



FAKTÖRİYEL TASARIMA ADAPTİF AĞ TABANLI BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE FARKLI BİR YAKLAŞIM

Sevil ŞENTÜRK

Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 26470, ESKİŞEHİR, e-mail: sdeligoz@anadolu.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.01.2010 Kabul Tarihi: 12.07.2010

ÖZET

Deney planlaması yöntemi Endüstriyel uygulamalarda üretim süreçlerindeki değişkenliği ortaya koymada ve üretim süreçlerindeki etkin faktörleri belirlemede oldukça yaygın kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Ancak “Bulanık Mantık” yaklaşımı ve bulanık küme teorisinde üretim süreçlerindeki değişkenliği ortaya koymada ve üretim süreçlerindeki etkin faktörleri belirlemede kullanılabilecek farklı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS) modeli ile deney planlamasından elde edilen bilgilere ulaşmanın mümkün olup olmayacağı araştırılmak istenmiştir. İki uygulama sonucunda, Deney planlaması ile elde edilen etkin faktörlerin ANFIS modellemesi ile de elde edilebildiği ve ANFIS modellemesinin Deney planlamasından daha küçük hata değerine ulaştığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS), Deney planlaması, Üyelik fonksiyonu*

A DIFFERENT APPROACH TO FACTORIAL DESIGN WITH ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM

ABSTRACT

Experimental design is a statistical method which is commonly used to reveal the variability in and detect the effective factors on production processes. But, “Fuzzy Logic” method and Fuzzy set theory is also rise up as an approach to reveal the variability in and detect effective factors on production processes.

In this study, the aim is to examine the possibility of obtaining the same information from experimental design by ANFIS model. As a result of the two application, it's seem that effective factors obtained from experimental design, be also obtained ANFIS model with smaller error values than experimental design.

Key Words: *Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS), Experimental design, Membership function*

1.GİRİŞ

Bilimsel çalışmalarda incelenen olaylar ve sistemler matematiksel modellerle tanımlanmaktadır. Oluşturulan matematiksel modellerle o olayın veya sistemin gelecekte alacağı durum ve göstereceği davranış biçimi de ortaya konulmaktadır. Ancak günlük yaşantıda karşı karşıya kalınan problemlerin bir çoğu çeşitli sebeplerden dolayı modellenememekte yada kesin bir durumu ifade edememektedir. İşte bu tip problemlerin incelenmesinde ve çözümlenmesinde “Bulanık Mantık Yaklaşımı” kullanılabilmektedir [1].

Bulanık mantığın temeli sözel ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur. Sözel ifadeler ise matematiksel bir temele dayandırılmaktadır. Bu matematiksel temel de bulanık küme teorisi ve bulanık mantık olarak ifade edilmektedir. Bulanık mantık ise bilinen klasik mantık gibi 0 veya 1 olmak üzere iki

seviyeli değil, $[0,1]$ aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir [2]. Bulanık mantık, bulanık mantık küme teorisi, bulanık mantık üyelik fonksiyonları ve bulanık mantık çıkarım sisteminin bir bütünü olarak işlemektedir.

1965 yılında bulanık küme teorisinin ortaya çıkmasıyla bulanık küme teorisi ile bilinen istatistiksel yöntemler, yapılan çalışmalarda birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık mantık ve istatistiksel yöntemler birbirini tamamlayıcı yöntemler olarak da ifade edilmektedir. Bulanık mantıkta istatistiksel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar “bulanık istatistik” (fuzzy statistics) olarak adlandırılmaktadır [3]. Bulanık mantık teknikleri istatistikte, deney planlamasında, zaman serileri analizinde, regresyon çözümlemesinde, olasılık teorisinde, konjoint analizinde, hipotez testlerinde ve bir çok istatistiksel çalışmada kullanılmaktadır. Ayrıca bulanık mantık yaklaşımının kalite kontrol çalışmalarında da mümkün olduğu literatürde yer almaktadır. Burada bilimsel literatürde yayımlanmış olan bazı istatistiksel analizler ve bulanık mantık uygulamaları ile ilgili çalışmalar üzerinde durulacaktır.

Kim ve Park (2002) bu çalışmada istatistiksel bir model olan cevap yüzeyi modeli (Response Surface Models) ile yapay sinir ağları ve bulanık mantığın bir arada kullanıldığı model olan ANFIS modelini karşılaştırmışlardır. Bu iki modelin karşılaştırılmasında ve birbirlerine göre üstünlüklerinin ölçülmesinde ise, RSM modelinin standart sapma değerinden ve ANFIS modelinin standart sapma değeri olan RMSE (Root Mean-Squared Error) değerinden yararlanmışlardır [4]. Yılmaz, Alparslan ve Jain (2004) çalışmalarında bir zamansal öğrenme algoritması ve zamansal ağ tabanlı bulanık model kullanarak, zaman serisi verilerinin tahmini için bir ağ tabanlı bulanık sistemi modellemişlerdir. Söz konusu ağ tabanlı bulanık sistemi ise “ANFIS-unfolded-in-time” olarak adlandırmışlardır. Uygulama sonucunda ise deneysel sonuçlar önerilen modelin zamansal verinin tahminini ve adım adım zamansal öğrenmeyi başardığını göstermiştir. Önerilen modelden elde edilen sistemin hata değeri ile ANFIS sisteminin hata değeri karşılaştırılarak yorumlamalara gidilmiştir [5].

Tseng ve diğerleri (2001), çalışmalarında zaman serisi modeli ARIMA(p,d,q) ve bulanık regresyon modelini göz önüne alarak yeni bir bulanık ARIMA modeli geliştirmişlerdir. Bulanık zaman serisi modeli (FARIMA) olarak adlandırdıkları bu modeli Amerikan doları (US dollars) ile Taiwan dolarının (taiwan dollars) değişim oranlarını tahmin etmede kullanmışlardır. Uygulama sonucunda ise, FARIMA modelinin az gözleme dayanan olası en iyi ve en kötü durumları tahmin etmede ARIMA modelinden daha olanaklı olduğunu görmüşlerdir [6].

Hem kesikli hem de sürekli değişkenlerin istatistiksel analizinde verilerin korelasyona sahip olması muhtemeldir. Chiang ve Lin (1999), çalışmalarında bulanık veriler için korelasyon katsayısının hesaplanmasına ilişkin bir yöntem yer vermişlerdir. Bu yöntem, matematiksel istatistikten yola çıkılarak adapte edilmiştir. Bulanık veriler için hesaplanan korelasyon katsayısı bulanık kümelerin arasındaki ilişkinin gücünü ortaya koymasının yanı sıra bulanık kümelerin pozitif veya negatif ilişkili olup olmadığını da ortaya koymaktadır [7].

Bulanık verilerle gerçekleştirilen regresyon analizi “bulanık regresyon” olarak adlandırılmaktadır. Bulanık regresyon analizi ilk defa Tanaka ve diğerleri (1980) tarafından çalışmalarında ortaya atılmıştır. Bulanık doğrusal sistemi bir regresyon modeli gibi kullanmışlardır. Değişkenler arasındaki ilişkinin bulanıklığa konu olduğu (örneğin crisp girdili ve bulanık parametrelili) bir model önermişlerdir [8].

Bulanık regresyon analizi klasik regresyon analizinin bir bulanık değişimi gibi düşünülmektedir. Çeşitli alanlarda geniş uygulamaya ve çalışmalara sahiptir. Genelde bulanık regresyon analizi modelleri iki sınıfta incelenmektedir. İlki Tanaka'nın bulanık doğrusal programlama sistemi, ikincisi ise bulanık en küçük kareler yaklaşımıdır. Yang ve Liu (2003), çalışmalarında interaktif bulanık doğrusal model için robust bulanık en küçük kareler algoritmasını önermişlerdir. Bu algoritma uç noktaları göz önünde bulundurmaktadır. Sayısal örneklerle bu yaklaşımın etkin olduğu detaylı olarak verilmiştir [9].

Grzegorzewski (2000), çalışmasında belirsiz veri (vague data) ile istatistiksel hipotezlerin test edilmesi için bulanık testlerin bir tanımlaması üzerinde durmuştur. Tek veya iki yönlü alternatif hipotezlere karşı bilinmeyen parametreyle ilgili hipotezler için bulanık testlerin oluşturulması için genel bir yöntem gösterilmiştir. Bu bulanık testler klasik yaklaşımların aksine verilen sıfır hipotezini kabul veya ret etmek gibi ikili kararlara ilişkin değildir ancak sıfır ve alternatif hipotezin kabul edilebilirlik derecesini gösteren bulanık karara ilişkin olmaktadır. Buna rağmen bulanık testler geleneksel testin doğal bir genelleştirilmesidir. Örneğin eğer veri belirsiz değil de kesinse

ikili kararlı klasik istatistiksel test elde ederiz. Sonuçta burada, dikkate alınan bulanık testin bulanıklık ölçüsü önerilmiştir ve ayrıca testin robust yapısı da tartışılmıştır [10].

