



Tüketici Fiyat Endeksinin Uyarlamalı Ağa Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi ile Kestirimi

SERENAY VAROL*
serenay.varol@tuik.gov.tr

Özet: Son yıllarda zaman serisi tahmini için birçok alternatif yöntem önerilmiştir. Uyarlamalı ağa dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) öngörü problemi için literatürde en çok uygulanan bulanık çıkarım sistemidir. Bu çalışmada tüketici fiyat endeksinin kestiriminde ANFIS'in performansı incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda ANFIS yöntemi ile ilgilenilen zaman aralığındaki tüketici fiyat endeksinin kestiriminde ulaşılan sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bulanık çıkarım sistemleri, Zaman serileri, ANFIS.

Giriş

Son yıllarda bulanık küme teorisine dayanan tahmin yöntemleri literatürde sıklıkla kullanılmıştır. ANFIS öngörü problemleri için kullanılır fakat orjinal olarak öngörü problemleri için önerilen bir yöntem değildir. ANFIS ilk Jang tarafından önerilmiştir.¹ Bulanık çıkarım sistemine dayanan bir kural vardır ve ANFIS'de iki kritik süreç vardır. Bunlar, kuralların belirlenmesi ve girdi ve çıktı üyelik fonksiyonlarının parametrelerinin tahmin edilmesidir. Kuralların belirlenmesi ızgara bölümlenme yöntemi ile gerçekleştirilir. Girdi ve çıktı üyelik fonksiyonlarının parametrelerinin tahmin edilmesi geri yayılım öğrenme algoritması ile yapılır.² ANFIS ile ilgili literatürdeki bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Literatürde Chen ve Zhang genel uyum ANFIS yöntemini önermiştir.³ Chatterjee ve Watanabe öncül ve ardıl kısımları eğitmek için parçacık sürü optimizasyonunu kullanmıştır.⁴

Chang, ANFIS ve lineer olmayan genelleşmiş otoregresif koşullu değişen varyans modeli için karma yaklaşım önermiştir.⁵ Yun radyal temel fonksiyon ağının ve AN-

* İstatistikçi, Türkiye İstatistik Kurumu.

1 J. S. R. Jang, *ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference system* (IEEE Trans On system, Man and Cybernetics, 1993), 665-685.

2 Erol Eğrioğlu vd., *A New Adaptive Network Based Fuzzy Inference System For Time Series Forecasting*, 2013

3 D. W. Chen ve J. P. Zhang, *Time Series Prediction Based On Ensemble ANFIS* (Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou, 2005).

4 A. Chatterjee ve K. Watanabe. *An optimized Takagi-Sugeno type neuro-fuzzy system for modeling robot manipulators* (Neural Computing and Applications, 2005), 15, 55-61.

5 B. R. Chang, *Resolving the forecasting problems of overshoot and volatility clustering using ANFIS coupling nonlinear heteroscedasticity with quantum tuning* (Fuzzy Sets and Systems, 2008), 159, 3183-3200.

FIS'in karma metodunu önermiştir.⁶ Shoorehdeli öncül kısmı eğitmek için parçacık sürü optimizasyonunu ve ardıl kısımları eğitmek için tekrarlı en küçük kareler yöntemini kullanmıştır.⁷

Cheng öngörü problemi için birleştirilmiş ANFIS modelini önermiştir.⁸ Moreno hidrolik bitki üretimi tahmini için ANFIS ile otoregresif bütünleşik hareketli ortalama modelini ve çoklu regresyon modelini karşılaştırmıştır.⁹ Catalao parçacık sürü optimizasyonu ve dalgacık dönüşümüne dayanarak karma ANFIS modelini önerir.¹⁰ Li genetik algoritmaya dayalı ANFIS'i önermiştir ve ANFIS'deki kümeleme verisi için genetik algoritmayı kullanmıştır.¹¹ Lohani nehir akıntısı verisi için ANFIS ile otoregresif model ve çok tabakalı algılayıcıyı karşılaştırmıştır.¹² Pousinho en uygun üyelik fonksiyonu parametrelerini tahmin etmek için parçacık sürü optimizasyonunu kullanmıştır.¹³

Chang,¹⁴ Li¹⁵ ve Wei¹⁶ zaman serilerinin tahminlerini elde etmek için ANFIS yöntemini uygulamıştır.

