

BULANIK SİNİR AĞI İLE ARMA SİSTEM MODELLEME

Nurhan KARABOĞA¹, Mehmet ERLER², Ali DURMUŞ³

^{1,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

²Sivil Havacılık Yüksek Okulu,Uçak Elkt.Elektronik B., Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

¹e-posta : nurhan_k@erciyes.edu.tr

²e-posta: merler@erciyes.edu.tr,

³e-posta: alidurmu@yahoo.com

Anahtar Sözcükler: Sistem Modelleme, ARMA Sistem, Bulanık Sinir Ağı

ÖZET

Sistem modelleme, deneysel yolla elde edilmiş verilerden faydalanarak dinamik sistemlerin modelinin elde edilmesidir. Bu model yardımıyla, sistemin ileriki aşamalarda çıkış işaretinin tahmin edilmesi, birçok alanlarda karşılaşılan problemlerin çözülmesinde oldukça yararlıdır. Sistem modelleme, doğrusal ve doğrusal olmayan sistem modelleme olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışmada yapay sinir ağları(Neural Networks) ve Bulanık (fuzzy) mantığın bileşimi olan Bulanık Sinir Ağı (Neuro-Fuzzy-BSA) ile ARMA (Autoregressive Moving Average-özbağlanımlı ortalama) sistemin modellemesi gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Sistemlerin modellenmesinde kullanılan klasik teknikler, model yapısının ve bazı istatistikî değerlerin yani modelin derecesi, giriş değeri gibi parametrelerin bilinmesi durumunda iyi çözümler sunmaktadır[1]. Bu bilgilerin elde edilmediği durumlarda modelleme performansında düşme yaşanmaktadır. Yapay zeka teknikleri öğrenme, genelleme yapma, kolaylıkla farklı problemlere uygulanabilme, gürültüye karşı toleransları ve hızlı işlem yapabilmelerinden dolayı farklı problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. BSA ise yapay sinir ağı ve bulanık sistemlerin birleşiminden meydana gelmiştir[2]. Bundan dolayı BSA sistemler her iki sisteminde avantajlarını içermekte ve dezavantajlarını yok etmektedirler. Literatürde sistem modelleme için kullanılan birçok algoritma ve uygulamalar mevcuttur. Kullanılan

algoritma ve teknikler, kendine has problemleri çözmek için geliştirildiğinden dolayı, her problem için geçerli çözüm sunmamaktadırlar.

Çalışmanın ikinci bölümünde sistem modelleme, üçüncü bölümünde Bulanık Mantık, dördüncü bölümde Yapay Sinir Ağları(YSA), beşinci bölümde de bu iki yapay zeka tekniğinin bileşimi olan BSA anlatılacaktır. Çalışmanın son bölümünde ise BSA'nın ARMA sistem modelleme uygulaması hakkında bilgi verilerek sonuçlar yorumlanmıştır.

2. SİSTEM MODELLEME

Sistem modelleme, uygulamalarla veya matematik ifadelerle elde edilmiş verilerden faydalanarak sistemlerin modellerinin elde edilmesidir[1]. Sistem modellemede amaç, bilinmeyen bir sistemin transfer fonksiyonunun belirlenmesidir. Bir çok durumda, modellenmenin başlıca amacı, tasarıma yardımcı olabilmektir. Aynı zamanda sistem kazancı ve sistemin dinamik davranışlarının bilinmesi gerektiği durumlarda da modelleme önemli olmaktadır. Uygulamalarda karşılaşılan ayrık zamanlı sistemlerde veri olarak giriş ve çıkış değerlerinin yardımıyla sistemin modellenmesi gerekir. Bu tür sistemler için ARMA modelleme yöntemleri geliştirilmiştir[3]. Genel olarak bu modellerde, giriş dizisi $u[n]$ ile, çıkış dizisi ise $y[n]$ ile ifade edilir. Bu diziler arasında:

