

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

İMMMM

**Elektrik - Elektronik
Bilgisayar Mühendisliği
8. Ulusal Kongresi
6 -12 Eylül 1999**

Gaziantep



TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası
Gaziantep Şubesi

Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

25. YIL

TÜBİTAK

Yayımlayanlar:

Gaziantep Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
27310/GAZİANTEP

Elektrik Mühendisleri Odası
Gaziantep Şubesi

TÜBİTAK

ISBN 975 - 7375 - 20 - 9 (TK) - 22 - 5 (2C)

Yayın Hakkı © 1999, Gaziantep Üniversitesi, EMO, TÜBİTAK

Her hakkı mahfuzdur. Bu yayının hiç bir kısmı yayımcılardan Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Mühendisleri Odası Gaziantep Şubesi ve TÜBİTAK'ın yazılı izni alınmadan çoğaltılamaz ve hiç bir biçimde bir erişim sisteminde saklanamaz.

1. Basım : Eylül 1999
Uğur Ofset tarafından basılmıştır.
Telefax : (0 342) 220 34 02
GAZİANTEP

ÖNSÖZ

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ve TÜBİTAK'ın işbirliği ile düzenlenen Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresini bu yıl, ilk defa Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Gaziantep'te yapmaktan gurur ve mutluluk duyuyoruz. Kongre; 6-10 Eylül 1999 tarihleri arasında Gaziantep Büyükşehir Belediyesinin Belediye Sarayı'nda tarafımıza tahsis ettiği salonlarda 4 eş zamanlı oturum halinde gerçekleştirilecektir.

Kongreye gösterilen yoğun ilginin sonucu çok sayıda bildiri gönderilmesine karşın teknik programda yeterli sayıda zaman aralığı bulunmaması nedeniyle, hakemlerden gelen değerlendirmelerin ışığında, programa toplam 212 bildiri alınabilmiştir. Her ne kadar ön duyurumuzda kongrede sunumları kabul edilmiş ancak katılım ücreti ödenmemiş bildirilerin Kongre Kitabı'nda yer almayacağını belirtmiş idiysek de Yürütme Kurulumuz bilimsel hedeflere öncelik tanıyarak, kongrede tartışılmayacak olsalar bile, kabul edilen tüm bildirilerin Kongre Kitabı'nda yer almasını uygun bulmuştur. Kabul edilen bu 212 bildiri 2 cilt halinde sizlere sunulmaktadır. Kongrede tartışılacak, ilginizi çekeceğine inandığımız, bu bildirileri doyurucu nitelikte bulacağımıza eminiz.

Kongre sırasında geniş bir katılımcı kitlesinin ilgisini çekeceğini umduğumuz iki konuda panel düzenlenmiş ve kongre içersinde çağrılı bildirilere de yer verilmiştir. Ayrıca kongre salonlarının hemen yakınında, 2000m² kapalı alanda düzenlenen ve sektördeki firmaların katıldığı "Elektrobil'99" Fuarının da kongremize ayrı bir renk katacağı inancımı taşıyoruz.

Kongremizin sponsor kuruluşlarına, Eiektrobir99 Fuan'na katılarak kongremizi destekleyen özel ve kamu kuruluşlarının yetkililerine, panelistlere, kongreye çağrılı bildiri ile katılan değerli bilim adamlarımıza destek ve katkılarından dolayı teşekkür etmeyi borç biliyoruz

Kongreler, yapılan bilimsel çalışmaların ve üretilen teknolojik yeniliklerin daha geniş bilimsel kitlelerin hizmetine sunulduğu, tartışıldığı ve karşılıklı bilgi alışverişi yapıldığı ortamlardır. Bu yönüyle anılarınızda özel bir yer almasını dilediğimiz 8. Ulusal Kongre'nin, siz katılımcılar için başarılı ve doyurucu olmasını; ayrıca ülkemizin bilimsel ve teknolojik ilerlemesine yön vererek ve ivme kazandırarak amacına ulaşmasını diliyor, Yürütme Kurulumuz adına hepinize saygılarımızı sunuyorum.

