



Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi

Dergiye Geliş Tarihi: 16.01.2013

Yayına Kabul Tarihi: 12.02.2013

Baş Editör: Naim Çağman

Alan Editörü: Levent Gökrem

Bilecik İlinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Basınç, Sıcaklık ve Rüzgâr Hızı Tahmini

Mehmet Recep MİNAZ^{1,a} (mehmetrecepminaz@gmail.com)
Ayhan GÜN^b (gun@dumlupinar.edu.tr)
Mehmet KURBAN^c (mehmet.kurban@bilecik.edu.tr)
Nazım İMAL^c (nazim.imal@bilecik.edu.tr)

^aSiirt Üniversitesi, Siirt Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 56100 Siirt.

^bDumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 43100 Kütahya.

^cBilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 11100 Bilecik.

Özet – Rüzgar hızı ile enerji üretilebilmesinin önem kazanması ile, hızla ve onunla birebir etkili olan basınç ve sıcaklık verilerini tahmin etmek de son derece önemli hale gelmiştir. Bu verilerin tahminlerinin gerçekleştirilebilmesi için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Uyarlanırlı Sinir Bulanık Sistemi (ANFIS) ve doğrusal çoklu regresyon analizi yöntemi, bu çalışmada yer alan tasarım modeli için kullanılmıştır. Tahminlerde kullanılan bu farklı iki yöntem ile hangi yöntemin daha başarılı olduğu ortaya konulmuştur. Rüzgâr hızı ve sıcaklıkta ANFIS, basınç tahmininde ise doğrusal çoklu regresyon analizi yönteminin daha başarılı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, Bilecik ili için rüzgar hızı, sıcaklık ve basınç tahmini içermektedir. Bilecik iline ait 2000-2009 yılları arasındaki sıcaklık, basınç ve rüzgar hızı verileri alınarak, 2010 yılı için değerler tahmin edilmiştir. Sonrasında, 2010 yılına ait gerçek değerler ile önceden tahmin edilen değerler karşılaştırılmıştır. Elde edilecek tahminler doğrultusunda, rüzgar enerjisi sağlayan sistemlerin, değişen atmosferik şartlara hızlı uyumluğunun sağlanması hedeflenmektedir. Çalışmada elde edilen veriler, Bilecik ili ve çevresinde rüzgar enerjisinden yararlanmak isteyenler için referans olacak şekilde hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler – ANFIS, regresyon, rüzgâr hızı.

Estimation of Pressure, Temperature and Wind Speed of Bilecik Using Different Methods

Abstract - With the increase in the importance of energy produced in wind speed, the speed with the same degree of importance, pressure and temperature data to estimate has become extremely important. Estimates for the realization of

¹Sorumlu Yazar

this data, are used in a variety of models. Linear Multiple Regression Analysis and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) methods are used for design model used in this thesis. With these two different methods used to estimate, which put forward the method to be more successful. For the wind speed and temperature, ANFIS, for the pressure in estimation. Linear Multiple Regression Analysis method was seen to be more successful. In this study, for the province of Bilecik, wind speed, temperature and pressure estimates are obtained. Posses to Bilecik province, using data between the years 2000-2009 of the temperature, pressure and wind speed data, values were estimated for the year 2010. Thereafter, by 2010, predicted values were compared with actual values. According to forecasts will be achieved, provides wind energy systems, rapid adaptation to changing climatic conditions are be attained. The data obtained with this study, for Bilecik province and around will be a reference who wants to take advantage of wind energy.

Keywords -

ANFIS, regression, wind speed.

Received: 16.01.2013

Accepted: 12.02.2013

1. Giriş

Rüzgâr enerjisinin işlevsel olarak kullanımı antik çağlara kadar dayansa da elektrik üretmek amacıyla ilk denemeler 1800'lerin sonunda 1900'lerin başında Amerika'da elektrik mühendisi Charles F. Brush tarafından yapılmıştır. Ardından Danimarka'da meteorolog Poul La Cour ile başlayan rüzgâr türbinin gelişimi ile günümüzdeki rüzgâr türbini kavramına ulaşılmıştır [1]. Günümüz enerji piyasasında rüzgâr enerjisi büyüme potansiyeli olan ve gelişmeye halen açık bir alandır. Bugün dünyada kurulu olan rüzgâr gücü potansiyeli 2010 yılı itibariyle 196.630 MW'a kadar ulaşmıştır. Bu rakamların gelişmeler ve geliştirilen politikalarla birlikte 2015 yılında küresel kurulu gücün 600,000 MW' tan fazla 2020 yılında küresel kurulu gücün 1.500.000 MW' tan fazla olması tahmin edilmektedir [2].