$$y[n] = -\sum_{k=1}^p a_k y[n-k] + \sum_{k=0}^q b_k u[n-k] \quad (1)$$

şeklinde doğrusal fark denklemi yazılabilir. Burada, p AR (Autoregressive- öz bağımlı) model derecesini, q MA (Moving Average- ortalama hareket) model derecesini belirtir, a_k ve b_k ise model parametreleridir. Bir ARMA modelin transfer fonksiyonu ele alındığında bütün sıfırların ve kutupların z düzleminde birim dairenin içinde olduğu varsayılır. Burada model parametreleri farklı yaklaşımlar kullanılarak belirlenir. Bu değerlerin aynısını elde etmek model başarımına bağlıdır. Modelleme işleminin temel basamakları aşağıdaki gibi verilebilir:

a. Sistemin girişine herhangi bir işaret (darbe, basamak, sinüs veya rasgele işaretler) uygulanarak, sistemin bu işarete verdiği cevabı çıkış işareti olarak kaydedilir.

b. Sisteme uygun bir model yapısı tespit edilir. Bu model yapısı doğrusal olabileceği gibi, çoğu fiziksel sistemin davranışını gösteren doğrusal olmayan model yapısı da kullanılabilir.

c. Elde edilen modelin parametreleri, bazı istatistiki veya tahmini yöntemlerle belirlenir. Modelleme işleminin en önemli aşaması, bu parametrelerin doğru şekilde belirlenmesidir.

d. Parametreleri belirlenen modelin girişine, sisteme uygulanmış olan giriş işareti uygulanıp, modelden alınan çıkış işareti ile sistemin gerçek çıkışı arasındaki fark bulunur. Eğer fark büyükse, başka bir model yapısı veya yeni bir parametre tespit yöntemi belirlenmesi için b. şıkkındaki işleme geri dönülür. Eğer fark çok küçükse bu model sistemi tanımlamak ve kontrol etmek için kullanılabilir.

3. BULANIK MANTIK

Niteliği tam anlaşılabilen, iyi seçilmeyen, net olmayan şekilde tanımlanan bulanıklık, dereceli üyelik kavramı ile ilk kez 1965 yılında Lütü A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır [3,8]. Bulanık kümeler dayalı olan bulanık mantık genelde, insan düşüncesine özdeş işlemlerin gerçekleşmesini sağlamakla, gerçek dünyada sık sık meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellemede yardımcı olur. Klasik küme teorisinde kesin hatlar vardır ya doğru yada yanlış. Bulanık küme teorisi ise az, sık, orta, düşük, birçok, gibi dilbilimsel yapıları kullanarak dereceli veri modellemesi gerçekleştirmektedir. Kurallar, bulanık sistemin davranışını tanımladığından, bulanık kümeler kendi içerisinde öğrenmektedir. Bulanık küme, kesin

geçişleri elimine ederek belirsizlik kavramının tanımını yeniden verir ve evrendeki bütün bireylere üyelik derecesi değerini atayarak matematik ifadelerle tanımlar. Bulanık kümede her bir elemanın kümeye, üyelik derecesini veren üyelik fonksiyonu vardır. Bulanık kümede üç tip üyelik fonksiyonu vardır; üçgen, yamuk ve parabolik. Üyelik derecesinin değeri sıfır ile bir arasındadır. Bulanık bir uzman sistem geliştirme işlemi beş aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanır [4]:

a. Problemin ve temel dilsel değişkenlerin belirlenmesi,

b. Bulanık kümelerin oluşturulması,

c. Bulanık kuralların belirlenmesi,

d. Bulanık çıkarımı oluşturmak için bulanık kümeler ve bulanık kuralların uzman sistem haline dönüştürülmesi,

e. Sistemin değerlendirilmesi ve düzeltilmesidir.

3.1 BULANIK ÇIKARIM SİSTEMLERİ (FIS- FUZZY INFERENCE SYSTEMS)

Üç çeşit bulanık çıkarım sistemi vardır. Bunlar;

Mamdani, Tsukamoto, Sugeno sistemlerdir [8,13]. Mamdani giriş ve çıkışın tanımlandığı sistemlere Mamdani tipi sistemler denir. Tsukamoto monoton tip yani sürekli azalan yada artan tip üyelik fonksiyonlarının kullanıldığı bulanık çıkarım sistemidir. Sugeno tip sistemlerin temel amacı bulanık sistemlerdeki türev alınabilme ve uzun karmaşık işlem yapma gereksinimini ortadan kaldırmasıdır [5].