Bu çalışmada ikinci ve üçüncü bölümde; bulanık küme, klasik küme tanımlanıp bu iki küme arasındaki fark ve üyelik fonksiyonlarının özellikleri anlatılıp üyelik fonksiyonları türleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü ve beşinci bölümde; bulanık mantık teorisi kullanılarak oluşturulan bulanık çıkarım sisteminin aşamaları ve sistemin çalıştırılması ve Takagi-Sugeno anlatılmıştır. Altıncı bölümde; uyarlamalı ağa dayalı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve çalışma mekanizması anlatılmıştır. Son bölümde ise, tüketici fiyat endeksinin kestiriminde uyarlamalı ağa dayalı bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) performansı incelenmiştir.

6 Z. Z. Yun vd., *RBF Neural Network and ANFIS-Based Short term load forecasting Approach in Real-Time Price Environment*(IEEE Transaction on Power Systems, 2008), 3,23,853-858.

7 M. A. Shoorehdeli vd., *Identification using ANFIS with intelligent hybrid stable learning algorithm approaches and stability analysis of training methods* (Applied Soft Computing, 2009), 9, 833-850.

8 C. H. Cheng, L. Y. Wei ve Y. S. Chen. *Fusion ANFIS Models based on multi-stock volatility causality for TAIEX forecasting* (Neurocomputing, 2009), 72, 3462-3468.

9 J. Moreno, *Hydraulic plant generation forecasting in Colombian power market using ANFIS* (Energy Economics, 2009), 31-450-455.

10 J. P. S. Catalao, H. M. I. Pousinho ve V. M. F. Mendes. *Hybrid Wavelet-PSO-ANFIS Approach for Short-Term Wind Power Forecasting in Portugal* (IEEE Transaction on sustainable Energy, 2011), 50-59.

11 K. Li, *Forecasting building energy consumption using neural networks and hybrid neuro-fuzzy system: A comparative study* (Energy and Buildings, 2011), 43-2893-2899.

12 A.K. Lohani, R. Kumar ve R. D. Singh. *Hydrological time series modeling: A comparison between adaptive neuro-fuzzy, neural network and autoregressive techniques* (Journal of Hydrology, 2012), 23-35, 442-443.

13 H. M. I. Pousinho, V. M. F. Mendes ve J. P. D. Catalao, *Short term electricity prices forecasting in a competitive market by a hybrid PSO-ANFIS Approach* (Electrical Power and Energy Systems, 2012), 29-35-39.

14 J.R. Chang, L.Y. Wei ve C.H. Cheng, *A hybrid ANFIS model based on AR and volatility for TAIEX forecasting* (Applied Soft Computing, 2011), 11, 1388-1395.

15 K. Li, *Forecasting building energy consumption using neural networks and hybrid neuro-fuzzy system: A comparative study* (Energy and Buildings, 2011), 43-2893-2899.

16 L.Y. Wei, *A GA-weighted ANFIS model based on multiple stock market volatility causality for TAIEX forecasting*. Applied Soft Computing, 2013.

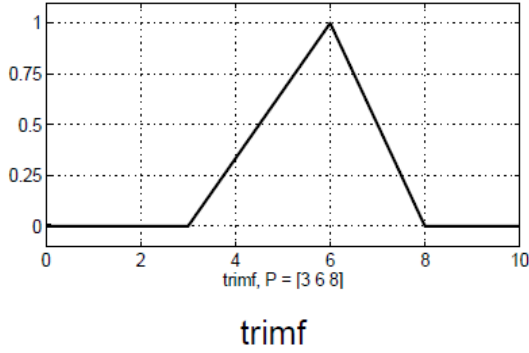
1. Klasik Küme - Bulanık Küme

Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Hiç bir zaman kısmi üyelik olmaz. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Bulanık kümelerde, elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz sayıda değişebilir. Kesin kümelerdeki soğuk-sıcak, hızlı-yavaş gibi ikili değişkenler bulanık mantıkta biraz soğuk, soğuk, biraz sıcak, sıcak gibi esnek niteleyicilerle gerçek dünyaya benzetilir.¹⁷

2. Üyelik Fonksiyonları ve Türleri

Bulanık kümelerin bulanıklığı üyelik fonksiyonları ile gösterilir. Üyelik fonksiyonunda bulanık kümenin her elemanı için bir üyelik derecesi bulunur.