Tuncay Ege
Yürütme Kumlu Başkanı

Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği

8.Ulusal Kongresi

(6-12 Eylül 1999)

Kongre Yürütme Kurulu

Tuncay EGE
Muhammet KOKSAL
M. Sadettin ÖZYAZICI
Hamit SERBEST
Eyüp AKPINAR
Cemil ARIKAN
ArifNACAROĞLU
Gülay TOHUMOĞLU
Savaş UÇKUN
M. Hacim KAMOY
Serdar BOZKURT
H. Ali YİĞİT
M. Sıtkı ÇİĞDEM
Erol KARABAY
Doğan EYİKOÇAK
Mustafa KURT
Alaadin COŞKUN

Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Bö-
İnönü Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Çukurova Üniversitesi EE Müh. Böl.
Dokuz Eylül Üniversitesi EE Müh. Böl.
TÜBİTAK
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
ASELSAN A.Ş. Genel Müdürü
SİMKO A.Ş.
E.M.O. Yönetim Kurulu Başkanı
E.M.O. Yönetim Kurulu Yazman Üyesi
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kur. Bşk.
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Bşk. Yrd.
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Yazman Üyesi
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Üyesi

Konular

- * Bilgisayar Ağları ve Donanımı
- * Devreler ve Sistemler
- * Elektrik Makinaları
- * Elektromagnetik Alanlar ve Mikrodalga tekniği
- * Elektronik
- * Enerji Üretim, İletim ve Dağıtım
- * Güç Eletronliği
- * Haberleşme Tekniği
- * Mekatronik ve Robotbilim

- * Optoelektronik
- * Otomatik Kontrol
- * Örüntü Tanıma, Sinyal İşleme, Görüntü Kodlama
- * Tıp Elektroniği
- * Tapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık
- * Yüksek Gelirim Tekniği
- * Ölçme Tekniği
- * Mühendislik Eğitimi

BULANIK MANTIK DENETİMLİ BİR GÜÇ UYARTIM SİSTEMİ

İsmail H. ALTAŞ
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080-Trabzon
E-POSTA altastagedec.ktu.edu.tr

ABSTRACT

A fuzzy logic controller for synchronous generator CKCitation systems is proposed in (hispaper. A dynamic model for excitation systems is developed and controlhd using the proposed approach Many methods have been developed for controlling electrical povver systems. Most of Ihese methods give good performance and have become classical methods in power systems. However, the search for more reliable, cheaper, simpler, andfustur controllers have always been a subject for the researchers. The fuzzy logic based excitation control system introduced in Ihis paper shows a good performance and can be used as an allernalive methodfor the classical ones. Ihis paper explains the modeling of both excitation system and fuzzy logic controller in detail.

1. GİRİŞ

Bulanık küme teorisinin Lotfi A Zadeh tarafından 1965 yılında yayınladığı klasik makalesiyle [1] tanıtılmasının ardından bulanık mantık ve buna bağlı uygulamalar da literatürde yerini almaya başlamıştır. İlk yıllarda fazla rağbet görmemesine rağmen son yıllarda bulanık mantık tabanlı uygulamalar oldukça fazla uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Öyle ki sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda bir uygulama örneği bulmak artık mümkündür [2], Bulanık mantığın en fazla uygulama bulunduğu alan kontrol sistemleri olarak görülmektedir. Bunun en büyük nedeni de 1970'li yılların başında Mamdani ve arkadaşlarının bulanık mantık tabanlı bir denetleyici tasarlayarak uygulamaya koymaları olmuştur [3]. Bu uygulama daha sonra oldukça sık başvurulan bir kaynak olarak kullanılmış ve bulanık denetimin diğer bulanık mantık uygulamalarına göre daha hızlı uygulamaya konulmasına neden olmuştur. Özellikle 1990'lt yıllarda bulanık mantık uygulamaları bir patlama kaydetmiş ve artık çalışmalar bulanık mantık tabanlı denetleyici tasarlamaktan çıkıp, bulanık mantık denetleyicilerin performanslarını artırmaya yönelmiştir.