Uygulamalı bir çalışmada El-Shal ve Morris (2000), kalite kontrol sürecinde meydana gelen normal dışı durum olarak adlandırılan runs, eğilim ve ortalamalardaki değişimleri ortaya koyarak gerçek hataları enbüyüklerken yanlış alarmları minimize etmeye çalışmaktadır. Bulanık mantık algoritmasının “İstatistiksel Süreç Kontrolün” (İSK) araçları ile birlikte kullanılmasıyla gerçek hatalar zaman kaybı olmadan yakalanabilmektedir. İSK, süreçlerde meydana gelen hatayı belirleyebilmekte ancak hatanın çeşidini teşhis edememektedir. Bu çalışmada bulanık mantık algoritması ile İSK’ nün üç aracı olan, sapma ve birikimli toplam, değişim ve birikimli toplam, ortalama ve birikimli toplam birlikte kullanılarak süreçte meydana gelen “gerçek hata” ve “yanlış alarm” arasındaki ayrım ortaya konulmuştur. Uygulamalarda İPK araçları ayrı ayrı işlem görebilirken burada bulanık mantık algoritmasında söz konusu üç araç birleştirilmiştir [11].

Bu çalışmanın amacı, deney planlamasında kullanılan verileri, adaptif ağ tabanlı bulanık mantık yaklaşımı olan ANFIS sistemi ile modelleyebilmek ve ANFIS sonucunda elde edilen çıktıların, deney planlaması sonucunda elde edilen çıktılar ile ne düzeyde uyushabileceğini gösterebilmektir. Bu amaçla uygulama bölümünde iki araştırma verilerine bu analizler uygulanmıştır. Sonuç olarak iki uygulamada da deney planlamasında kullanılan verilerin, ANFIS sistemi ile modellenebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Böylece, deney planlaması tekniklerinin uygulanabildiği verilerin ANFIS ile modelleme için de elverişli olduğu ve ANFIS modelinin hedeflenen amaçlara ulaşmada tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmanın, ikinci bölümde deney planlaması yaklaşımından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde bulanık küme teorisi başlığı altında, bulanık mantık, bulanık mantık küme teorisi ve bulanık mantık üyelik fonksiyonları ele alınmıştır. Dördüncü bölümde Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi anlatılmıştır. Ve beşinci bölümde ise uygulama bölümü olarak deney planlaması ile bulanık mantık yaklaşımının analizlerine yer verilmiştir.

2. DENEY PLANLAMASINDA FAKTÖRİYEL TASARIM

Bir araştırma sürecinde gerekli olan veriler belli bir konuyla ilgili olarak yapılan deney veya gözlemler yardımıyla da elde edilmektedir. Deneyler, anlamlı veriler elde edebilmek amacıyla düzenlenen özel süreçler olarak tanımlanabilir. Deney planlaması ise ilgilenilen olay veya olguların oluşmasında rol oynayan faktör veya faktörler grubunu, etkilerinin tahminine ve yapılan tahminlerin güvenilirliğini ölçmeye imkan verecek şekilde düzenleme çalışmasıdır. Burada bağımlı değişkendeki değişkenliğin nedeni olarak ele alınan bağımsız değişkenlerin etkilerinin ölçülmesi işlemini yürütmesi için düzenlenen plana da deney planı adı verilmektedir [12].

Deney planlamasında bağımsız değişken faktör, bağımsız değişkenin aldığı değerler de faktör düzeyleri olarak adlandırılmaktadır. Deney planı faktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki düzeylerini ortaya koyması sebebiyle önem taşımaktadır [13].

Deney planlamasında aynı anda birden fazla bağımsız değişkenin etkilerinin araştırılması söz konusu olduğunda faktöriyel tasarımlar uygulama ve hesaplama kolaylığı açısından etkindir. Faktöriyel tasarım ile deneyin her bir denemesindeki veya tekrarındaki faktör düzeylerinin tüm kombinasyonları göz önünde bulundurulmaktadır [14].

Faktöriyel tasarımların, incelenen değişkenlerin hangisinin etkin olduğunu ya da hangi değişkenler arasında etkileşimin olduğunu ortaya koyabildiği ifade edilmişti. Bunun yanı sıra faktöriyel tasarımların bir çok üstünlüğü de söz konusu olmaktadır. Tek faktörlü deneylerden daha etkindirler. Faktöriyel tasarımlar faktörler arasındaki etkileri ortaya koyabilmesinin yanı sıra bir faktörün bir faktörün çok düzeyli diğer faktörlerdeki etkilerinin tahmin edilmesine de imkan sağlamaktadırlar [14,15].

Faktöriyel tasarım, bir çok faktörü içeren deneylerde her bir faktörün etkisinin ve etkileşimlerinin anlamlı olduğu durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Genel faktöriyel tasarımın önemli olan bir çok özel durumu söz konusu olmaktadır. Bu özel durumların en önemlisi, her biri iki düzeyde, k faktörlü deneylerdir. Burada sözü edilen

düzeyler, ısının, basıncın veya zamanın iki değeri gibi nicel olabileceği gibi, iki makinenin, iki operatörün, bir faktörün “yüksek” ve “düşük” düzeyleri gibi nitel de olabilmektedir. Böyle bir tasarımın tekrar edilerek çoğaltması $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ gözlem gerektirmekte ve 2^k faktöriyel tasarım olarak adlandırılmaktadır.

2^k tasarımı incelenecek birçok faktörün olduğu deneysel çalışmalarda önemli bir yer tutmaktadır. 2^k faktöriyel tasarımın en yaygın kullanılanları 2^2 ve 2^3 faktöriyel tasarımlarıdır [14].

3. BULANIK KÜME TEORİSİ

Dünyada hızla gelişen teknoloji ve gitgide mükemmele yaklaşma isteği ve belki de doğanın bir gün aynısının yapay yollarla ortaya çıkarılması arzusu yapay zeka, yapay sinir ağları ve bulanık mantık kavramlarını gündeme getirmektedir. Bulanık mantık, temelde çok değerli mantık, olasılık kuramı ve yapay zeka alanları üzerine oturtulmuş bir kavramdır [16].

Genel özellikleriyle bulanık mantık ifade edilmek istenirse,

-Bulanık mantıkta kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılmaktadır.

-Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilmektedir.

-Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.

-Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılmaktadır.

-Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilmektedir.

-Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için oldukça uygun olmaktadır.

-Bulanık mantık tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir [2].

Bulanık kümeler üzerine kurulan matematiksel yapı, klasik matematikten daha fazla açıklayıcı bir güce sahip olmasına karşın bulanık kümelerin kullanılabilirliği, uygulama alanlarında ortaya çıkan kavramlar için uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenebilmesine bağlı olmaktadır [17].

Bulanık bir kümeyi ifade etmede üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu sebeple üyelik fonksiyonlarının şekilleri ve bu fonksiyonların geliştirilmesi bulanık küme teorisi içinde önemli bir yer tutmaktadır.

Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonlarının değer aralığı $[0,1]$ aralığı olmaktadır. İşte bir bulanık kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren fonksiyon da “üyelik fonksiyonu” olarak adlandırılmaktadır. Başka bir tanımla ifade etmek gerekirse, 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öge için değeri üyelik derecesi olarak adlandırılırken, üyelik derecelerinin bir alt küme içindeki değişimleri ise üyelik fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Böylece üyelik fonksiyonu altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahip olmaktadır [17,18].

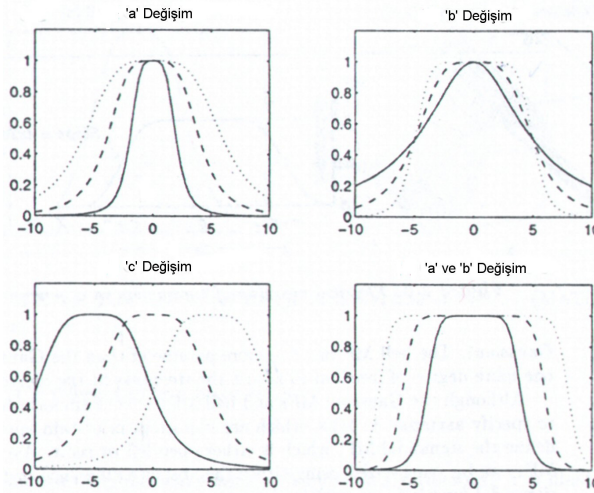
Üyelik fonksiyonları denetlenen sürecin özelliklerine göre uygulamalarda en çok kullanılan fonksiyonlar olan, “Üçgen Üyelik Fonksiyonu”, “Yamuk Üyelik Fonksiyonu”, “Gauss Üyelik Fonksiyonu” ve “Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonu” olarak karşımıza çıkabilmektedir [18]. Çalışmanın uygulama bölümünde Genelleştirilmiş bell üyelik fonksiyonu kullanılacağından burada söz konusu fonksiyona kısaca yer veilecektir.