2.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu



Şekil 1. Üçgensel üyelik fonksiyonu

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & , x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x \leq c \\ 0 & , c \leq x \end{cases} \quad (2.1)$$

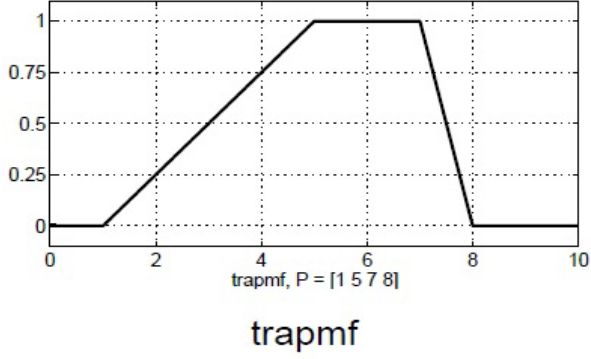
ya da

$$f(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.2)$$

olarak ifade edilir.

¹⁷ Mustafa Özkan, *Bulanık Hedef Programlama* (Bursa: Ekin Kitabevi, 2003), 2-140.

2.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu



Şekil 2. Yamuk üyelik fonksiyonu

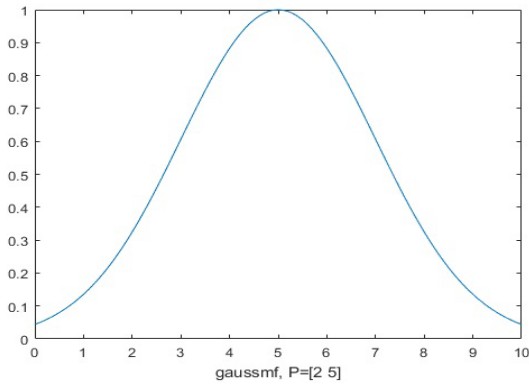
$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & , c \leq x \leq d \\ \frac{d-x}{d-c} & , b \leq x \leq c \\ 0 & , d \leq x \end{cases} \quad (2.3)$$

ya da

$$f(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (2.4)$$

olarak ifade edilir.

2.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu

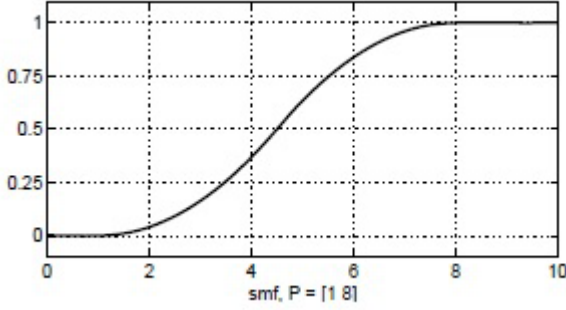


Şekil 3. Gauss üyelik fonksiyonu

c, σ parametreler olmak üzere;

$$f(x; \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.5)$$

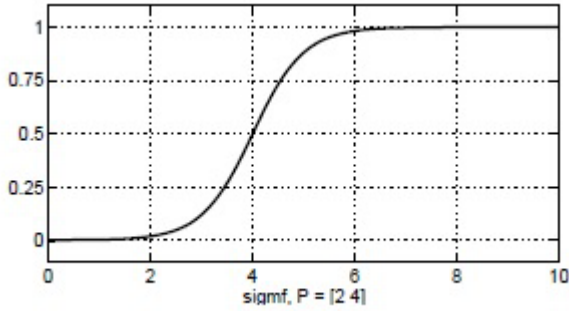
2.4. S Biçimli Üyelik Fonksiyonu



Şekil 4. S biçimli üyelik fonksiyonu

$$f(x;a, b) = \begin{cases} 0 & , x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & , a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & , \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 & , x \geq b \end{cases} \quad (2.6)$$

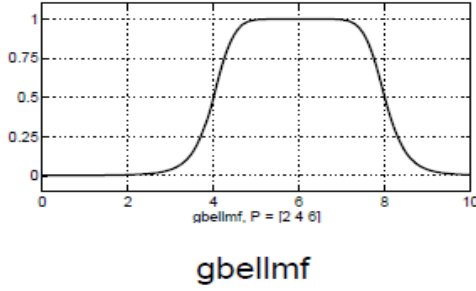
2.5. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu



Şekil 5. Sigmoidal üyelik fonksiyonu

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1 + \exp(-a(x-c))} \quad (2.7)$$

2.6. Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu



Şekil 6. Çan şekilli üyelik fonksiyonu

$$f(x;a,b,c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (2.8)$$

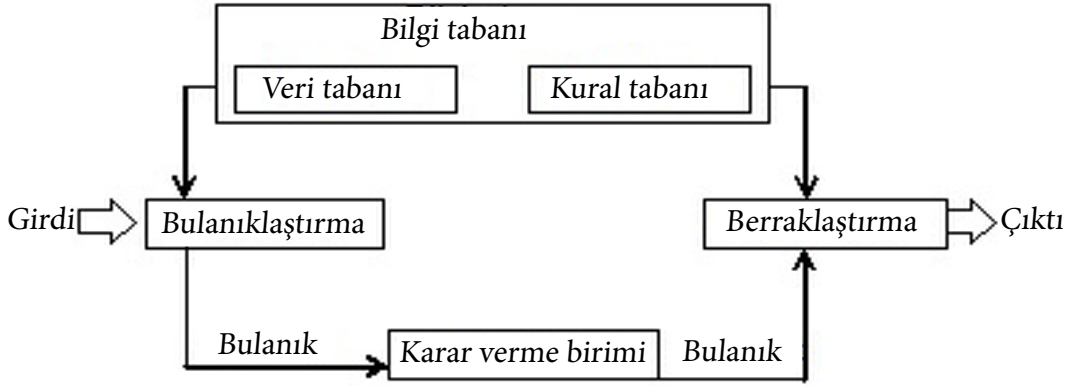
3. Bulanık Çıkarım Sistemi, Oluşturulması ve Çalıştırılması

Bulanık kurallar üzerine bulanık mantık uygulanarak elde edilen ifadelere bulanık çıkarım denir. BÇS, uygun kurallar ile formüle edilir ve bu kurallara dayalı karar verilir.

BÇS, IF-THEN kurallarına bağlıdır. Temel BÇS; bulanık girdi ya da bulanık olmayan girdilerle çalışır, ancak daima bulanık çıktılar üretir. BÇS, denetleyici olarak kullanıldığında bulanık olmayan çıktılara ihtiyaç olabilir. Bu durumda bulanık kümeyi en iyi temsil edecek kesin değeri bulmak için berraklaştırma uygulanır.

Bulanık çıkarım sistemi; bulanıklaştırma, kural tabanı, veri tabanı, karar birimi ve berraklaştırma ara yüzlerinden oluşur. BÇS, 5 fonksiyon bloğu ile tanımlanır.

- 1)Kural tabanı: Bulanık IF-THEN kuralları dizisini içerir.
- 2)Veri tabanı: Bulanık kurallardaki bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlar.
- 3)Karar verme birimi: Kurallar üzerinde çıkarım işlemleri gerçekleştirir.
- 4)Bulanıklaştırma: Bulanık olmayan girdileri bulanıklaştırır.
- 5)Berraklaştırma: Bulanık sonuçlar kesin çıktılara dönüştürülür.



Şekil 7. Bulanık çıkarım sistemi

Bulanık çıkarım sisteminin çalışmasında ilk olarak bulanık olmayan girdi bulanıklaştırma yöntemi kullanılarak bulanığa dönüştürülür. Daha sonra bulanık kural tabanı oluşturulur. Kural tabanı ve veri tabanı birlikte bilgi tabanı olarak isimlendirilir. Berraklaştırma ile bulanık değer reel değere dönüştürülür.¹⁸

4. Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemi

Sugeno bulanık modeli, bir girdi-çıktı veri setinden bulanık kurallar üreten bir sistem yaklaşımını resmileştirmek amacıyla Takagi, Sugeno ve Kang tarafından önerilmiştir. Sugeno bulanık modelinde tipik bulanık kural;

IF x is A AND y is B THEN $z = f(x,y)$ formundadır.

Eğer $f(x,y)$ birinci dereceden polinom ise model birinci dereceden Sugeno bulanık modeli adını alır.