Bulanık mantık denetleyiciler, diğer alanlarda olduğu gibi elektrik güç sistemlerinde de hızlı bir şekilde

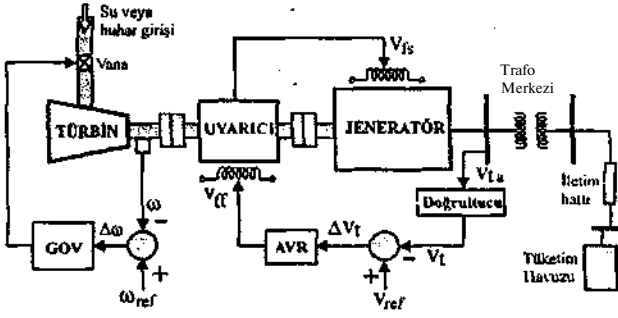
uygulanmaya başlanmış ve özellikle yük-frekans denetimi, bara gerilimi ayarı, kararlılık, yük tahmini, yük akış analizi, parametre kestirimi, koruma sistemleri, ve daha bir çok alanda uygulanmaya başlanmıştır [4-8]. Bulanık mantığın yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar ile birlikte kullanılması sonucu güç sistemlerinin akıllı denetimi mümkün hale gelmiştir[9]. Bulanık mantığın güç sistemlerindeki uygulamaları [10] numaralı kaynakta geniş biçimde incelenmektedir.

Güç sistemlerinin denetimine yönelik oldukça fazla makale ve kitap bulunmaktadır. Bu kitapların hemen tümünde uyarım sistemleri de modellenerek geniş biçimde anlatılmıştır. Bu kitaplardan önemli ikisi kaynaklar listesinde sıralanmıştır [11,12]. Bu kaynaklarda verilen uyarıcı ve güç sistemi modelleri burada açılarak, bilgisayar ortamında benzetimleri elde edilmiş ve bulanık mantık tabanlı denetleyici modeli ile birleştirilerek birlikte simüle edilmişlerdir. Bilindiği gibi güç sistemlerinde şebeke gerilimi ve frekansı ani yük değişimleri ve arızalardan etkilenerek asıl değerleri civarında salınırlar. Bu salınımların genliklerinin büyük, sönüm sürelerinin uzun olması güç sisteminde kararsızlığa da varacak istenmeyen etkilere neden olur. Bu etkileri ortadan kaldırmak için, meydana gelecek en küçük bir gerilim ve/veya frekans değişiminin anında algılanıp sistem hızlı bir şekilde denetlenerek oluşacak salınımlar en küçük hasarla söndürülmelidirler.

Klasik denetim mekanizmalarına göre daha hızlı çalışan bir bulanık mantık denetleyici bu çalışmada tasarlanarak güç sistemlerinin temel elemanı olan senkron jeneratör uyarımının denetiminde kullanılmıştır. Terminal geriliminde meydana gelen değişimler bir doğultucu üzerinden negatif geri besleme işareti olarak denetleyiciye geri beslenip burada bulanık mantık denetleyici tarafından kullanılmaktadır. Bulanık mantık denetleyici bu alırım işaretini en kısa sürede sıfırlayacak şekilde tasarlanıp, uygulamaya konulmuştur. Simülasyonu yapılan güç sisteminin modeli aşağıda avrıntılı olarak verilmektedir. Daha sonra da bulanık mantık denetleyici tanıtılacaktır. Son olarak da birleşik sistem ele alınacak ve elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

2. GÜÇ SİSTEMİ

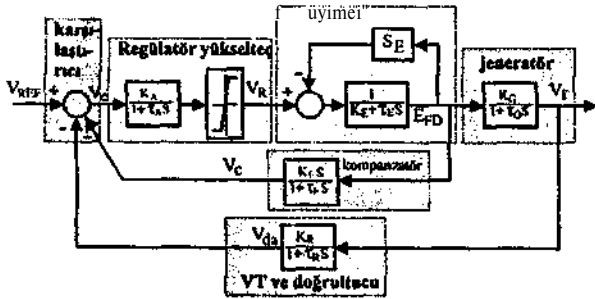
Bu çalışmada ele alınan güç sisteminin prensip şeması Şekil 1 de verilmektedir. Burada hem uyarım hem de yük-frekans



Şekil 1. Güç denetim sisteminin prensip şeması

denetimi bulunmaktadır. Ancak bunlardan sadece uyarım sistemine ilişkin denetim bu çalışmada ele alınmaktadır. Bu nedenle aşağıda yapılan model sadece uyarıcı-jeneratör-doğrultucu-AVR-uyarıcı çevrimini kapsamaktadır. Tahrik sistemi (governor) ile ilgili bir denetim yapılmadığı için jeneratöre uygulanan mekanik güç sabit kabul edilmektedir. Hidrolik sistemlerde mekanik giriş gücünün zaman sabiti elektriksel zaman sabitlerine göre büyük olduğu için kısa süreli değişimlerde bu kabul doğru sayılabilir.