Günümüzde rüzgâr enerjisi ile enerji üretilmesinin önem kazanması rüzgâr ile ilgili birçok çalışmanın kapılarını açmıştır. Bundan dolayı rüzgâr hızı ile birebir etkili olan verilerin tahmini için çalışmalar yapılmaktadır. Bulanık modeller kullanılarak yapılan tahminlerini iyi sonuçların verdiği aşığıda verilmektedir.

Castellanos ve James rüzgâr hızını saatlik tahmin etmek için ANFIS kullanarak yaptıkları çalışmada çok iyi sonuçlar elde etmiştir [3]. Sachdeva ve Verma Hindistan mühendislik okulunda bulanık mantık kullanarak yük tahmini yapılmıştır. Sistem giriş parametreleri günlük minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, mevsim, günlük kapasite, yağmur ve nem olarak, çıkış parametresi ise yük değeri olarak alınmıştır [4]. Abraham ve Nath Avustralya'nın Victoria eyaletindeki elektrik enerjisi talebini için, her yarım saatte bir alınan on aylık verilerle ARIMA, ANN ve Neuro-Fuzzy modelleri kullanarak tahmin yapmıştır. Neuro-fuzzy modelin diğer modellere göre en iyi sonucu verdiği görmüşlerdir [5]. Alturki Arabistan'ın Riyad şehri için yapmış olduğu elektrik enerjisi orta ve uzun vadeli talebini tahmin etmek için "A Fuzzy Neural Approach for Forecasting Peak Power Demands" isimli çalışmadır. Bu çalışmada ARIMA, ANN ve Neuro- Fuzzy modelleri kullanılarak yapılmıştır. Neuro-Fuzzy modelin diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [6].

Bu çalışmasında enerji üretiminde kullanılan rüzgar hızı, rüzgar hızını etkileyen basınç ve sıcaklık değerlerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilecek tahminler

doğrultusunda, rüzgar enerjisi üreten sistemlerin, değişen atmosferik şartlara hızlı uyumluluğu hedeflenmektedir. Tahminde ANFIS ve çoklu doğrusal regresyon analiz metodu kullanılmış, hangi metodun daha başarılı olduğu ortaya koyulmuştur.

2. Tahminde Kullanılan Yöntemler

Literatürde birçok tahmin yöntemi olmasına karşın bu çalışmada istatistik yöntemlerden biri olan doğrusal çoklu regresyon modeli ve ANFIS modeli kullanılmıştır.

2.1. Uyarlanırlı sinir bulanık çıkarım sistemi (ANFIS)

ANFIS uyarlanırlı ağların, işlevsel olarak bulanık çıkarım sistemine eşdeğer olan bir sınıfıdır. ANFIS denetleyicilerin bazı özellikleri;

- Öğrenme yeteneği
- Paralel işlem
- Yapılandırılmış bilgi temsili
- Diğer denetim tasarım yöntemleriyle daha iyi bütünleşme şeklinde verilebilir.

Şekil 1 ANFIS yapısının genel gösterimidir ve ilgili katmanlardaki çıktı hesaplamaları ve eğitim denklemleri aşağıda verilmektedir.

Altı katmandan oluşan ANFIS'te, her katmandaki sinirler aynı işlemleri içerirler. İkinci katmandaki sinir sayısı, bulanık kural sayısını göstermektedir. Katmanların özellikleri aşağıda verilmektedir [10].

1. Katman: Bu kademedeki her düğüm, giriş sinyallerin diğer katmanlara aktarıldığı giriş düğümleridir. Bu düğümde herhangi bir toplam ya da etkinlik işlevi kullanılmamaktadır.