“Genelleştirilmiş Bell Üyelik Fonksiyonu”, bulanık mantık uygulamalarında hem giriş hem de çıkış parametrelerini tanımlamak için kullanılabilir. $\{a,b,c\}$ olmak üzere üç parametre ile özelleştirilmiştir. “Genelleştirilmiş Bell Üyelik Fonksiyonu” “Cauchy dağılımının” genelleştirilmiş hali olduğundan “Cauchy Üyelik Fonksiyonu” olarak da adlandırılmaktadır. Bell üyelik fonksiyonunun denklemi ise [18],

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

şeklinde ifade edilmektedir. Söz konusu dağılımda a şekil parametresi olup fonksiyonun şeklinin değişmesini gerçekleştirirken, c konum parametresi olup fonksiyonun merkezini belirlemekte ve b parametresi ise a

parametresi ile birlikte değişmektedir. Dağılımda b parametresi geçiş noktalarını a parametresiyle birlikte kontrol etmektedir. Bu parametreler değiştiğinde dağılım da bu parametrelere bağlı olarak değişmektedir [18,19]. Şekil 1. de [a,b,c] parametrelerinin değişiminden fonksiyonun nasıl etkilendiğine ilişkin grafiksel gösterimlere yer verilmiştir:



Şekil 1. Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonu parametre değişimleri [18]

4. ADAPTİF AĞ TABANLI BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ

Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi, yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği ve bulanık mantığın insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama kolaylığı gibi üstünlüklerinin birleştirilmesi fikrine dayanmaktadır [2].

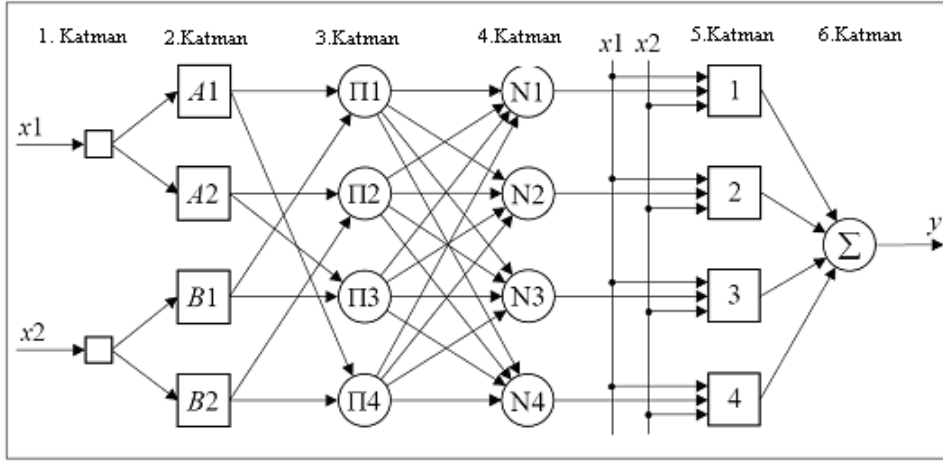
Böylece, bulanık mantık çıkarım sistemlerine yapay sinir ağlarının öğrenme ve hesaplama gücü verilebilirken, yapay sinir ağlarında bulanık mantık çıkarım sistemlerinin insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama yeteneği kazandırılmış olmaktadır.

Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sisteminin asıl amacı, ANFIS sisteminin yapısını, değişkenlerini ayarlamak ve bulmak için yapay sinir ağlarını kullanmaktır [2,18].

Ağ tabanlı çıkarım sistemlerinde yapısal ayarlama ve değişken ayarlama olmak üzere iki önemli ayarlama söz konusudur. Yapısal ayarlama hesaplanacak değişkenlerin sayısını, kuralların sayısını, her bir giriş çıkış değişkeninin tanım uzaylarının bulanık kümelerce ifade edilmesini ve kuralların yapısının oluşturulmasını içerirken, değişken ayarlama ise üyelik fonksiyonlarının merkezleri, eğimleri, genişlikleri ve bulanık mantık kurallarının ağırlıklarının hesaplanmasını içermektedir [2].

ANFIS, 1993 yılında Jang tarafından ortaya atılmıştır ve Jang'ın ANFIS modeli olarak adlandırılmaktadır. Jang'ın ANFIS modeli, insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama yeteneğini uygulamada "Sugeno Bulanık Mantık Çıkarım Sistemini" temel alırken, yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneğini uygulamada ise "Geri Yayılmalı Öğrenme Algoritmasını (Backpropagation Learning Algorithm)" kullanmaktadır [19].

x_1 ve x_2 gibi iki girişli, y tek çıkışlı ve dört kuraldan oluşan bir ANFIS mimarisi Şekil 2.'de gösterildiği gibi olmaktadır:



Şekil 2 :Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi [19]

Her katmana ait düğüm işlevleri ve katmanların işleyişi ise sırasıyla şöyledir [4,5,18,19]:

1.Katman: Giriş katmanı olarak adlandırılmaktadır. Bu katmandaki her düğüm, giriş sinyallerinin diğer katmanlara aktarıldığı giriş düğümleridir.

2.Katman: Bulanıklaştırma katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm A_j ve B_j ($j=1,2$) gibi bulanık kümeleri ifade etmektedir. Giriş değerlerini bulanık kümelere ayırmada Jang'ın ANFIS modeli, üyelik fonksiyonu şekli olarak Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonunu kullanmaktadır. Burada her bir düğümün çıkışı, giriş değerlerine ve kullanılan üyelik fonksiyonuna bağlı olan üyelik dereceleri olmaktadır, 2. katmandan elde edilen üyelik dereceleri $\mu_{A_j}(x)$ ve $\mu_{B_j}(y)$ değerleridir.

3.Katman: Kural katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, Sugeno bulanık mantık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir. Her bir kural düğümünün çıkışı μ_i ise, 2. katmandan gelen üyelik derecelerinin çarpımını ifade etmektedir. Buradaki her bir düğümün çıkışı aynı zamanda bir kuralın ateşleme seviyesini (firing strength) göstermektedir. μ_i değerlerinin elde edilişi ise,

$$y_i^3 = \Pi i = \mu_{A_j}(x) \times \mu_{B_j}(y) = \mu_i \quad (j=1,2) \quad (i=1,\dots,n) \quad (2)$$

şeklinde olmaktadır. Buradaki y_i^3 3. katmanın çıkış değerlerini ifade ederken n ise bu katmandaki düğüm sayısını göstermektedir.

4.Katman: Normalizasyon katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, kural katmanından gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve bu katmanda her bir kuralın normalleştirilmiş ateşleme seviyesi hesaplanmaktadır. Normalleştirilmiş ateşleme seviyesi, i düğüm için i. kuralın ateşleme seviyesinin, bütün kuralların ateşleme seviyesine oranı olarak ifade edilmektedir. i. düğümün çıkışı yani i. düğümün normalleştirilmiş ateşleme seviyesi $\bar{\mu}_i$ nin hesaplanması ise,

$$y_i^4 = Ni = \frac{\mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} = \bar{\mu}_i \quad (i=1,\dots,n) \quad (3)$$

şeklinde dir.

5.Katman: Arındırma katmanıdır. Bu katmandaki her bir düğüm, giriş değerleri x_1 ve x_2 ile normalizasyon katmanının her bir düğümünün çıkış değerleriyle ilişkilidir. Arındırma katmanındaki her bir düğümde verilen bir kuralın ağırlıklandırılmış sonuç değerleri hesaplanmaktadır. Kuralların ise kısımlarından sonraki ifadelerin ağırlıklandırılmış değerleri hesaplanmaktadır. 5. katmandaki i. düğümün çıkış değeri ise,

$$y_i^5 = \bar{\mu}_i [p_i x_1 + q_i x_2 + r_i] \quad (i=1, \dots, n) \quad (4)$$

şeklinde olmaktadır. Buradaki (p_i, q_i, r_i) değişkenleri, i. kuralın sonuç parametreleri kümesidir.

6.Katman: Toplam katmanıdır. Bu katmanda sadece bir düğüm vardır ve \sum ile etiketlenmiştir. Burada 5. katmandaki her bir düğümün çıkış değerleri toplanır ve sonuçta ANFIS sisteminin gerçek değeri elde edilmiş olunur. Sistemin çıkış değeri y nin hesaplanması ise,

$$y = \sum_{i=1}^n \bar{\mu}_i [p_i x_1 + q_i x_2 + r_i] \quad (5)$$

şeklinde olmaktadır.