otomatik voltaj regülatörü, uyarma sisteminin beynini oluşturan kısımdır. Çünkü gerilim regülatörü uyarıcının çıkışını ayarlayarak üretilen gerilim ve reaktif güçteki değişimlerin istenilen sınırlar içerisinde kalması sağlanır. Gerilim regülatörü sistem çıkışındaki gerilimi veya akımı algılayarak gerekli ayarlamaları yapar. Gerilim regülatörünün hızı kararlılık için çok önemlidir. Jeneratör uyarım sargısının yüksek değerli endüktansı nedeniyle uyarım akımının ani olarak değiştirilmesi olanaksızdır. Dolayısıyla denetim işleminde mutlaka bir gecikme meydana gelir. Bu gecikme çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Bu problemi çözebilmek için değişik gerilim regülatörleri güç sistemlerinde kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri [13]: Elektromekanik, döner yükselteçli, ve manyetik yükselteçli, elektronik yükselteçli regülatörler olarak sıralanabilirler. Bunlara ek olarak bu çalışmada bulanık mantık tabanlı bir regülatör önerilmektedir. Şekil 1 de verilen güç sisteminde otomatik voltaj regülatörü ile ilgili denetim çevrimi Şekil 2 de blok diyagramı biçiminde yeniden verilmektedir.



Şekil 2. Uyarıcı denetim sisteminin blok diyagramı.

Uyarıcı kontrol blok diyagramının verildiği Şekil 2 de regülatör yükselteç olarak tanımlanan kısımda klasik

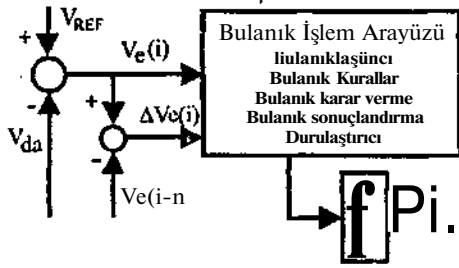
gerilim regülatörünün transfer fonksiyonu verilmiştir. Ayrıca genelde opsiyonel olarak verilen bir kompanzatör de bu diyagrama eklenmiştir. Türev geribeslemeli bir yapıya sahip olan bu kompanzatör elektrik güç sistemlerinde kararlılaştırıcı (PSS) olarak kullanılır. Burada amaç, hem gerilim regülatörünü, hem de kararlılaştırıcı kompanzatörü bu sistemden çıkarıp, yerlerine her ikisinin görevini yapabilecek bir sistem koymaktır. Bu nedenle Şekil 2 de verilen sistemde kompanzatöre ait blok kaldırıp, regülatöre ait blok yerine de bulanık mantık tabanlı sistemi koymak yeterli olacaktır. Ele alınan güç sisteminde klasik regülatörün, kompanzatörün, ve bulanık mantığın etkilerini gözleyebilmek için üç ayrı denklem takımı elde edilerek sistemin simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla, kompanzatsüz klasik regülatörlü uyarım sisteminin simülasyonu için denklemler (1), kompanzatörün de bulunduğu klasik regülatörlü sistemin simülasyonu için denklemler (2), sadece bulanık mantığın uygulandığı sistemin simülasyonu için denklemler (3) kullanılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_{da} \\ \dot{v}_t \\ \dot{e}_{FD} \\ \dot{v}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\tau_R} & \frac{K_R}{\tau_R} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{\tau_U} & \frac{K_G}{\tau_U} & 0 \\ 0 & 0 & -\left(\frac{S_E + K_E}{T_E}\right) & \frac{1}{T_F} \\ -\frac{K_A}{\tau_A} & 0 & 0 & -\frac{1}{\tau_A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{da} \\ v_t \\ e_{FD} \\ v_R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{K_A}{\tau_A} \end{bmatrix} V_{REF} \quad (D)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_{da} \\ \dot{v}_t \\ \dot{e}_{FD} \\ \dot{v}_R \\ \dot{v}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\tau_R} & \frac{K_R}{\tau_R} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{\tau_U} & \frac{K_G}{\tau_U} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\left(\frac{S_E + K_E}{T_E}\right) & \frac{1}{T_F} & 0 \\ -\frac{K_A}{\tau_A} & 0 & 0 & -\frac{1}{\tau_A} & -\frac{K_A}{\tau_A} \\ 0 & 0 & -\left(\frac{S_E + K_E}{T_E}\right) \frac{K_I}{T_I} & \frac{K_E}{T_E \tau_U} & -\frac{1}{T_E} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{da} \\ v_t \\ e_{FD} \\ v_R \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{K_A}{\tau_A} \\ 0 \end{bmatrix} V_{REF} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_{da} \\ \dot{e}_{FD} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\tau_R} & \frac{K_R}{\tau_R} \\ 0 & -\frac{1}{T_E} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{da} \\ e_{FD} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_A}{T_E} \end{bmatrix} V_{REF} \quad (3)$$