Eğer f , sabit ise sıfırıncı derece Sugeno bulanık modeli elde edilir.

Sugeno modelindeki tipik bir kural;

IF input 1=x AND input 2=y THEN $z=ax+by+c$

Sıfırıncı derece Sugeno bulanık modelinde $a=b=0$ 'dır.

Her bir kuralın z_i . Çıktı seviyesi kuralın gücü w_i ye göre ağırlıklandırılır.

Örneğin girdi 1=x ve girdi 2=y ile AND kuralı için;

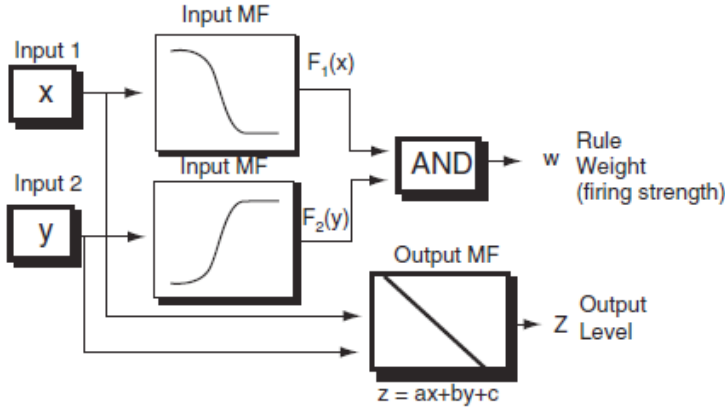
$w_i = \text{AndMethod}(F_1(x), F_2(y))$

Sistemin son çıktısı;

$$\text{Sonçıkı} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (4.1)$$

¹⁸ Çetin Elmas, *Yapay Zeka Uygulamaları* (Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2007), 185-350.

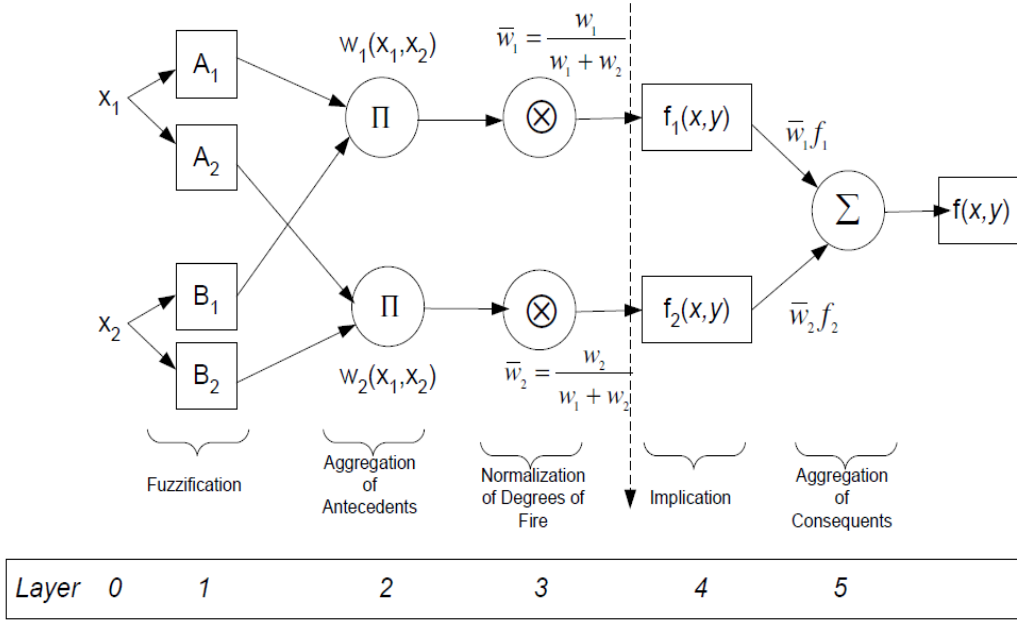
Sugeno kuralının¹⁹ tanıtımı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 8. Sugeno kuralı

5. Uyarlamalı ağız dayalı bulanık çıkarım sistemi

Sugeno bulanık çıkarım sisteminin sinir ağı yapısındaki gösterimine ANFIS denir. 2 girdili ve 2 kurallı bir Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminin ANFIS yapısında gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 9. 2 girdili ve 2 kurallı Sugeno tipi bulanık çıkarıma eşdeğer ANFIS mimarisi

Sistemdeki kurallar;

Kural 1 :EĞER $X_1 = A_1$ ve $X_2 = B_1$ ise O HALDE $f_1 = P_1X_2 + Q_1X_1 + r_1$

19 T. Takagi ve M. Sugeno. *Fuzzy identification of systems and its applications to modelling and control* (IEEE Trans., On system, Man and Cybernetics, 1985), 116-132.