ANFIS mimarisinin işleyişinde görüldüğü üzere, giriş değişkenleri (x_1, x_2) ve sonuç değişkenlerinin (p_i, q_i, r_i) değerlerinin bilenebilmesi önem taşımaktadır.

ANFIS'in öğrenme algoritması, hem giriş değişkenlerini hem de sonuç değişkenlerini optimize etmektedir. Söz konusu öğrenme işlemi gerçekleşirken ANFIS melez öğrenme algoritmasını kullanmaktadır.

Melez öğrenme algoritması, en küçük kareler yöntemi ile geri yayımlı öğrenme algoritmasının bir arada kullanılmasından oluşmaktadır. Melez öğrenme algoritması, ileri besleme ve geri besleme olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İleri beslemede, giriş parametreleri sabit alınarak sonuç parametrelerinin değerleri en küçük kareler yöntemi ile hesaplanırken, geri beslemede ise sonuç parametreleri sabit alınarak giriş parametreleri geri yayımlı öğrenme algoritması ile hesaplanmaktadır. İleri besleme ve geri besleme işlemlerinin nasıl gerçekleştiğini Çizelge 1. ile özetlemek mümkün olmaktadır [18,19]:

Çizelge 1. Melez öğrenme algoritması [20]

Melez Öğrenme Algoritması	İleri Besleme	Geri Besleme
Giriş Parametreleri	Sabit	Geri Yayımlı Öğrenme
Sonuç Parametreleri	En küçük Kareler Yöntemi	Sabit

Buradaki ileri besleme ve geri besleme işleyiş döngüsü, tüm sistem hatası belirlenen bir hata değerinden küçük olana kadar veya fazla bir değişim göstermeyinceye kadar devam etmektedir. Hesaplanacak olan hata değeri ise, hata kareler ortalamasının karekök değerine bir anlamda sistemin standart sapma değerine eşit olmaktadır. RMSE değerinin formülü ise;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - y_i)^2}{N}} \quad (6)$$

şeklinde dir. Formülde T_i gerçek değerleri, y_i ANFIS'den elde edilen değerleri, N ise örnek büyüklüğünü göstermektedir [4,18,19].

5. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama bölümünde, bazı endüstriyel problemlerin çözümünde başvurulan deney planlaması verileri bulanık mantık yaklaşımıyla yeniden ele alınıp düzenlenerek yeni bir analize tabi tutulmuştur. Bu veriler bulanık mantık tekniklerinden ANFIS ile modellenmiştir. Bu amaçla deney planlaması sonucunda çıktı üzerine etkin faktör olarak belirlenen değişkenlerin ANFIS modeli kullanarak saptanan üyelik fonksiyonları yardımı ile tespit edilebileceği araştırılmak istenmiştir. ANFIS modeli ile deney planlamasından elde edebileceğimiz sonuçlara ulaşmanın mümkün olup olmayacağını görebilmek amacıyla iki ayrı çalışma üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu iki çalışmanın verileri beyaz eşya üreten bir işletmeden elde edilmiş verilerdir. Uygulamada deney planlaması analizleri MINITAB paket programı ile gerçekleştirilirken, bulanık mantık analizleri ise MATLAB paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

Deney planlaması tekniği ile çözümlenmiş araştırmalara ait analizler ve daha sonra bu sistemlere ANFIS modelinin uygulanması işlemlerine aşağıda sırasıyla yer verilecektir

5.1. Sk-daire Verileri İçin Deney Planlaması ve ANFIS Yaklaşımı

Uygulamanın ilk bölümünde analizler beyaz eşya üretimi yapan bir işletmeden elde edilen verilere uygulanmıştır. Bir beyaz eşya sektöründe, bir parçada silindir deliği deformasyonu adı verilen bir bozuluma sebep olan faktörlerin Sk-daire üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Söz konusu beyaz eşya üretiminde kullanılan ve olması gereken çap ölçüm değerleri Çizelge 2.'de verilmiştir. Beyaz eşya ürününün içerisinde kullanılacak parçanın çapının uygun sınırlar içerisinde olup olmadığını araştırmak için bir süreç planlanmıştır. Bu özelliği araştırmak için 2002 yılının ilgili bir ayı süresince basit tesadüfi olarak seçilmiş bir örneklemin kullanıldığı iki tekrarlı 2^5 faktör tasarımı kullanılmıştır. Ele alınan girdi değişkenleri 1. çıkışlı susturucu, 2. çıkışlı susturucu, sk (silindir kafasının torklanması), dy (dış yatağın torklanması) ve stator değişkenleri olmak üzere beş adettir.

Çizelge 2. (Sk-daire) verileri için deney planlamasındaki girdi faktörleri ve düzeyleri

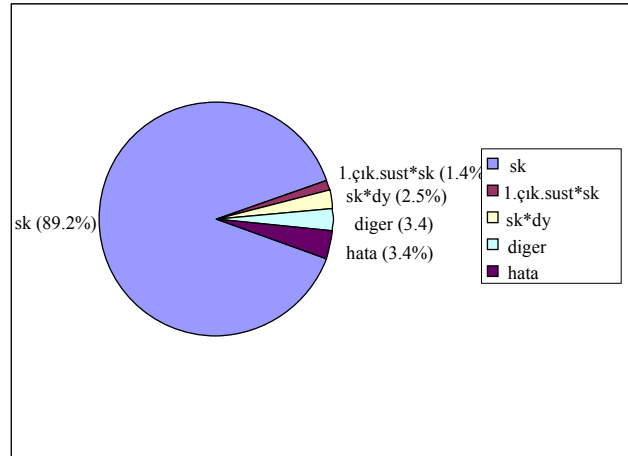
Faktörler	Düzeyler	
	Düşük	Yüksek
1. çık.susturucu	Sıkılı(0)	Boşta(110)
2. çık.susturucu	Sıkılı(0)	Boşta(110)
sk	Sıkılı(0)	Boşta(80)
dy	Sıkılı(0)	Boşta(60)
Stator	Sıkılı(0)	Boşta(80)

2^5 faktör tasarımına ait deney sonuçları ise Çizelge 3.'de yer verilmiştir.

Çizelge 3. (Sk-daire) verileri için deney planlamasındaki sonuç ANOVA tablosu

Değişim Kaynağı	SD	KT	KO	F	p
1.sust	1	0,391	0,391	3,86	0,055
2.sust	1	0,031	0,031	0,300	0,585
sk	1	127,126	127,126	1255,12	0,000
dy	1	0,601	0,601	5,93	0,018
stator	1	1,102	1,102	10,89	0,002
1.sust*sk	1	1,960	1,960	19,35	0,000
1.sust*stator	1	0,856	0,856	8,45	0,005
sk*dy	1	3,610	3,610	35,64	0,000
sk*stator	1	0,951	0,951	9,39	0,003
dy*stator	1	0,456	0,456	4,5	0,039
Hata	53	5,368	0,101		
Toplam	63	142,45			

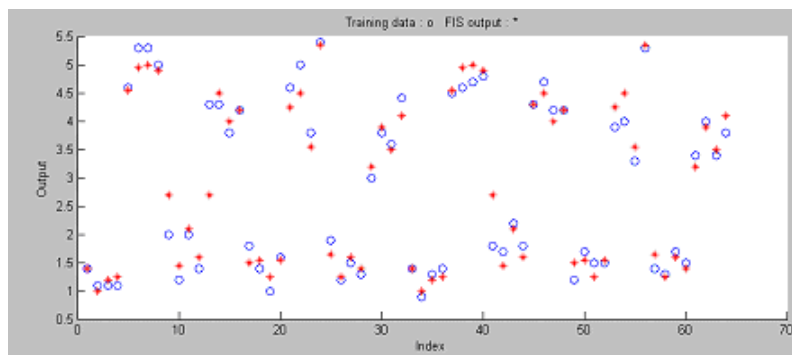
Sk-daire çıktı değeri üzerine uygulanan 2^5 faktör tasarımı sonucunda Çizelge 3'deki ANOVA tablosundan görüldüğü gibi 1. çık.susturucu, sk, dy ve stator değişkenlerinin etkin faktörler olduğu 0.05 anlam düzeyinde belirlenmiştir. Burada sk değeri olan silindir kafasının torklanması değişkeninin deformasyonu etkileyen en büyük unsur olduğu görülmüştür. Pasta grafiğinde de en yüksek etkiye sk değişkeninin sahip olduğu görülmekte olup diğer değişkenlerin etki yüzdesinin çok düşük olması nedeniyle grafikte yer almadığı söylenebilir.