Bu denklemlerde transformatör ve doğrultucu zaman sabiti $T_R=0.015$, kazancı $K_R=1.0$ alınmıştır. Regülatör yükseltecin zaman sabiti ve kazancı ilişkin veriler sırasıyla $-1^{\wedge}=0.05$ ve $K_A=5$ olarak, uyarıcı sistemin zaman sabiti, kazancı ve doyma sabiti $T_E=0.5$, $K_E=-0.05$ ve $S_E=0.4$ olarak, jeneratörün zaman sabiti ve kazancı $X_0=1.0$ ve $K_Q=1.0$ olarak, kompanzatörün zaman sabiti ve kazancı da $T_F=0.4$ ve $K_p=0.04$ olarak alınmıştır. Bu denklemler kullanılarak uyarım sisteminin simülasyonu yapılmış ve girişe uygulanan birim darbe işarete karşı davranışı her üç durum için de incelenmiştir. Ancak bulanık mantık denetimli sistemde kullanılan Denklem (3) yukarıda verilen biçimi ile değil, bukuut mantık tahanlı sistemle birleştirildikten sonra kullanılmıştır. Bu birleştirme işleminde bulanık mantık tabanlı denetleyicinin giriş ve çıkış büyüklükleri Şekil 4 de verilmektedir.



Şekil 3. Bulanık mantık işlemcinin giriş ve çıkışları.

3. BULANIK MANTIK ARAYÜZÜ

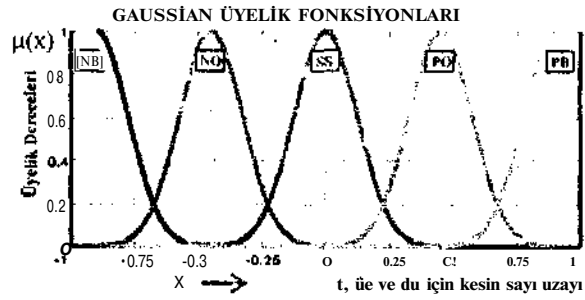
Bulanık mantık denetleyiciler, tıpkı bir insanın makina başında çalışma koşullarını gözlemleyerek o makina kullanmasına benzer şekilde çalışırlar. Dolayısıyla, tıpkı usta bir operatör gibi sistem çıkışına bakarak, sistem girişini ayarlar. Burada, terminal geriliminin doğrultulmuş değere ile referans gerilim değeri arasındaki fark olan gerilim hatası ($e=V_e$) ve bu hatadaki değişim ($de=AV_e$) Şekil 3 de gösterildiği gibi elde edilip, giriş işaretleri olarak bulanık denetleyiciye gönderilir.

Bulanık mantık tabanlı bir denetleyici genel olarak üç kısımdan oluşur. Bunlar sırasıyla, *bulanıklaştırıcı*, *kural atama tablosu*, ve *durulanına* dır. Bulanık denetleyiciye gönderilen ve gerçek değerlere sahip olan iki giriş işareti (V_e ve AV_e), ilk aşamada *bulanıklaştırıcı* tarafından bulanık sayılara dönüştürülür. Daha sonra bu bulanık sayılar *kural atama tablosu* tarafından denetim işaretindeki değişimi temsil eden bulanık sayıyı belirlemek amacıyla kullanılırlar ve *bulanık karar verme* işlemi sonucunda bu sayı elde edilir. Son aşamada ise, denetim işaretindeki değişimi temsil eden bulanık sayı, *durulaştırıcı* tarafından gerçel sayıya ($u=V_r$) dönüştürülür ve denetim işaretinin bir önceki değerine eklenerek yeni denetim işareti belirlenir.