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

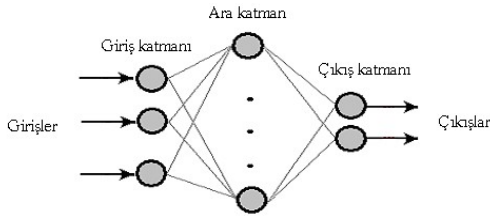
YSA'larının özellikleri:

- Öğrenebilme kabiliyetlerinin olması,
- Gürültüye karşı toleranslı olmaları,
- Genelleme yapabilmeleri,
- Adaptif yapıda olmaları,
- Modellerin donanım olarak gerçekleştirilebilir olması,
- Çeşitli paket programlarının mevcut olması vb. şeklinde sayılabilir.

4.1 YSA YAPILARI

Yapay sinir ağları birçok disipline yeni çözümler sunan zeki bir yaklaşım olarak karşımıza

çıkılmaktadır. YSA'ların birçok farklı yapısı mevcut olup Çok Katlı Perseptronlar (ÇKP), birçok alana uygulanmış bir YSA yapısıdır. Genel olarak bir ÇKP-YSA yapısında giriş katındaki nöronlar tampon gibi davranırlar ve x_i giriş sinyalini ara kattaki nöronlara dağıtırlar. Ara kattaki her bir nöron j 'nin çıkışı, kendine gelen bütün giriş sinyalleri x_i 'leri takip eden bağlantı ağırlıkları w_{ji} ile çarpımlarının toplanması ile elde edilir. Elde edilen bu toplam, bir fonksiyondan geçirilerek çıkış elde edilir. Burada kullanılacak fonksiyon basit bir eşik fonksiyonu, bir sigmoid veya hiperbolik tanjant fonksiyonu olabilir. Diğer katlardaki nöronların çıkışları da aynı şekilde hesaplanır. Şekil 1'de çok katlı bir YSA yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1 Çok katlı YSA yapısı

4.2 ÖĞRENME ALGORİTMALARI

YSA'ları eğitmek için bir çok öğrenme algoritması kullanılabilir. Bu algoritmaların en çok kullanılanları aşağıda verilmiştir:

- Levenberg-Marquardt Algoritması (BP),
- Gradient Azaltmalı Geri Yayılım Algoritması (GDBP),
- Delta-Bar-Delta (DBD),
- Extended Delta-Bar-Delta (EDBD).

Bunların haricinde de birçok eğitim algoritması mevcuttur ancak bu algoritmaların birçoğu probleme özel yapıda oldukları için çözümlenmeleri oldukça zordur. Sonuçların elde edilmesi öğretim işlemine ağırlık dizisine bir başlangıç değerinin atanması ile başlar ve seçilen değerlendirme kriterine bakılarak hedef ve gerçek çıkışlar arasındaki hataların hesaplanmasıyla devam eder. İşlemler bütün veri seti için istenilen hata değerine ulaşıncaya kadar tekrar tekrar uygulanır [9,10,11].

5. BSA

BSA yapay sinir ağları ve bulanık sistemlerin sentezlenmesinden meydana gelen yapay zeka tekniklerinden birisidir. Bulanık mantığın belirsiz bilgileri işleme yeteneğinden ve yapay sinir

ağının öğrenme yeteneğinden yararlanabilmek için bu iki teknoloji değişik yöntemlerle birleştirilmektedir.

Yapay sinir ağı giriş ve çıkış eğitim çiftleri verilen bir statik fonksiyonu öğrenebilmektedir. Öğrenme işlemi, ağ içerisindeki ağırlıkların belirlenmesiyle gerçekleşmekte ve verilen fonksiyona optimal yaklaşım sağlanmaktadır. Yapay sinir ağı bulanık sistemin parametrelerini belirlemek için kullanılmaktadır. Öğrenme aşamasından sonra bulanık sistem yapay sinir ağına ihtiyaç duymadan çalışmaktadır. Sistem eğitim yaparken yapay sinir ağını, karar verme işleminde de bulanık mantığı kullanmaktadır [7,8].