Kural 2 :EĞER $X_1 = A_2$ ve $X_2 = B_2$ ise O HALDE $f_2 = P_2X_1 + Q_2X_2 + r_2$

Eşitlikte $i=1,2$ için , X_i 'ler girdi değişkenlerini, f_i çıkış değişkenini, A_i ve B_i bulanık kümeleri, $P_i, Q_i, r_2 \in R$ eleman olmak üzere sonuç değişkenleridir.²⁰

ANFIS mimarisi içerisindeki her katmana ait düğüm işlevleri ve dolayısıyla katmanların işlevleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1. katman: Bu katman girdilerin gösterildiği katmandır. Bu katmana girdi katmanı da denir.

2. katman: Bu katmandaki her düğüm girdiler için tanımlanan üyelik fonksiyonlarıdır. Bu katmanın girdileri sistemin girdileri ,çıktıları ise üyelik değerleridir. Şekil 8.1' de $w = \mu \mu$ üyelik değerleridir.

$$\mu_{A_1}(x_1) = \exp \left\{ -\frac{x_1 - m_1}{\sigma_1} \right\} = O_1^2$$

$$\mu_{A_2}(x_1) = \exp \left\{ -\frac{x_1 - m_2}{\sigma_2} \right\} = O_2^2$$

$$\mu_{B_1}(x_2) = \exp \left\{ -\frac{x_2 - m_3}{\sigma_3} \right\} = O_3^2$$

$$\mu_{B_2}(x_2) = \exp \left\{ -\frac{x_2 - m_4}{\sigma_4} \right\} = O_4^2$$

$O_i^j = j$. katmandaki i . düğümün çıktısı

Burada m_i ve σ_i Gauss üyelik fonksiyonunun parametreleridir.

3. katman: Bu katmandaki her düğüm bir çarpım işlemini gösterir.

$$O_1^3 = \mu_{A_1}(x_1)\mu_{B_1}(x_2) = \mu_1$$

$$O_2^3 = \mu_{A_2}(x_1)\mu_{B_2}(x_2) = \mu_2$$

4.katman: Bu katmanda normalleştirme işlemi uygulanır. Kuralların normalleştirilmiş ateşleme seviyesi hesaplanır.

$$O_1^4 = \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} = \overline{\mu_1}$$

$$O_2^4 = \frac{\mu_2}{\mu_1 + \mu_2} = \overline{\mu_2}$$

20 S. N. Sivanandam, S. Sumathi ve S.N. Deepa, *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB* (Springer, 2007).

5. katman: Bu katmanda f_1 'ler hesaplanır ve normalleştirilmiş kuralların ateşleme seviyesi ile çarpılır.

$$O_1^5 = \overline{\mu}_1 f_1$$

$$O_2^5 = \overline{\mu}_2 f_2$$

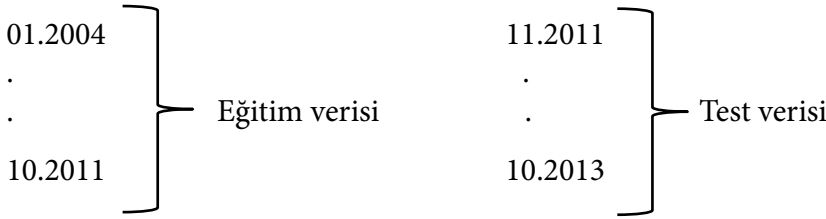
6.katman: Ağın çıktısı f değeri hesaplanır.