Durulaştırma ve kuralların uygulanması sırasında her bir bulanık sayı grubunda beşer adet bulanık küme kullanılarak bulanık değişkenler sözel olarak temsil edilmişlerdir. Bu sözel değişkenler sırasıyla *negatif büyük* (NB), *negatiforta* (NO), *sıfır* (SS), *pozitiforta* (PO) ve *pozitif büyük* (PB) olarak tanımlanmıştır. Kullanılan bu sözel değişkenler için Şekil 4 de verilen gaussian biçimli üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Şekil 4 de verilen üyelik fonksiyonlarının her biri Denklem (4) ile verilen bağıntı ile temsil edilmektedir.

$$\mu(x) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_p}{w}\right)^2} \quad (4)$$

Burada x_p ilgili üyelik fonksiyonun maksimum üyeliğe sahip olduğu $\mu(x)=1.0$ değerine karşılık gelen x gerçel sayısını temsil etmektedir. Gaussian fonksiyonun genişliği yani bulanıklık derecesi ise w parametresi ile ayarlanmaktadır. Şekil 4 de verilen fonksiyonlar için $w=50$ olarak alınmıştır.



Şekil 4. Kullanılan üyelik fonksiyonları.

Bulanık işlemlerin yapıp bulanık kararların verildiği birimin temel elemanları bulanık kurallardır. Bu bulanık kurallar, eldeki bulanık verilerden yeni bulanık sonuçlara varılmasını sağlarlar. Kullanılan bulanık kurallar Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Kural atama tablosu.

	NB _{de}	NO _{de}	SS _{de}	PO _{de}	PB _{de}
NB _e	1 NB _{du}	2 NB _{du}	3 NO _{du}	4 NO _{du}	5 FS _{du}
NO _e	6 NB _{du}	7 NO _{du}	8 NO _{du}	9 SS _{du}	10 PO _{du}
SS _e	11 NO _{du}	12 NO _{du}	13 SS _{du}	14 PO _{du}	15 PO _{du}
PO _e	16 NO _{du}	17 SS _{du}	18 PO _{du}	19 PO _{du}	20 PB _{du}
PB _e	21 FS _{du}	22 PO _{du}	23 PO _{du}	24 PB _{du}	25 PB _{du}

Herhangi bir örnekleme anında elde edilen hata (e) ve hatadaki değişim (de) in gerçek değerleri, bulanık kümelerde sahip oldukları üyelik derecelerine bağlı olarak bulanık sayılara dönüştürülürler. Dönüştürme işlemi *bulanıklaştırıcı* tarafından yapılır, e ve de hangi bulanık kümede sıfırdan farklı üyelik derecesine sahipse o kümenin yada kümelerin temsil ettiği sözel terimlerle ifade edilirler. Örneğin, eğer e *negatif orta* (NO) kümesinde sıfırdan farklı bir üyelik derecesine sahipse, e için, *e negatif ortadır = e NO dır*.

ifadesi kullanılır. Benzer ifadeler de için de geçerlidir. Toplam beş adet bulanık küme kullanıldığı için, e ve de nin bu kümelerde üyelik derecesine sahip olma durumları göz önüne alınarak Tablo 1 de verilen kurallar elde edilmiştir. Bu kurallar aslında e ve de nin bulanık kümelerdeki üyelik durumlarına göre du nun hangi bulanık kümede üyeliğe sahip olması gerektiğini göstermektedir.

Kural tablosunda verilen kurallar, söze! olarak

$$\text{IF } e = \text{NB AND } de = \text{NO THEN } du = \text{NB}$$

şeklinde ifade edilir. Buradaki e, de ve du terimleri kaldırılarak indis olarak kullanılırlarsa, sözel ifade:

$$\text{IF } \text{NB}_e \text{ AND } \text{NO}_{de} \text{ THEN } \text{NB}_{du}$$

biçiminde yazılır. Bu sadece bir kuraldır. Eğer birden fazla kural söz konusu ise bunlar birbirlerine ELSE veya ELSE IF terimi ile bağlanırlar. Bulanık mantık denetleyicinin tasarlanıp uygulanmasına yönelik geniş açıklamalar [5] > bulunabilir.