Şekil 3. (Sk-daire) verileri için etkin faktörlerin pasta diyagramı

ANFIS modelinin oluşturulmasında ise, 5 tane giriş değişkeni ve tek bir çıkış değeri kullanılmıştır. Söz konusu 5 tane giriş değişkeni deney planlamasında kullanılan faktörler iken çıkış değeri ise Sk-daire değişkenidir. Her bir giriş değişkeni Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonuna uygun olarak iki bulanık kümeye ayrılmıştır. Söz konusu iki bulanık küme ise yine deney planlamasındaki seviyeye karşılık gelmektedir. ANFIS editörü altında bulanık mantık çıkarım sistemi çalıştırılarak giriş değişkenlerine ve çıkış değişkenine ait 32 tane kural oluşturulmuştur. Bu kurallar 5 faktörün 2 seviyesinin kombinasyonu şeklinde gerçekleşmektedir. Üyelik fonksiyonları belirlenip kurallar oluşturulduktan sonra veri seti 100 devirde eğitilmiş ve eğitim sonucunda ANFIS modelinin RMSE değerinin 0.2875 değerine ulaştığı görülmüştür. Elde edilen hata değerinin küçük olması bize, ANFIS modelinin bu sisteme uygun olduğunu göstermektedir.

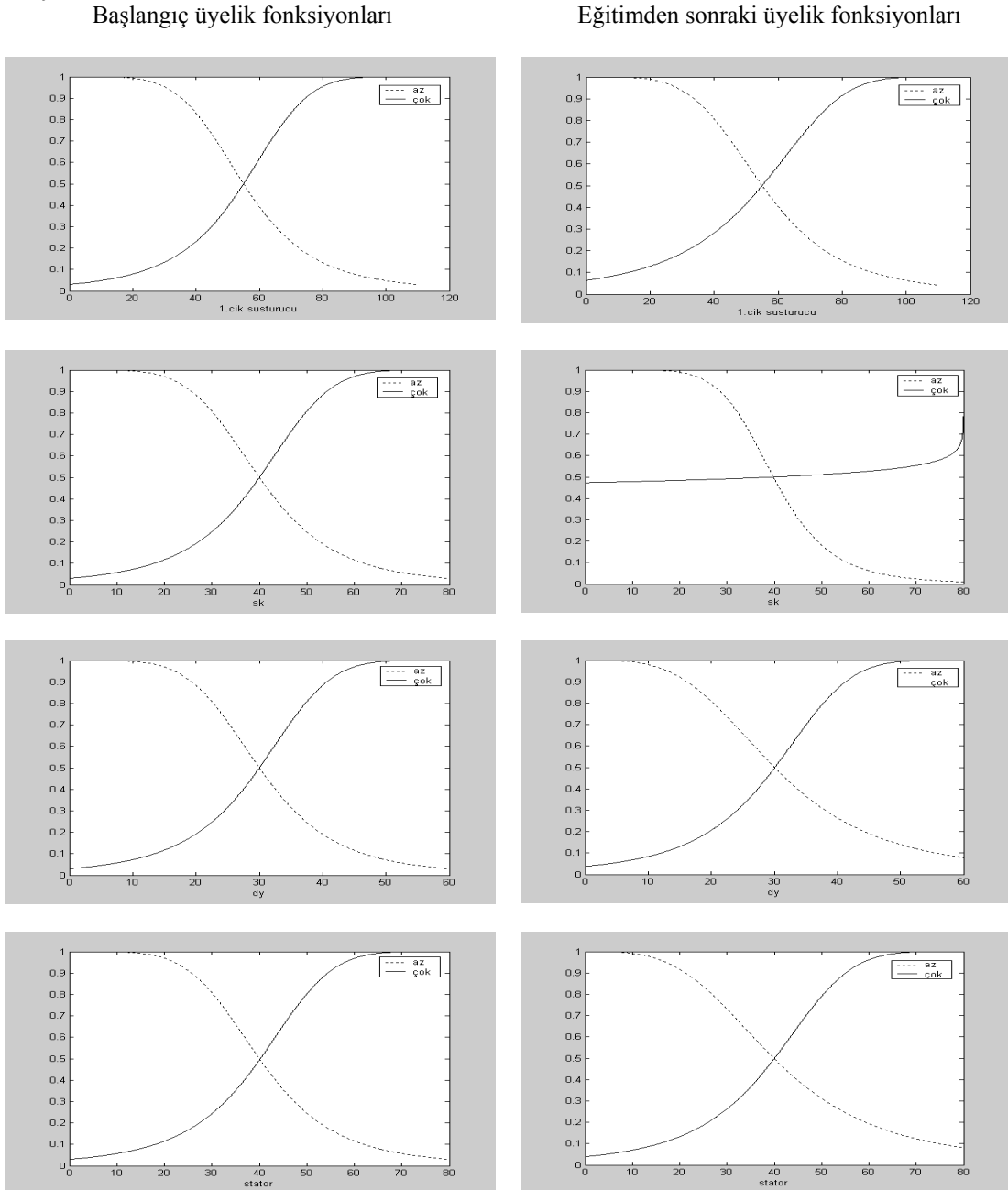
Şekil 4. incelendiğinde ise, ANFIS çıktı değerlerinin gerçek çıktı değeri olarak kullanılan Sk-daire çıktı değerleri etrafında toplandığını bazı değerlerde ise bire-bir çakıştığı görülmektedir. ANFIS çıktı değerlerinin gerçek çıktı değeri etrafında toplanmasını ise, gerçek çıktı değerlerinin deneysel olarak iki tekrarlı denemeye elde edilmesine ve fiziksel olarak gerçekleşen kontrol edilemeyen faktörlerden meydana gelen değişkenliğin deney sonuçlarına yansımından ileri gelmesi şeklinde açıklanabilmektedir.



Şekil 4. (Sk-daire) verileri için gerçek veriler (o) ve eğitim sonucunda ANFIS'in bulduğu veriler (+)

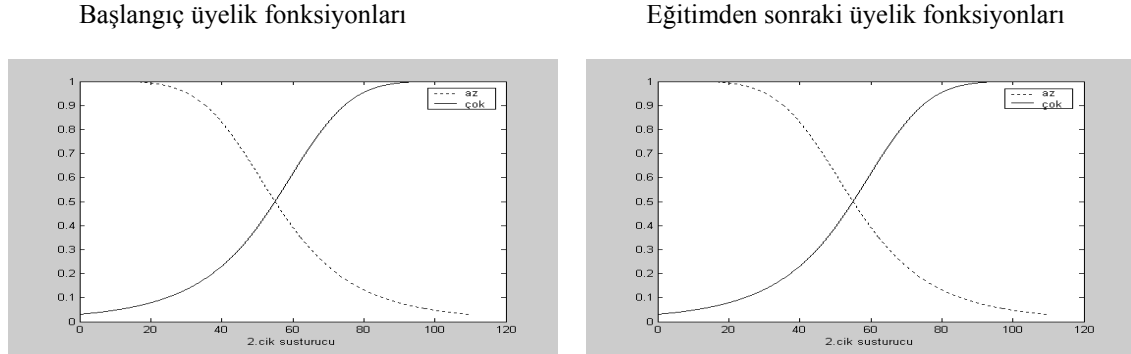
Deney planlaması ile elde edilen hata değeri (sonuç ANOVA tablosunda yer alan hata kareler ortalamasının karekök değeri) ise, 0.31 olarak elde edilirken ANFIS modelinin RMSE değeri 0.2875 olarak bulunmuştur. ANFIS modelinin bu çalışmada da deney planlamasına göre daha küçük bir hata değerine ulaştığı görülmüştür.

2^5 faktör tasarımı sonucunda “1. çık. susturucu”, “sk”, “dy” ve “stator” değişkenlerinin etkin faktörler olduğu belirlenmişti. Aynı faktörlerin ANFIS modelinde de etkin faktörler olduğu başlangıç üyelik fonksiyonları ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonlarından görebilmek mümkün olmaktadır. Şekil 5.’de söz konusu faktörlerin grafiklerine yer verilmiştir. Bu uygulamada da etkin faktörlerin üyelik fonksiyonlarında değişmelerin olduğu görülmüştür.



Şekil 5. (Sk-daire) verileri için etkin ana faktörlerin başlangıç ve eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları

Etkin faktörlerin başlangıç üyelik fonksiyonları ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları arasında farkın oldukça büyük olduğu görüldüğü halde, deney planlamasında etkisi olmadığı belirlenen faktör olan 2. çık. susturucunun Şekil 6.'da de verildiği gibi başlangıç üyelik fonksiyonu ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonu arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür.