2. Katman: Bu katmandaki her bir düğüm A_i ve B_i gibi bir bulanık kümeyi ifade eder. Bu katmandaki düğümlerin çıkışı giriş örneklerine ve kullanılan üyelik işlevine bağlı olan üyelik dereceleridir. Bu düğümlerden elde edilen üyelik dereceleri veya düğüm çıkışları Eşitlik 1 deki gibidir.

$$\begin{aligned} \alpha_i^2 &= \mu_{A_1}(x) \\ \alpha_{i+2}^2 &= \mu_{B_1}(y), \quad i=1,2,3,\dots,n \end{aligned} \quad (1)$$

İki farklı düğüm çıkışı vardır. Bunun nedeni ağın iki farklı girişe sahip olmasıdır. Bu katmanda her iki giriş için toplam dört düğüm vardır. Her bir düğümde üyelik işlevi olarak en çoğu 1 ve en azı 0 olan çan eğrisi üyelik işlevleri kullanılır ve sonuç işlevi eşitlik 2 ve 3 te verilmiştir.

$$\mu_{A_1}(x) = \exp\left[\left(\frac{x - m_i}{\alpha_i}\right)\right] \quad (2)$$

$$\mu_{A_1}(x) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x - m_i}{\alpha_i}\right|} \quad (3)$$

Burada m_i ve α_i çan eğrisi şekilli üyelik işlevinin sırasıyla orta noktasını (mean) ve standart sapmasını (standard deviation) gösterir. Bu değişkenler ağ eğitilirken ayarlanır.

3. Katman: Bu katmandaki her düğüm U ile etkilenmiştir ve giren tüm işaretlerin çarpımını gösterir. Düğüm çıkışı eşitlik 4 teki gibi ifade edilebilir.

$$\alpha_i^3 = \mu_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y) \quad i = 1,2,3,\dots,n \quad (4)$$

Her bir düğümün çıkışı bir kuralın ateşleme seviyesini temsil eder. Genelleştirilmiş bulanık ve'yi (and) yerine getiren t-norm operatörlerden herhangi biri, bu katmandaki düğümler için düğüm işlevi olarak kullanılabilir.

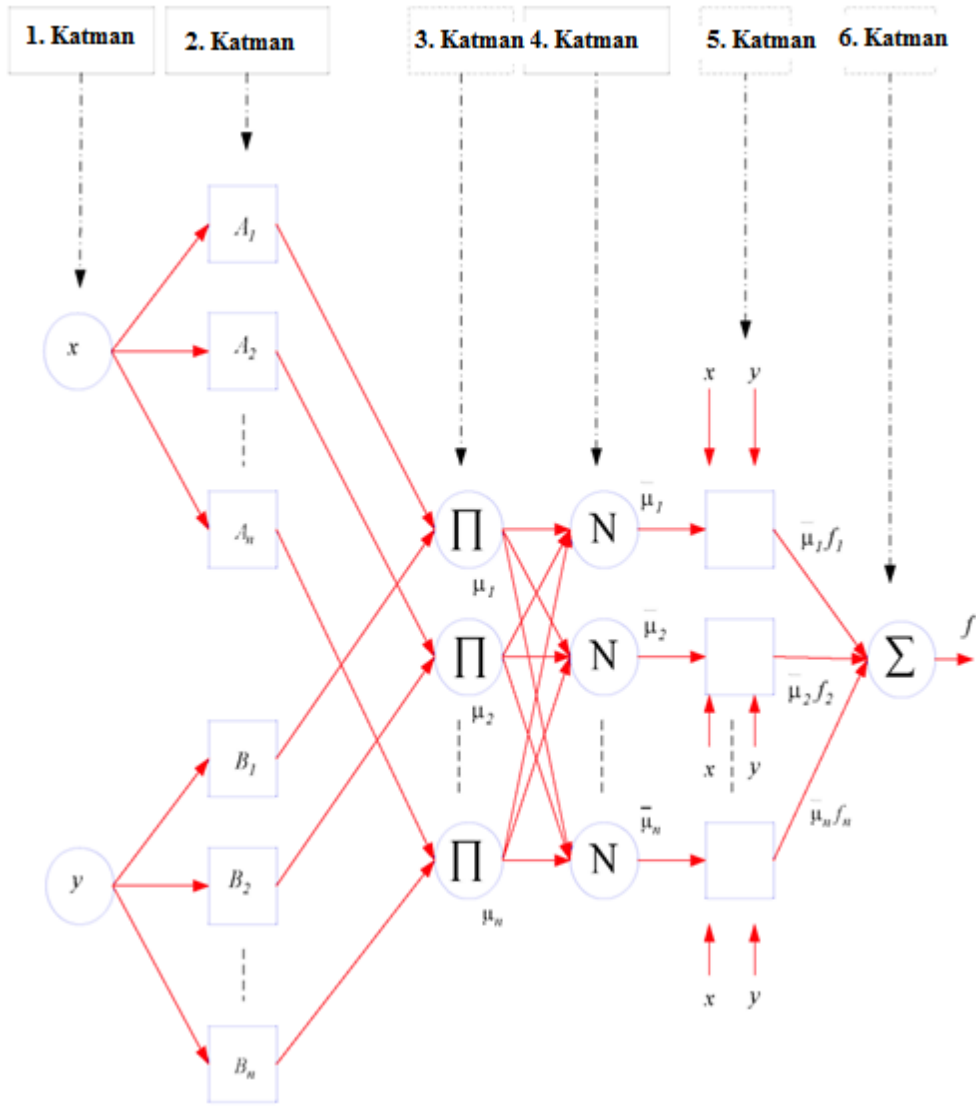
4. Katman: Bu katmandaki her düğüm N ile etiketlenmiştir ve bir kuralın normalleştirilmiş ateşleme seviyesi hesaplanır. Bu eşitlik 5 te görüldüğü gibi, i .düğüm için, i .kuralın ateşleme seviyesinin, bütün kuralların ateşleme seviyelerinin toplamına eşittir.

