünülürse küçük bölgeler için detaylı bir çalışmanın hibrit sistemde olamadığı görülmüştür.

Verilerin mevsimlere ayrılması ve mevsimsel etmenleri de dikkate alan daha doğru modellerin oluşturulması ileride yapılması düşünülen çalışmalar olarak düşünülmektedir.

### Referanslar

- [1] 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.
- [2] Wu, J., Wang, J., Lu, H., Dong, Y. and Lu, X. "Short-term load forecasting technique based on the seasonal exponential adjustment method and the regression model." *Energy Conversion and Management*, 70: 1-9. 2013.
- [3] Fan, S. and Hyndman, R.J." Short-term load forecasting based on a Semi-Parametric additive model." *IEEE Transactions on Power Systems*, 27: 134- 141. 2012.
- [4] Eke, İ. "Diferansiyel evrim algoritması destekli yapay sinir ağı ile orta dönem yük tahmini." *International Journal of Research and Development*, 3: 28-32. 2011.
- [5] Yamaçlı, M. "Türkiye'nin uzun dönem elektrik yük tahmini." Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2010.
- [6] Hahn, H., Nieberg, S.M. and Pickl, S. "Electric load forecasting methods: tools for decision making." *European Journal of Operational Research*, 199: 902-907,2009.
- [7] Ghanbari, A. Naghavi, A. Ghaderi, S.F. and Sabaghian, M. " Artificial neural networks and regression approaches comparison for forecasting Iran's annual electricity load." *Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 9: 675- 679, 2009.
- [8] Tolon, M. ve Tosunoğlu, N.G. " Tüketici tahmini verilerinin analizi: yapay sinir ağları ve regresyon analizi karşılaştırması." *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10: 247- 259, 2008.
- [9] Mandal, P., Senjyu, T., Urasaki, N. and Funabashi, T. "A neural network based several-hour-ahead electric load forecasting using similar days approach." *Electrical Power and Energy System*, 28: 367-373, 2006.
- [10] Aslan, Y., Yaşar, C. and Nalbant, A. "Electrical peak load forecasting in Kütahya with artificial neural networks." *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11: 63- 74, 2006.
- [11] Moturi, C.A. and Kioko, F.K. "Use of artificial neural networks for short-term electricity load forecasting of Kenya national grid power system." *International Journal of Computer Application*, 63: 25-30, 2013.
- [12] Kaysal, K., Hocaoğlu, F.O., Oğuz, Y. ve Kaysal, A. " Short term load forecasting for a micro region using NNs and regression models." *Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 20, 14042779, 177-180, 2013.