$$O^6 = f = \overline{\mu}_1 f_1 + \overline{\mu}_2 f_2$$

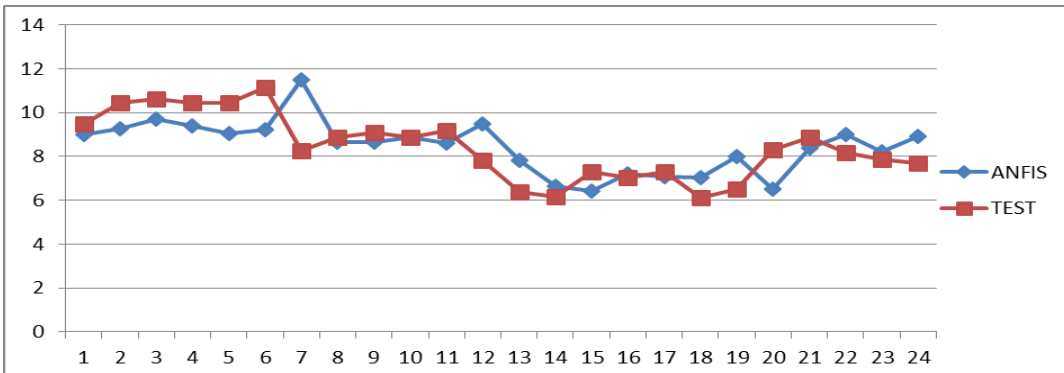
ANFIS verilen girdi ve çıktı değişkenlerinin eğitimini de yapan bir yazılımdan ibarettir.²¹

6. Uygulama

Bu çalışmamızda amaç ANFIS yöntemi ile tüfe verileri için tahmin sonuçları elde etmektir. Uygulamada TCMB'den elde edilen veri setinde 24 test verisi, 94 eğitim verisi kullanılmıştır. Test ve eğitim verilerinin kapsadığı dönemler;



ANFIS'in uygulamasında "Matlab Fuzzy Logic Toolbox" kullanılmıştır. Bulanık çıkarım sistemi modelini başlangıç için oluşturmada ve kuralları belirlemede "grid partition" yöntemi kullanılmıştır. Girdiler için 2,3,4 ve 5 dilsel sayısı olmak üzere, 6 farklı üyelik fonksiyonu için ortaya çıkan kombinasyonlarda ANFIS çalıştırılmıştır. Verilerin eğitiminde ve testinde en düşük hata 3 dilselin ve «trapmf» üyelik fonksiyonunun kullanıldığı kombinasyonda elde edilmiştir.



Grafik 1. ANFIS ile test verileri için elde edilen tahminlerinin gerçek değerleri ile birlikte grafiği

21 J. S. R. Jang, ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference system (IEEE Trans On system, Man and Cybernetics, 1993), 665-685.

RMSE (Ortalama hata kareleri kökü) ve MAPE (Ortalama mutlak hata yüzdesi) ölçütlerine göre TÜFE verisi için ölçüt değerleri sırasıyla 1,2018 ve 0,1173'tür. Örneğin; 2013 yılının 2. Ayında gerçek enflasyon (TÜFE) değeri 7,03 iken ANFIS yöntemi ile tahmin edilen TÜFE değeri 7,2061'dir. TÜFE değeri 0,1761 hata ile tahmin edilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, ANFIS yöntemi ile TCMB'den elde edilen 10 yılı içeren tüketici fiyat endeksi (TÜFE) verileri için öngörü sonuçları elde edilmiştir. Öngörü yapabilmek için ilgilenilen zaman aralığındaki TÜFE veri seti, test ve eğitim verilerine ayrılarak kullanılmıştır. ANFIS ile elde edilen sonuçlarda test kümesi için elde edilen RMSE ve MAPE değerleri incelenmiştir. RMSE, gözlem değerleri ile tahmin değerlerinin arasındaki standart sapmayı açıklar. MAPE ise tahmin doğruluğunu ölçmede kullanılan istatistiksel bir ölçüttür. Bu çalışmada bu ölçü ANFIS sistemi genel olarak başarılı bir çıkarım sistemi olmasına rağmen, kuralların belirlenmesi ve üyelik fonksiyonlarının seçimi kolay değildir ve bu belirlemeler için her veride çalışan genel sonuçlara ulaşmak zordur. Girdilerin (gecikmeli değişkenlerin) seçimi için belirli bir yöntem yoktur, deneme yanılma yöntemi tercih edilmektedir. Aykırı değer durumunda ANFIS'in performansı üzerine çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Son yıllarda, literatürde tüm problemlerin çözümü için araştırmalar devam etmektedir.²²