Şekil 6 (Sk-daire) verileri için. etkin olmayan faktörlerin başlangıç ve eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları

5.2. Dy-daire Verileri İçin Deney Planlaması ve ANFIS Yaklaşımı

İkinci uygulama ise beyaz eşya sektöründe bir parçada silindir deliği deformasyonu adı verilen bir bozuluma sebep olan faktörlerin Dy-daire üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Uygulamada ele alınan girdi değişkenleri 1. çıkışlı susturucu, 2. çıkışlı susturucu, sk (silindir kafasının torklanması), dy (dış yatağın torklanması) ve Stator değişkenleri olmak üzere beş adettir. Çıktı değişkeni ise Dy-daire değişkenidir. Beş adet girdi değişkeni ve bunların seviyeleri Çizelge 4'de verilmiştir:

Çizelge 4. (Dy-daire) verileri için deney planlamasındaki girdi faktörleri ve düzeyleri

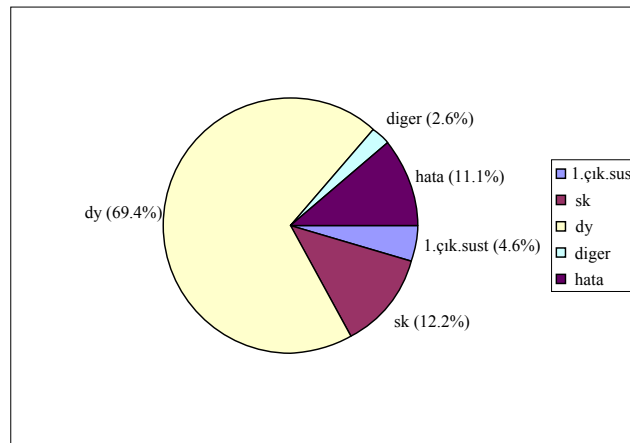
Faktörler	Düzeyler	
	Düşük	Yüksek
1. çık.susturucu	Sıkılı(0)	Boşta(110)
2. çık.susturucu	Sıkılı(0)	Boşta(110)
sk	Sıkılı(0)	Boşta(80)
dy	Sıkılı(0)	Boşta(60)
Stator	Sıkılı(0)	Boşta(80)

2⁵ faktör tasarımına ait deney sonuçları Çizelge 5' de verilmiştir:

Çizelge 5. (Dy-daire) verileri için deney planlamasındaki sonuç ANOVA tablosu

Değişim Kaynağı	SD	KT	KO	F	p
1.çık.sust	1	5,8202	5,8202	20,05	0,000
2,sust	1	0,0452	0,0452	0,16	0,695
sk	1	15,3077	15,3077	52,74	0,000
dy	1	87,1889	87,1889	300,38	0,000
stator	1	1,0252	1,0252	3,53	0,066
1,sust*2,sust	1	0,0452	0,0452	0,16	0,695
1,sust*sk	1	0,0077	0,0077	0,03	0,872
1,sust*dy	1	0,2889	0,2889	1,00	0,323
1,sust*stator	1	0,4727	0,4727	1,63	0,208
2,sust*sk	1	0,0189	0,0189	0,07	0,800
2,sust*dy	1	0,6602	0,6602	2,27	0,138
2,sust*stator	1	0,1702	0,1702	0,59	0,448
sk*dy	1	0,4064	0,4064	1,4	0,243
sk*stator	1	0,1702	0,1702	0,59	0,448
dy*stator	1	0,0014	0,0014	0,00	0,945
Hata	48	13,9325	0,2903		
Toplam	63	125,5611			

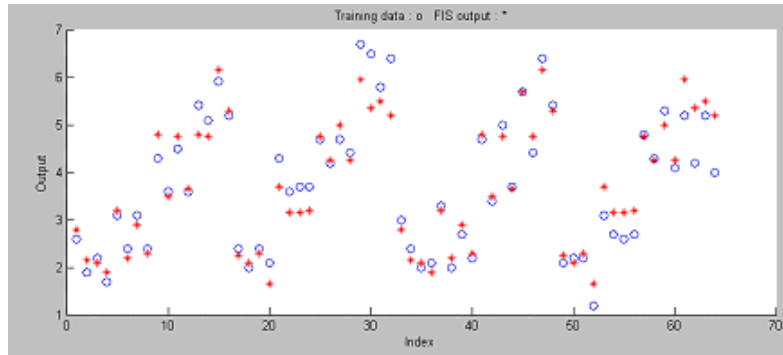
Dy-daire çıktı değeri üzerine uygulanan 2^5 faktör tasarımı sonucunda Çizelge 5'deki ANOVA tablosundan, 1. çık.susturucu, sk, ve dy değişkenlerinin etkin faktörler olduğu 0.05 anlam düzeyinde belirlenmiştir. Şekil 7.'deki pasta grafiğinde de dy dış yatağın torklanması deformasyonu etkileyen en büyük unsur olarak görülmektedir. Burada deformasyona etki eden sebepler olarak sk ve 1. çık.susturucu değişkenlerinin olduğu da söylenebilmektedir.



Şekil 7. (Dy-daire) verileri için etkin faktörlerin pasta diyagramı

ANFIS ile modelinin oluşturulması aşamasında her bir giriş değişkeni Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonuna uygun olarak iki bulanık kümeye ayrılmıştır. ANFIS editörü altında bulanık mantık çıkarım sistemi çalıştırılarak giriş değişkenlerine ve çıkış değişkenine ait 32 tane kural oluşturulmuştur. Üyelik fonksiyonları belirlenip kurallar oluşturulduktan sonra veri seti 100 devirde eğitilmiş ve eğitim sonucunda ANFIS modelinin RMSE değerinin 0.4297 değerine ulaştığı görülmüştür. Burada da elde edilen hata değerinin küçük olması, ANFIS modelinin bu sisteme uygun olduğunu göstermektedir.

Şekil 8. de ise, ANFIS çıktı değerlerinin gerçek çıktı değeri olarak kullanılan Dy-daire çıktı değerleri etrafında toplandığını bazı değerlerde ise bire-bir çıktığı bu çalışmada da görülebilmektedir.



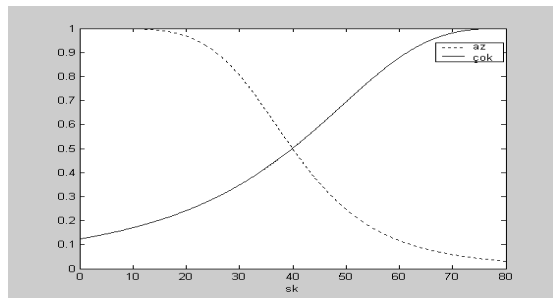
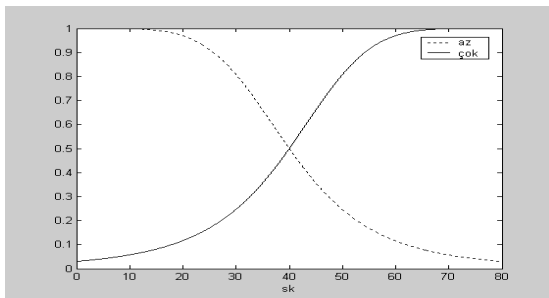
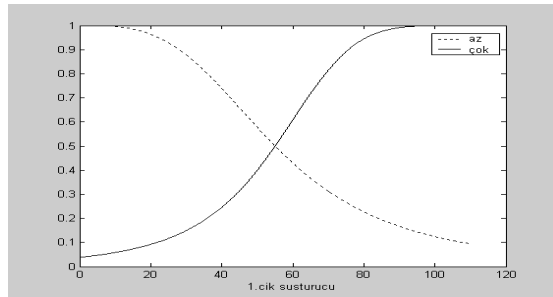
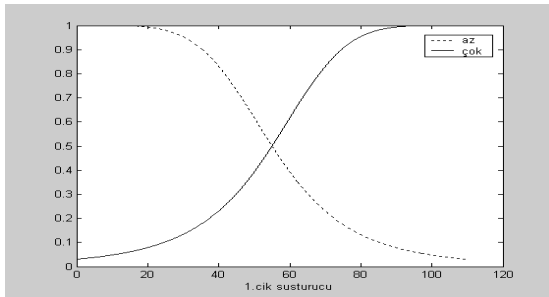
Şekil 8. (Dy-daire) verileri için gerçek veriler (o) ve eğitim sonucunda ANFIS in bulduğu veriler (+)

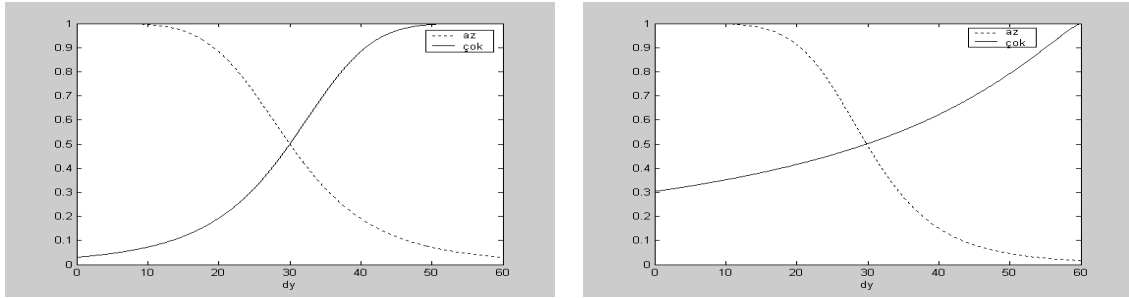
Deney planlaması ile elde edilen hata değeri (sonuç ANOVA tablosunda yer alan hata kareler ortalamasının karekök değeri) 0.53 olarak elde edilirken ANFIS den hesaplanan sistemin performans ölçütü değeri ise 0.4297 olarak bulunmuştur. ANFIS modelinin bu çalışmada da deney planlamasına göre daha küçük bir hata değerine ulaştığı görülmüştür.