BSA, dört katmandan oluşmaktadır. Bulanıklaştırma katmanı, iki saklı katman, fonksiyon katmanı ve berraklaştırma katmanı. Bulanıklaştırma katmanının girişleri, bulanık çalışma bölgelerini tanımlamak için kullanılan sistem değişkenleridir. Bu katmanda üç tip işlem birimi aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Bunlar; sigmoid, gauss ve ters sigmoid fonksiyonlarıdır [12].

Kural katmanı bulanık çıkarım gerçekleştirmektedir. Bu katmandaki işlem birimleri sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Kural katmanının ilk katmanındaki işlem birimleri girişlerinin her biri bir bulanık kümeye karşılık gelmektedir. Son katmandaki her bir işlem biriminin çıkışı ise çalışma bölgelerinin üyelik fonksiyonları olmaktadır.

Fonksiyon katmanındaki işlem birimleri, bulanık çalışma bölgeleri için azaltılmış dereceli modelleri gerçekleştirmektedir. Her bir işlem birimi bir çalışma bölgesine karşılık gelmektedir. İşlem birimlerinin çıkışları, ağırlıklandırılmış sistem değişkenlerinin toplamıdır. Fonksiyon katmanındaki ağırlıklar, çalışma bölgelerindeki doğrusal modellerin parametreleridir [13,14].

Berraklaştırma işlem biriminin girişi, çalışma bölgeleri ve bu bölgelere ait üyelik fonksiyonlarıdır. Berraklaştırma katmanı, ağırlık yöntemi ile berraklaştırma işlemini gerçekleştirmekte ve ağ çıkışını oluşturmaktadır [15].

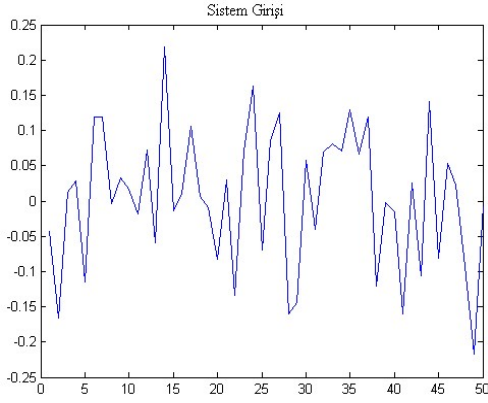
6. UYGULAMA

BSA ile ARMA bir sistem modellenmiştir. ARMA sistemin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi alınmıştır:

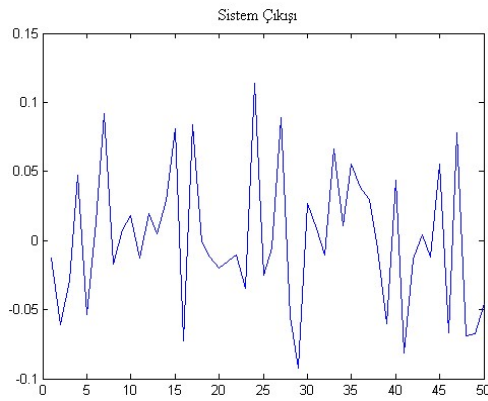
$$H(z) = \frac{0.3 + 0.5 * z^{-1}}{1 + 0.8 * z^{-1} + 0.15 * z^{-2}}$$

Bu çalışma için, örnekleme sayısı 50 olarak alınmıştır. Buna göre sistem giriş ve çıkışı, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

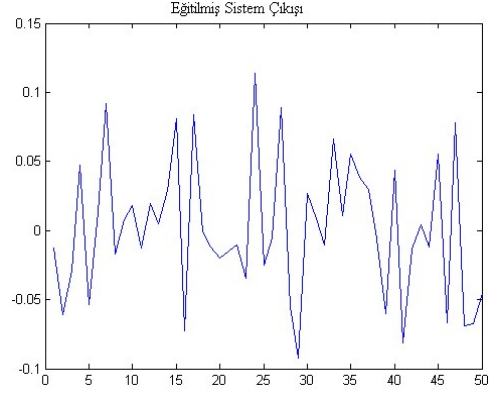
Giriş ve çıkış değerleri verilerek ANFIS (adaptive neuro fuzzy inference system- uyarlamalı bulanık sinir ağı çıkarım sistemi) yapısı eğitilmiştir. Eğitim için 20 epok kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre eğitilmiş sistemin çıkışı Şekil 4'de verilmiştir. Sistem çıkışı ile öğrenmiş sistem çıkışı arasındaki fark Şekil 5'de gösterilmiştir.