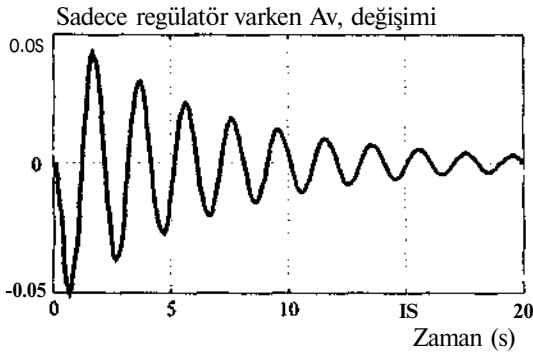
Yukarıdaki sözel ifadelerden anlaşılacağı gibi, her bir kural, e ve de yi temsil eden bulanık küme kesişimleri ile du'yu temsil eden bulanık küme arasındaki bulanık ilişkiyi tanımlamaktadır

Bütün kurallar işlenip, her bir kurala ilişkin bulanık sonuç elde edildikten sonra, bu sonuçlar durulaştırılarak istenilen gerçek sonuç belirlenir. Durulaştırma işlemi, ise bulanık denetleyicinin *Durulaştırma* biriminde gerçekleştirilir. Bulanık denetim algoritmasının son aşaması olan *durulaştırıcı* & bilinen durulaştırma yöntemlerinden uygun olan biri kullanılarak bu işlem yapılır. Bu makalede *alanların merkezi* yöntemi kullanılarak çıkış işaretindeki değişim elde edilmiştir.

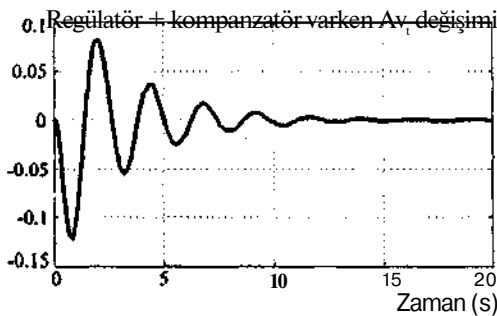
$$du = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{du}(i) \times dU(i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{du}(i)} \quad (5)$$

4. SONUÇLAR

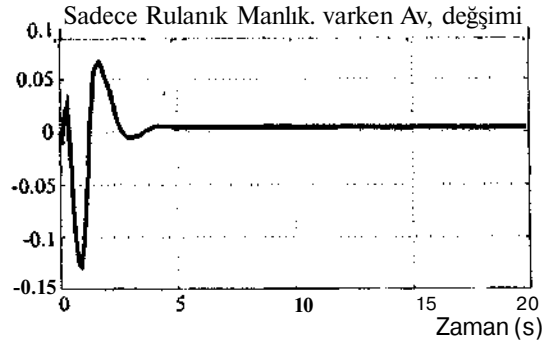
Yapılan simülasyon sonuçları Şekil 5-7 de verilmektedir. Sitemin klasik yapısıyla, sadece regülatör varken yapılan çalışmanın sonucu Şekil 5 de görülmektedir. Bu klasik sisteme kompanzator eklendiğinde elde edilen değişim Şekil 6 da, sadece bulanık mantık varken elde edilen sonuç ise Şekil 7 de görülmektedir. Bu üç grafik de terminal gerilimindeki değişimin zamana göre çizimidir. Bu aslında gerilim hatasının değişimini de temsil etmektedir. Şekillerdeki değişimin genlik ve sönüm süreleri arasındaki farklar, her üç durumun işlem performansı ve sistem üzerindeki etkisini vermektedir.



Şekil 5. Regülatörlü kompanzatorsüz sistem.



Şekil 6. Regülatör ve kompanzator bulunan sistem.



Şekil 7. Sadece bulanık mantık bulunan sistem.