Dy daire çıktı değişkeni üzerine 2^5 faktör tasarımı sonucunda “1. çık. susturucu”, “sk” ve “dy” değişkenlerinin etkin faktörler olduğu belirlenmişti. Aynı faktörlerin ANFIS modelinde de etkin faktörler olduğu başlangıç üyelik fonksiyonları ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonlarından görebilmek bu çalışmada da mümkün olmaktadır. Şekil 9’da söz konusu faktörlerin grafiklerine yer verilmiştir:

Başlangıç üyelik fonksiyonları

Eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları



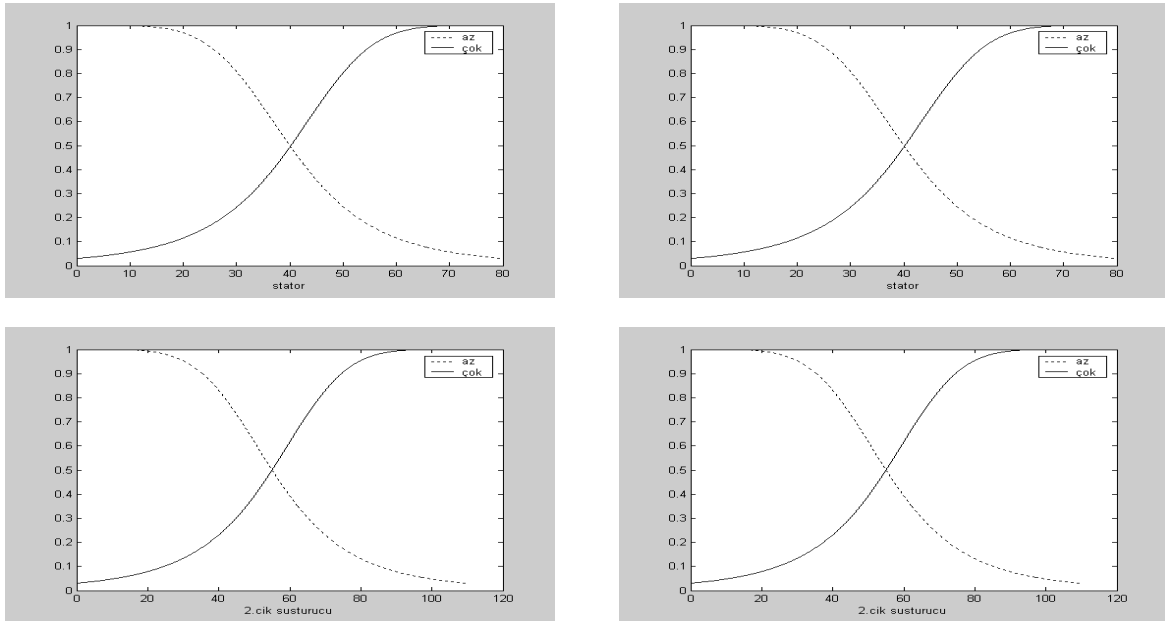


Şekil 9. (Dy-daire) verileri için etkin ana faktörlerin başlangıç ve eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları

Etkin faktörlerin başlangıç üyelik fonksiyonları ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları arasındaki farkın oldukça büyük olduğu görüldüğü halde, deney tasarımında etkisi olmadığı belirlenen faktörlerin başlangıç üyelik fonksiyonu ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonu arasında önemli bir fark olmadığı Şekil 10.'dan görülebilmektedir.

Başlangıç üyelik fonksiyonları

Eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları



Şekil 10. (Dy-daire) verileri için etkin olmayan faktörlerin başlangıç ve eğitimden sonraki üyelik fonksiyonları

Uygulamada incelen iki çalışma için yapılan istatistiksel analizler ve bulanık mantık çalışmaları sonucunda: ANFIS ile deney planlaması yöntemlerinin benzer sonuçlara ulaştıran yöntemler olduğu söylenebilmektedir. Deney planlamasında faktör tasarımları ile elde edilen verilerin ANFIS ile de modellenebileceği ve benzer sonuçların elde edilebileceği görülmüştür. Ayrıca bu iki sistem için hesaplanan ANFIS in RMSE değerinin faktör tasarımları sonucunda elde edilen hata değerinden daha küçük olduğu sonucuna da varılmıştır. ANFIS sonucunda elde edilen hata değeri sistemin performansını göstermektedir. Çizelge 6.'da iki çalışma için deney planlaması ve ANFIS sistemine ait çıktı değişkenleri için performans karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi ANFIS sistemi daha küçük hata değeri ile çalışmaktadır. ANFIS e ait hata değerinin oldukça

küçük hesaplanması etkin ana faktörler olarak bulunan değişkenlerin RMSE değerini minimize etmede daha etkin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6. Deney planlaması ve ANFIS için performans karşılaştırması

<i>Çıktı Değişkeni</i>	<i>Deney planlaması(RMSE)</i>	<i>ANFIS(RMSE)</i>
Sk-daire	0.31	0.2875
Dy-daire	0.53	0.4297

Deney planlaması sonucunda etkin faktörler olarak bulunan değişkenler, ANFIS modelinden de başlangıç üyelik fonksiyonları ile eğitimden sonraki üyelik fonksiyonlarının değişmesi ile belirlenebilmekteydi. Üyelik fonksiyonlarının eğitimden sonraki değişimini istatistiksel açıdan incelenen dağılımın şekil ve konum parametrelerini göz önünde bulundurarak açıklamak da mümkün olmaktadır. İstatistiksel dağılımları konum ve şekil parametreleri belirlemektedir. Konum parametresi bir dağılımın merkezini belirlerken şekil parametresi ise dağılımın şeklini belirlemektedir.

Ele alınan uygulamalarda kullanılan üyelik fonksiyonu, Genelleştirilmiş Bell üyelik fonksiyonuydu ve Cauchy dağılımının genelleştirilmiş hali olduğundan Cauchy üyelik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktaydı. Bu dağılımda a şekil parametresini, c konum parametresini göstermektedir ve b parametresi ise a parametresi ile birlikte değişmektedir. Gerçekleştirilen iki çalışmada etkin ana faktörlerin üyelik fonksiyonlarındaki değişim dağılımın şekil parametresi olan a parametresinin değişimine bağlanabilmektedir ve bu değişkenler için hem birinci hem de ikinci üyelik fonksiyonlarında a parametresinin değiştiği görülmektedir. Ancak etkin faktörlerin üyelik fonksiyonlarının a parametresi değişirken etkin olmayan diğer faktörlerin a parametrelerinin ise değişmediği de söylenebilmektedir. Söz konusu incelenen iki çalışmanın etkin faktörleri ve etkin olmayan faktörleri için a, b, c parametrelerine sırasıyla aşağıda düzenlenen tablolarda yer verilmiştir.