Kaynakça

- Catalao, J. P. S., H. M. I. Pousinho ve V. M. F. Mendes. *Hybrid Wavelet-PSO-ANFIS Approach for Short-Term Wind Power Forecasting in Portugal*. IEEE Transaction on sustainable Energy, 2011.
- Chen, D. W. ve J. P. Zhang. *Time Series Prediction Based On Ensemble ANFIS*. Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou, 2005.
- Chang, B. R. *Resolving the forecasting problems of overshoot and volatility clustering using ANFIS coupling nonlinear heteroscedasticity with quantum tuning*. Fuzzy Sets and Systems, 2008.
- Chang, J. R., L. Y. Wei ve C. H. Cheng. *A hybrid ANFIS model based on AR and volatility for TAIEX forecasting*. Applied Soft Computing, 2011.
- Chatterjee, A. ve K. Watanabe. *An optimized Takagi-Sugeno type neuro-fuzzy system for modeling robot manipulators*. Neural Computing and Applications, 2005.
- Cheng, C. H., L. Y. Wei. ve Y-S Chen. *Fusion ANFIS Models based on multi-stock volatility causality for TAIEX forecasting*. Neurocomputing, 2009.
- Eğrioğlu, Erol, Çağdaş Hakan Aladağ, Ufuk Yolcu ve Eren Baş. *A New Adaptive Network Based Fuzzy Inference System For Time Series Forecasting*, 2013.

22 Serenay Varol, "Tüketici Fiyat Endeksinin Uyarlamalı Ağa Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi İle Kestirimi". Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2014.

- Elmas, Çetin. *Yapay Zeka Uygulamaları*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2007.
- Jang, J. S. R. *ANFIS: Adaptive network based fuzzy inference system*. IEEE Trans On system, Man and Cybernetics, 1993.
- Li, K. *Forecasting building energy consumption using neural networks and hybrid neuro-fuzzy system: A comparative study*. Energy and Buildings, 2011.
- Lohani, A. K., R. Kumar ve R.D. Singh. *Hydrological time series modeling: A comparison between adaptive neuro-fuzzy, neural network and autoregressive techniques*. Journal of Hydrology, 2012.
- Moreno, J. *Hydraulic plant generation forecasting in Colombian power market using ANFIS*. Energy Economics, 2009.
- Özkan, Mustafa. *Bulanık Hedef Programlama*, Bursa: Ekin Kitabevi, 2003.
- Pousinho, H. M. I., V. M. F. Mendes ve J. P. D. Catalao. *Short term electricity prices forecasting in a competitive market by a hybrid PSO-ANFIS Approach*. Electrical Power and Energy Systems, 2012.
- Shoorehdeli, M. A., M. Teshnehlav, A. K. Sedigh ve M. A. Khanesar. *Identification using ANFIS with intelligent hybrid stable learning algorithm approaches and stability analysis of training methods*. Applied Soft Computing, 2009.
- Sivanandam, S. N., S. Sumathi ve S. N. Deepa. *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. Springer, 2007.
- Takagi, T. ve M. Sugeno. *Fuzzy identification of systems and its applications to modelling and control*. IEEE Trans., On system, Man and Cybernetics, 1985.
- Varol, Serenay. "Tüketici Fiyat Endeksinin Uyarlamalı Ağa Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi İle Kestirimi". Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2014.
- Wei, Liang-Ying. *A GA-weighted ANFIS model based on multiple stock market volatility causality for TAIEX forecasting*. Applied Soft Computing, 2013.
- Yun, Z., Z. Quan, S. Caixin, L. Shaolan, L. Yuming ve S. Yang. *RBF Neural Network and ANFIS-Based Short term load forecasting Approach in Real-Time Price Environment*. IEEE Transaction on Power Systems, 2008.

Consumer Price Index Forecast with Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

SERENAY VAROL

Abstract: *Alternative methods have been proposed for time series prediction in last years. Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) is the most used fuzzy inference system in literature for prediction problem. In this study, the performance of ANFIS in forecasting consumer price index is examined, and the results of the consumer price index estimation in time period, on which ANFIS method is applied, are interpreted.*

Keywords: *Fuzzy inference systems, Time series, ANFIS.*