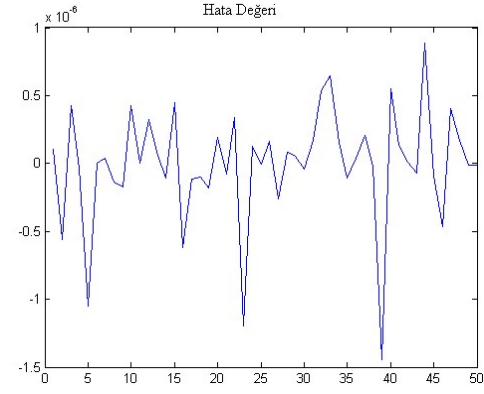
Şekil 2 Sistemin Girişi



Şekil 3 Sistemin Çıkışı



Şekil 4 Eğitilmiş Sistem Çıkışı



Şekil 5 Hata Değeri

7. SONUÇ

Yapay zeka teknikleri öğrenme, genelleme yapma, kolaylıkla farklı problemlere uygulanabilme, gürültüye karşı toleransları ve hızlı işlem yapabilmelerinden dolayı farklı problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantık ve yapay sinir ağının birleştirilmesi birbirlerinin dezavantajını da gidermektedir. Bu çalışmada, YSA tekniklerinden Bulanık Sinir ağı sistemler ARMA sistem modellemeye başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Sistem çıkışı ile öğrenilmiş sistem çıkışı arasındaki fark oldukça küçüktür.

8. KAYNAKLAR

- [1] Robert Babuska, System Identification Englewood CLIFSS, 1997.
- [2] Robert Babuska, Neuro-Fuzzy Methods For Modelling And Identification, Recent Advances in Intelligent Paradigms And Application Vol 13, Iss 5, pp 161-186, 1986.
- [3] Makhoul J., Lineer Prediction, IEEE, Vol 63, pp 561-580, 1988.

- [4] Jyh Shing., Neuro-Fuzzy Modelling and Control, IEEE Control and Simulation Group, Vol 11, pp 133, 1995.
- [5] Bogdan M. Wilamowski., Neuro-Fuzzy Systems And Their Applications, University of Wyoming IECON 98 Vol.1 IEEE 1998.
- [6] P. Srinivasa Babu., Fuzzy Identification And Control Of a Class Of Nonlinear Systems, Indian Institute Of Technology, Vol 3, Iss 15, pp 63-66, 1986.
- [7] Robert Babuska, Neuro-Fuzzy Systems For Rule-Based Modelling Of Dynamic Process” ESIT 2000, pp 14-15, 2000.
- [8] B. Kosko., On Multi-Objective Identification Of Takagi-Sugeno Fuzzy Model Parameters, Systems and Control Engineering Group, pp 16-33, Vol 13 2001.
- [9] S. Chen., S. A. Billings., Neural Networks for Nonlinear Dynamic System Modelling and Identification. International Journal Control, Vol 56, no 2, 1992.
- [10] Povilin B. Nicheles., A Neurofuzzy Network Structure for Modelling and State Estimation of Nonlinear Systems, International Journal Of Systems Science, Vol 28, no.4, pp 335-345, 1997.
- [11] P. Srinivasa Babu., Simplified System Modelling and Design of a Depth Control System Using Fuzzy Logic Department of Marina Production Management, Pukyong National University, 13 July 2000.
- [12] Makhoul J A., Fuzzy Identification Method For Nonlinear System Turk. J. Elec, Vol 8, pp 133, 2000.
- [13] Bogdan M Wilamowski., Fuzzy Modelling and Identification, Katholieke Universiteit Leuven pp 98, Vol 1 IEEE 1998.
- [14] Jaos Vandervo., A Quasi-ARMAX Aproach to Modelling of Non-Linear Systems, International Journal Of Control, pp 23, Vol 11, 2001.
- [15] J. Vierio., A Neurofuzzy Network Structure for Modelling and State Estimation of Nonlinear Systems, International Journal Of Systems Science, Vol 28, no.4, pp 335-345, 1997.