Çizelge 7. (Sk-daire) verileri için GBÜF $[a,b,c]$ parametreleri

Değişken	Gerçek değerler$[a,b,c]$	Eğitimden sonraki değerler$[a,b,c]$
1.çık susturucu <i>(etkin faktör)</i>	Üf1[55 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[55 2.5 110]	Üf1[54.99 2.253 -0.0007058] Üf2[55 1.947 110]
2.çık susturucu	Üf1[55 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[55 2.5 110]	Üf1[55 2.057 -0.001503] Üf2[55 2.007 110]
sk <i>(etkin faktör)</i>	Üf1[40 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[40 2.5 80]	Üf1[39.88 3.306 -0.06219] Üf2[40.06 0.7752 79.97]
dy <i>(etkin faktör)</i>	Üf1[30 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf1[30 2.5 60]	Üf1[30.02 1.779 0.01003] Üf1[29.93 2.333 60.02]
Stator <i>(etkin faktör)</i>	Üf1[40 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf1[40 2.5 80.2]	Üf1[40 1.75 -0.0943] Üf1[39.98 2.316 80.01]

Çizelge 8. (Dy-daire) verileri için GBÜF $[a,b,c]$ parametreleri

Değişken	Gerçek değerler $[a,b,c]$	Eğitimden sonraki değerler $[a,b,c]$
1.çık susturucu (<i>etkin faktör</i>)	Üf1[55 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[55 2.5 110]	Üf1[55.02 1.63 0.008819] Üf2[54.98 2.328 110]
2.çık susturucu	Üf1[55 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[55 2.5 110]	Üf1[55 2.007 -0.0001793] Üf2[55 2.03 110]
sk (<i>etkin faktör</i>)	Üf1[40 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf2[40 2.5 80]	Üf1[39.96 2.477 -0.01921] Üf2[40.04 1.418 79.98]
dy (<i>etkin faktör</i>)	Üf1[30 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf1[30 2.5 60]	Üf1[29.89 2.949 -0.05621] Üf1[30.09 0.6043 59.96]
Stator	Üf1[40 2.5 -8.882e ⁻⁰¹⁶] Üf1[40 2.5 80.2]	Üf1[40 2.13 -0.18] Üf1[40 1.925 80]

6. SONUÇ VE YORUMLAR

Açıklayıcı (bağımsız) ve açıklanan (bağımlı) değişkenler arasındaki ilişki düzeylerini ortaya koymak üzere uygulanan istatistiksel yöntemlerle birlikte, bulanık mantık yaklaşımından da yararlanılıp yararlanılmayacağı hususu, araştırmacılar için birer araştırma konusu olmuştur. Örneğin “Deney Planlaması” ve ile “Bulanık Mantık” tekniğinin araştırmacıyı ulaştıracağı sonuçlar arasında nasıl bir ilişki olacağı hususu incelemeye değer görülmektedir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada “Deney Planlaması” ile “Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS)” arasındaki ilişkileri belirlemek üzere, aynı verileri her iki yaklaşımla ele alan analizler yapılarak varılan sonuçlar üzerinde durulmuştur.

Deney planlaması-varyans analizi uygulanmış iki çalışma ele alınarak, bunlara ait veriler ANFIS yaklaşımı altında yeniden değerlendirilip analiz edilerek, aynı girdilerle fakat farklı bir süreçle, yeni çıktılara ulaşılmıştır. Bir beyaz eşya sektöründe, bir parçaya ait silindir deliği deformasyonu ile ilgili (Sk-daire) ve (Dy-daire) adı verilen çıktı verilerini gerçekleyen değişkenlere ait veriler kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Her iki çalışmada da önce varyans analizi tekniği uygulanmış, 2⁵ faktör tasarımı ile ANOVA tabloları oluşturulmuştur. Devamında, veriler uygulayageldiğimiz ANFIS modelleri ile modellenerek sonuçlar elde edilmiştir. Her iki çalışmada da orjinal veri-eğitilmiş veri dağılım grafiklerinde, bunların çok yakın yada çakışık oluşu dikkat çekmektedir. Etkin açıklayıcı değişkenler ile etkin olmayan açıklayıcı değişkenler birbirine uygun düşmüştür. ANFIS modellemesinde hata değerleri, varyans analizine göre daha küçük çıkmıştır (0.31’e karşı 0.2875 ve 0.53’e karşı 0.4297).

Varyans analizi tekniği, uzun yıllardan beri istatistikte yaygın olarak kullanılan, yerleşik bir tekniktir. Uygulanabilmesi için belirli varsayımların yerine getirilmiş olması gerekir. Bunlar, bağımlı değişken ölçümlerinin en az aralıklı ölçekle gerçekleştirilmiş olması, anakütlelerin normal dağılıma uygunluk göstermesi, varyanslarının homojen olması ve örneklemenin kurallarına uygun olarak yapılmış olması hususlarıdır. Ayrıca deney düzenlemesiyle ortaya çıkan sıralardan ve sütunlardan doğan etkilerin doğrusal bileşkesi anakütle ortalamasını oluşturmalıdır. Bulanık mantık yaklaşımına ait bir teknik olan ANFIS modellemesi ise oldukça yeni bir tekniktir. Bu çalışmada yapılan uygulamalarda, ANFIS modellemesi ile etkin faktörlerle etkin olmayan faktörlerin saptanmasının mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İlginç olan husus, uygulamalarda da saptadığı gibi hata değerlerinin, varyans analizi ile ulaşılandan daima daha düşük çıkmasıdır. ANFIS sistemi uygulanılırken kurallar oluşturulmakta ve oluşturulan kural sayısı kadar model elde edilmektedir. Deney planlamasının dayandığı modele karşın ANFIS sisteminde denenen model sayısı çok sayıda olduğundan ANFIS’

e ait hata değeri daha düşük olarak elde edilmektedir. ANFIS hata değerini hesaplarken melez öğrenme algoritmasını kullanmakta, ileri besleme ve geri besleme işleyiş döngüsünde, ANFIS' de oluşturulan kuralların "ise (then)" kısmından sonraki polinomların sayısı kadar modeli sınamaktadır. Söz konusu polinomlara ait giriş ve sonuç parametrelerinin değerlerini hesaplamaktadır. Bu işlemi hata değerini öğrenme işlemi sonunda tüm giriş değerleri için sıfıra götürene kadar devam ettirmektedir. Bu durum, ANFIS uygulaması için olumlu bir gösterge olup, gereksinim halinde varyans analizine alternatif bir yöntem olarak bulanık mantık yaklaşımından yararlanabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Türkbey, O., "Makina sıralama problemlerinde çok amaçlı bulanık küme yaklaşımı", Gazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fakülte Dergisi, 18:Ankara, 63-77, (2003).
- [2] Elmas, Ç., "Bulanık mantık denetleyiciler", Seçkin Yayıncılık, Ankara, (2003).
- [3] Taheri, S.M., "Trends in fuzzy statistics", Austrian Journal of Statistics, 32:, 239-257,(2003).
- [4] Kim, B., Park, J.H., "Qualitative fuzzy logic model of plasma etching process", IEEE Transactions on Plasma Science, 30: 673-678, (2002).
- [5] Yılmaz, N.A.Ş., Alparslan, F.N. and Jain, L., "ANFIS-unfolded –in-time for multivariate time series forecasting", Neurocomputing, 61: 139-168, (2004.)
- [6] Tseng, F.M., Tzeng, G.H., Yu, H.C. and Yuan, B.J.C., "Fuzzy ARIMA model for forecasting the foreign exchange market", Fuzzy Sets and Systems, 118: 9-19, (2001).
- [7] Chiang, D.A., Lin, N.P., "Correlation of fuzzy sets", Fuzzy Sets and Systems, 102: 221-226, (1999).
- [8] Tanaka, S.U., Asai, K., "Fuzzy linear regression model", IEEE Trans.System Man Cybernet, 10: 2993-2938, (1980).
- [9] Yang, M.S., Liu, H.H., "Fuzzy least squares algorithms for interactive fuzzy linear models", Fuzzy Sets and Systems, 135: 305-316, (2003).
- [10] Grezegorzewski, P., "Testing statistical hypotheses with vague data", Fuzzy Sets and Systems, 112: 501-510, (2000).
- [11] El-Shal, S.M., Morris, A.S., "A fuzzy rule based algorithm to the performance of statistical process control in quality systems", Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 9: 207-223, (2000).
- [12] Çömlekçi, N., "Deney Tasarımı ve Çözümlemesi", TC Anadolu Üniversitesi Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı Yayınları, Eskişehir, (1988).
- [13] Apaydın, A., Kutsal, A. ve Atakan, C., "Uygulamalı İstatistik", Ankara, (1994).
- [14] Montgomery, D.C., "Design and Analysis of Experiments", 5th Edition, John Wiley & Sons Inc., USA, (2001).
- [15] Cochran, W.G., Cox, G.M., "Experimental Designs", Wiley Classics Library Edition Published, USA (1992).
- [16] Timothy, J.R., "Fuzzy Logic with Engineering Applications", Mc Graw-Hill, Newyork, (1995).

- [17] Klir, J.G., Yuan, B., “Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications”, Prentice Hall , New Jersey, (1995).
- [18] Jang, J.S.R., Sun, C.T. and Mizutani, E., “Neuro Fuzzy and Soft Computing a Computational Approach to Learning and Machine Intelligence”, Prentice Hall, USA, (1997).
- [19] Jang, J.S.R., “ANFIS: Adaptive-network based fuzzy inference systems”, IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, 23: 665-685, (1993).
- [20] Şentürk, S., “Deney Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı”, Doktora Tezi, Anadolu Üniv.Fen Bilm.Ens., (2006).