$$\alpha_i^3 = \bar{\mu}_i = \frac{\mu_i}{\mu_1 + \mu_2} \quad i = 1,2,3,\dots,n \quad (5)$$

5. Katman: Bu katmandaki her i düğümü, düğüm işlevi ile uyarlamalı bir düğümdür. Her i düğümü sonuç ağırlıkları değerlerini hesaplar. Düğüm çıkış işlevi eşitlik 6 daki gibi yazılabilir.

$$\alpha_i^5 = \bar{\mu}_i f_i = \bar{\mu}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (6)$$

Burada $\bar{\mu}_i$, 4. katmanın çıkışıdır ve normalleştirilmiş ateşleme seviyesidir ve p_i, q_i, r_i ayar edilebilmesi için gerekli olan, ayar değişken kümesidir. Bu katmandaki değişkenler sonuç değişkenlere karşılık gelir.



Şekil 1. ANFIS yapısı [11].

6. Katman: Bu katmanda sadece bir düğüm vardır ve Σ ile etiketlenmiştir. Burada, 5. katman çıkışından alınan sinyaller toplanır ve elde edilen sonuç sistemin gerçek çıkışı f değerini verir. Ağın gerçek çıkışı eşitlik 7 de verilmiştir.

$$\alpha_i^6 = f = \frac{\sum_i \bar{\mu}_i f_i}{\sum_i \bar{\mu}_i} \quad (7)$$

Böylece Sugeno bulanık çıkarım modeline işlevsel olarak eşdeğer olan, örnek ANFIS yapısı tanımlanmıştır. Ağın yapısı tamamen sabit değildir. Ağın oluşturulması ve düğüm işlevlerinin görevlerine göre ayrılması, her katmandaki her bir düğümün sağladıklarına ve modüler işlevselliğine göre keyfi olarak seçilebilir.

Sugeno tip ANFIS'ten tsukamoto ANFIS'e kolaylıkla geçilebilir. Genellikle yaygın olarak da bu iki tip kullanılır. Mamdani tip bulanık çıkarıma karşılık gelen ANFIS için, max-min kompozisyonu ve sonuç çıkış için ağırlık merkezi durulama yöntemi ile elde edilir. Fakat bu Sugeno veya tsukamoto tip ANFIS'e göre çok karmaşık ve zordur. Ayrıca öğrenme yeteneğine ve yaklaşım gücüne önemli bir katkıda sağlamamaktadır.

Bütün sonuç değişkenler bir vektör olarak $(p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2)^T$ şeklinde düzenlenir ve eşitlik 8 ile gösterilebilir.

$$f = [\bar{\mu}_1 \bar{\mu}_1 x \bar{\mu}_1 y \bar{\mu}_2 \bar{\mu}_2 x \bar{\mu}_2 y \dots \bar{\mu}_i \bar{\mu}_i x \bar{\mu}_i y] \begin{bmatrix} r_1 \\ p_1 \\ q_1 \\ r_2 \\ p_2 \\ q_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ r_i \\ p_i \\ q_i \end{bmatrix} \quad (8)$$

Sonuç ve üyelik işlevlerine ait değişkenlerin ayarlanmasında geri yayımlı öğrenme algoritması kullanılabilir.

2.2. Doğrusal çoklu regresyon

Doğrusal çoklu regresyon birden fazla değişken (X_1, X_2, \dots, X_n) ile bir bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişkiyi verir. Burada her bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle doğrusal ilişkisi,

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n \quad (9)$$

Şeklinde doğrusal bir katsayısı (b) yerine n tane net veya kısmi regresyon katsayısı ihtiva etmektedir. Bu katsayıların her biri katsayı ile ilgili bağımsız değişkende meydana gelebilecek bir değişkenliğin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon fonksiyonuna varmak için en küçük kareler metodu kullanılabilir.

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (10)$$

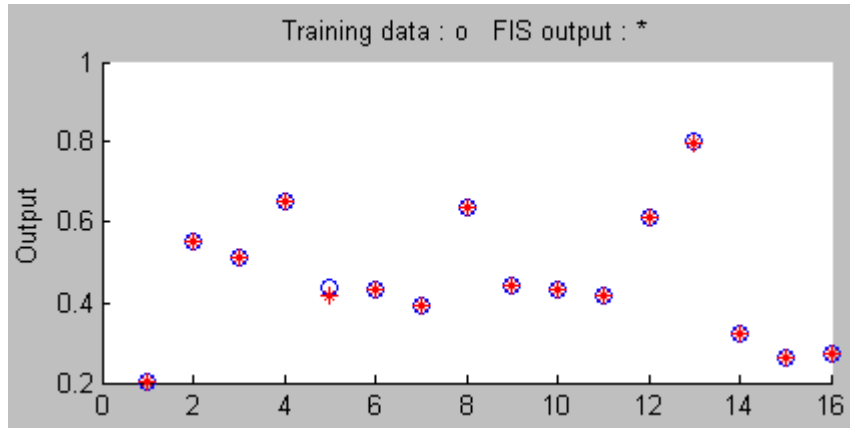
İki bağımsız değişkenin bulunduğu regresyon modelinde parametrelerin tahminlerinde matris işlemlerin kullanılması özellikle standart hataların hesabında kolaylık sağlar. Bir bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon modelinde β_0 ve β_1 parametre tahminleri olan b_0 ve b_1 istatistikleri;

$$\underline{b} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (11)$$

Çözümünden elde edilir. Aynı eşitlik iki ve daha fazla bağımsız değişkenin olduğu modellerde kullanılır [7].

3. Uygulama

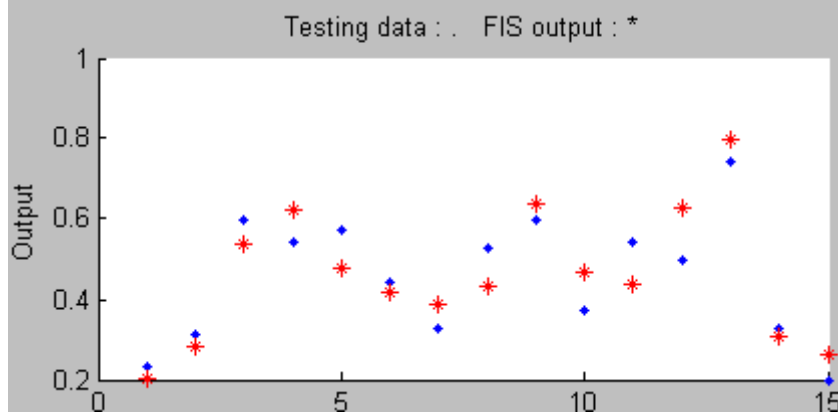
ANFIS ve doğrusal çoklu regresyon yöntemleri kullanılarak basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı tahmini yapılmıştır. Çalışmada, Bilecik iline ait 2000-2010 yılları arasındaki ortalama basınç, ortalama sıcaklık ve ortalama rüzgâr hızı verileri meteoroloji genel müdürlüğünden temin edilmiştir [8]. Veri analizleri için MATLAB bilgisayar paket yazılımındaki ANFIS araç çubuğu kullanılmıştır.



Şekil 2. Eğitim verileri için ANFIS'in bulduğu değerler ile gerçek değerlerin aynı grafikte gösterimi.

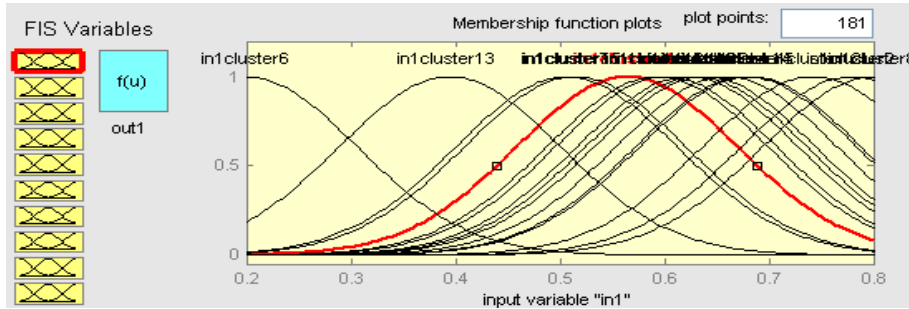
Tahmin edilen değerler ile gerçek veriler birbirleriyle karşılaştırılarak gösterilmiştir. Yapılan analizlerde en düşük hata oranını elde etmek için aşağıdaki uygulamalar ele alınmıştır. 2000-2010 yıllarına ait, elde edilen basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı değişkenleriyle aylık veriler gruplar halinde oluşturulmuştur. Her grup basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı değişkenleriyle birlikte elde edilmiştir. ANFIS uygulamasında 2000-2009 yıllarına ait veriler değerlendirilip 2010 yılı verileri tahmin edilerek, 2010 yılına ait gerçek değerlerle karşılaştırmıştır. ANFIS'te oluşturulan modelde kullanılan küme sayılarının artırılması daha iyi sonuçlar vermesine karşın dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Küme

sayısının artırılması ve girdi verilerinin çok olmasından dolayı işlem süreleri uzamış ve iterasyonlar yavaşlamıştır. Elimizdeki verilere göre hangi üyelik fonksiyonları kullanacağımız ve kaç adet küme seçeceğimiz belli olmadığı için eksiltici kümeleme(subtractive clustering) kullanılmıştır [9]. Bu kümelendirme yöntemi en iyi küme sayısını bulmak için kullanılmıştır. Eksiltici kümeleme kullanılarak otuz altı gruba ayrılan veriler 14-16 küme arasında elde edilmiş ve bu kümeler gauss üyelik fonksiyonuna uygulanmıştır. ANFIS yapısında elde edilen sonuçlar doğrusal çoklu regresyon analiz yöntemiyle karşılaştırılmış ve grafik ortamında gösterilmiştir.



Şekil 3. Test verileri için ANFIS'in bulduğu değerler ile gerçek değerlerin aynı grafikte gösterimi.

Şekil 2 ve şekil 3'de eğitim ve test verileri için ANFIS'in çıkış değerleri ile gerçek değerler birbirlerine oldukça yakındır. Bu grafiklerin hata değerleri %10'nun altındadır.



Şekil 4. Oluşan üyelik fonksiyonları.

Şekil 4'da ANFIS'in öngördüğü gauss üyelik fonksiyonları verilmiştir. Girişlerin herbirinde on altı adet üyelik fonksiyonu, çıkışında ise on altı tane üyelik fonksiyonu vardır.

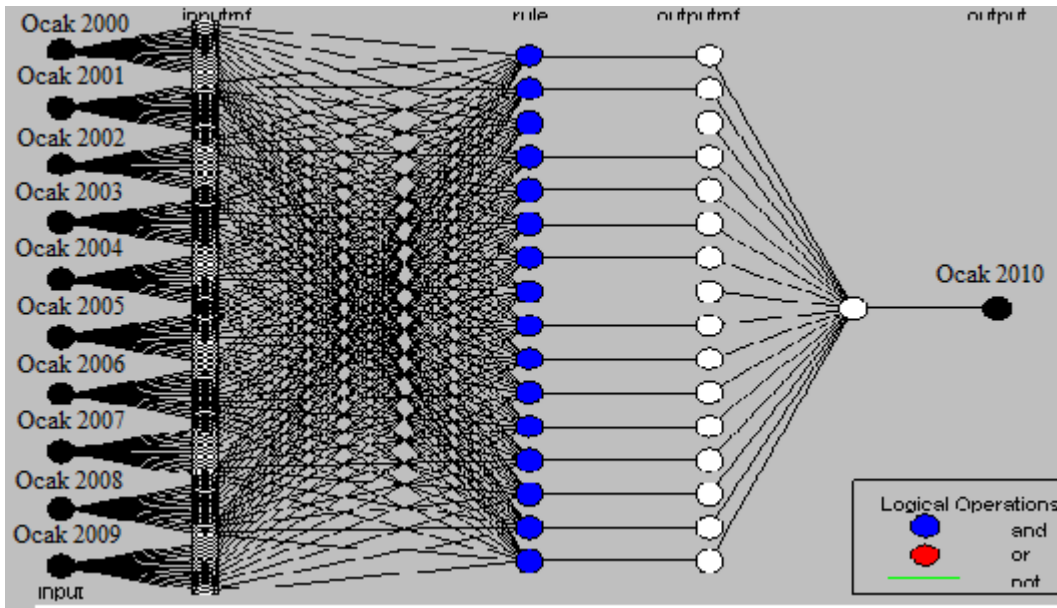
Şekil 4'da üyelik fonksiyonların ön gördüğü, gauss üyelik fonksiyonlarının lineer denklemleri çizelge 1'de verilmiştir. Her bir denklem bir gauss üyelik fonksiyonuna aittir

Şekil 5’de modelde oluşan ANFIS yapısı verilmiştir. On giriş değişkenine karşılık bir çıkış değişkeni elde edilir.

Çizelge 1. ANFIS’in öngördüğü gauss üyelik fonksiyonlarının lineer denklemleri.

Giriş Değişkeni	Katsayılar	Çıkış denklemi
X	$[\sigma \quad c]$	Y
ocakIn1cluster1	[0.1061 0.5641]	$y = e^{-\frac{(x-0,5641)^2}{-0,0225}}$
ocakIn1cluster2	[0.1061 0.7793]	$y = e^{-\frac{(x-0,7793)^2}{-0,0225}}$
.	.	.
.	.	.
aralıkIn10cluster16	[0.0966 0.6667]	$y = e^{-\frac{(x-0,6667)^2}{-0,0187}}$

ANFIS modeli kullanılarak elde edilen hata değerleri çizelge 2’de sunulmuştur. Çizelge 2 incelediğimizde basınç tahmininde regresyon modelin, sıcaklık ve rüzgar hızı tahmininde ANFIS modelin daha az hata verdiği görülmüştür.



Şekil 5. Oluşan ANFIS yapısı.

ANFIS çıktıları ile gerçek değer karşılaştırmalarında hata oranı %10’nun altındadır. Doğrusal çoklu regresyon tekniğinde basınç değerlerinin hata oranı ile 7, 8 ve 9. ayın sıcaklık hata değerlerin ANFIS’te elde edilen hata değerine göre daha azdır. Rüzgar hızı, 7, 8 ve 9. ayın dışındaki diğer aylarda hata oranı %10’nun oldukça üstündedir.

Çizelge 2. ANFİS ve regresyon modelinden 2010 yılı için elde edilen hata hatalar.

Kullanılan Yöntem	Hata Cinsi	OCAK			TEMMUZ		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0075	0.0086	0.0082	0.0071	0.0081	0.0092
	RMSE	0.0864	0.0927	0.0903	0.0845	0.0899	0.0959
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.9594	0.2785	0.0000	0.0024	0.0226
	RMSE	0.0050	0.9795	0.5277	0.0022	0.0488	0.1503
		ŞUBAT			AĞUSTOS		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0033	0.0028	0.0038	0.0087	0.0074	0.0086
	RMSE	0.0579	0.0530	0.0615	0.0932	0.0858	0.0929
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.2462	0.2061	0.0000	0.0034	0.0172
	RMSE	0.0046	0.4962	0.4540	0.0070	0.0580	0.1313
		MART			EYLÜL		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0043	0.0094	0.0088	0.0089	0.0075	0.0066
	RMSE	0.0654	0.0968	0.0940	0.0945	0.0868	0.0811
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.0773	0.0553	0.0000	0.0051	0.0221
	RMSE	0.0042	0.2780	0.2351	0.0022	0.0712	0.1485
		NİSAN			EKİM		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0088	0.0097	0.0085	0.0099	0.0090	0.0079
	RMSE	0.0936	0.0984	0.0924	0.0994	0.0946	0.0887
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.0185	0.0596	0.0037	0.0229	0.1250
	RMSE	0.0028	0.1361	0.2442	0.0612	0.1512	0.3535
		MAYIS			KASIM		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0065	0.0090	0.0096	0.0097	0.0089	0.0099
	RMSE	0.0807	0.0947	0.0977	0.0983	0.0945	0.0997
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.0155	0.0347	0.0000	0.0347	0.0890
	RMSE	0.0022	0.1244	0.1862	0.0035	0.1862	0.2983
		HAZİRAN			ARALIK		
		Basınç	Sıcaklık	Hız	Basınç	Sıcaklık	Hız
ANFIS Model	MSE	0.0046	0.0090	0.0079	0.0084	0.0091	0.0090
	RMSE	0.0678	0.0947	0.0891	0.0916	0.0953	0.0947
Regresyon Model	MSE	0.0000	0.0119	0.0289	0.0000	0.9616	0.7635
	RMSE	0.0024	0.1089	0.1701	0.0029	0.9806	0.8738

4. Sonuç

Bu çalışmada 2000-2009 yılları arasındaki Bilecik ilinin meteoroloji müdürlüğünden alınan günlük ortalama basınç, sıcaklık ve rüzgâr hız verileri değerlendirilerek 2010 yılının rüzgar hız tahmini yapılmıştır. Yapılan analizlerde ANFIS ve doğrusal çoklu regresyon tekniği kullanılmıştır. Basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı değerleri tahmin edilmiştir.

Bu modeller uygulanırken on yılın her ayı bir grup olarak belirlenmektedir. Her grupta basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı üç bölüme ayrılarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan otuz altı grubun her biri için analizler yapılarak grafik ortamında gösterilmiş olup ve gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Çizelge 1’de görüldüğü gibi ANFIS modeli ile yapılan tahminlerde rüzgâr hızı ve sıcaklık RMSE değerleri %10’nun altında olduğu görülmektedir. Basınç parametresi tahmininde doğrusal çoklu regresyon tekniğinin ANFIS’e oranla daha iyi sonuçlar verdiği, sıcaklık parametresi tahmininde Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının yine doğrusal çoklu regresyon yöntemiyle iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Sıcaklığın diğer aylardaki değerleri ve bütün aylardaki rüzgâr hızı değerlerinin ANFIS modeli daha etkindir.

Bu karşılaştırmalar sonucunda ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında çok büyük bir farklılığın olmadığı ve bu tahmin sonuçlarının gerçek değerler yerine kullanılabileceği öngörülmüştür. Özellikle sıcaklık ve rüzgâr tahmininde ANFIS modelin kullanılmasının daha etkin bir yöntem olduğu, yaptığımız analizler sonucunda ortaya çıkmıştır. Basınç tahmininde ise doğrusal çoklu regresyon tekniğinin kullanılması daha uygun olduğu görülmüştür.

Çalışmada elde edilen verilerle rüzgâr türbinlerinde elde edilecek enerjinin önceden tespit edilerek enerji güvenilirliğinin artışı, sisteme girebilecek rüzgâr kaynaklı aşırı zorlamalar önceden öngörülerek sistem güvenliğini sağlayacaktır.

Bu çalışma Bilecik iline ait basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri tahmini için kullanılmasına karşın aynı yöntem ile farklı bir bölgenin herhangi bir gündeki basınç, sıcaklık ve rüzgar hızları tahmin edilebilir. Ayrıca rüzgâr enerjisi sağlayan sistemlerin, değişen atmosferik şartlara hızlı uyumluğunun sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışma geliştirilerek hem şehirselleşen hem de bölgesel tahminlerde yapılabilir.

Kaynaklar

- [1] Gary L. Johnson, Wind Energy Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
- [2] WWEA, World Wind Energy Association Report 2011, WWEA Head Office, Bonn, Germany, 2011.
- [3] Castellanos, F. ve James, N., Average Hour Wind Speed Forecasting with ANFIS, 11th Americas Conference on Wind Engineering, San Juan Puerto Rico, June 22-26 2009
- [4] Sachdeva S., Verma C.M., Load Forecasting using Fuzzy Methods, Yamuna Nagar, Haryana, IEEE, INDIA, (2008).
- [5] Abraham, A. ve Nath, B., A neuro-fuzzy approach for modelling electricity demand in Victoria, Elsevier, Applied Soft Computing 1., Churchill, Australia, 127–138, (2001).
- [6] Alturki, F.A., A Fuzzy Neural Approach for Forecasting Peak Power Demands, J. King Saud Univ., Eng. Sci. (1), Vol. 14, Riyadh, Saudi Arabia, 29-40, (2000).

- [7] Unver, Ö. ve Gamgam H., Uygulamalı Temel İstatistik Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2008.
- [8] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 17120'nolu Gözlem evi, Bilecik, Ankara, 2011.
- [9] Chiu, S., Fuzzy Model Identification Based on Cluster Estimation, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, Vol. 2, No. 3, (1994).
- [10] Cetisli, B., El Yazısı Karakter Tanıma: Dalgacık moment özniteliklerinin yenilenen ANFIS ile sınıflandırılması, Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Şubat 2005.
- [11] Gün, A., Yetersiz Uyarımlı Bir Elektromekanik Sistem Gerçeklenmesi ve Denetimi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2007.