5. DEĞERLENDİRMELER

Bulanık mantık tabanlı denetleyici ile yapılan uyarım denetiminde sistem diğerlerine göre daha basite indirgenmiş, elde edilen tepke de daha az genlikli ve daha kısa sürede sönen bir yapıya sahiptir. Regülatör yükselteç tarafından eklenen zaman gecikmesi kaldırıldığından tepke süresi kısalmıştır. Yalnız bu defa da bulanık denetim algoritmasının hızı gündeme gelmektedir. Eğer yavaş işleyen bir algoritma ve yavaş bir bilgisayar kullanılırsa bu tepke süresi uzayabilir. Bulanık mantık denetiminin kullanılması sistemi basitleştirdiği için maliyetini de düşürecektir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Zadeh, L.A. "Fuzzy sets", *Information and Control* 8,338-353, 1965.
- [2] Maier, J. and Sherif, Y.S. "Applications of fuzzy set theory", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-15, No. 1, 175-189, January/February 1985.
- [3] Mamdani, E.H. and Assilian, S. "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", *Int. J. Man-Machine Studies* 1, 1-13, 1975.
- [4] Hiyama, T., K. Miyazaki and H. Sntoh. "A fuzzy logic excitation system for stability enhancement of power systems with multi-mode oscillations.", *IEEE Transactions on Energy Conversion* Vol. 11, No. 2, pp. 449-454, June 1996.
- [5] Altaş, İ. H., "A Fuzzy Logic Controlled Static Phase Shifter for Bus Voltage Regulation of Interconnected Power Systems", *ICFM'98 - International Conference on Electrical Machines*, İstanbul, Turkey, pp.66-71, 2-4 September 1998.
- [6] Xiaohong Guan, P.B. Luh and B. Prasanna. "Power system scheduling with fuzzy reserve requirements.", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 11, No. 2, pp. 864-869, 1996.
- [7] Liu, W.-H.E. and X. Guan. "Fuzzy constraint enforcement and control action curtailment in an optimal power flow.", *IEEE Transactions on Power Systems*. Vol. 11, No. 2, pp. 639-645, 1996
- [8] Mori, H. and H. Kobayashi. "Optimal fuzzy inference for short-term load forecasting.", *IEEE Transactions on Power Systems* Vol. 11, No. 1, pp. 390-396, February, 1996.
- [9] Liu, C. "Intelligent system applications to power systems", *IEEE Computer Applications in Power*, Vol. 10, No. 4, pp. 21-24, October 1997.
- [10] El-Hawary, M. E., *Electric power applications of fuzzy systems*, IEEE Press, 1998.
- [11] Sauer, P.W. and Pai, M.A., *Power Systems Dynamics and Stability*, Prentice-Hall, Inc., 1998.
- [12] Anderson, P.M. and Fouad, A.A., *Power system control and stability*, IEEE Press, 1993.
- [13] Crenshaw, M.L., et al. "Excitation system models for power system stability studies", IEEE Committee Report, *IEEE Trans. On Power Apparatus and System*, Vol. PAS-100, No. 2, pp. 494-509, February 1981.

YAPAY SINIR AĞLARINDA KULLANILAN ÜÖRT BÖLGELİ CMOS ANALOG ÇARPICI

Burcu KAPANOĞLU & Tülay YILDIRIM
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Rolümü
Yıldız Teknik Üniversitesi
80750 Beşiktaş - İstanbul
E-nuıl : lula@yildiz.cdu.tr

ABSTRACT

The Four Quadrant CMOS Analog Multipliers produced by analog signal processing technology have great importance in electronics. Having small area, a MOSFET used in designing brings two basic advantages. These are small active chip area and low power consumption. Having single ended inputs is another property of the circuit designed here. Owing to the advantages mentioned above a four quadrant CMOS analog multiplier is very suitable for use in the implementation of artificial neural networks. It allows to obtain variable decision boundaries for some neural networks. This is also demonstrated by Pspice simulations.

1. GİRİŞ

Analog çarpıcı devreleri önceleri klasik uygulamalar ile di/ayn edilirdi. Bu tür tasarımda, çok yer kaplayan geniş anaharlamalı kapasiteler ve dirençler kullanılmaktadır. Bu elemanların boyutları bugün kullanılan MOS transistörler göre büyük olduğundan tasarlanan yonganın alanı da geniş olmaktadır. Ayrıca dirençler sadece yer kaplamakla kalmayıp aynı zamanda çok güç tüketirler. Bu olumsuz etkenler CMOS teknolojisi kullanılarak yok edilmektedir. CMOS teknolojisiyle üretilen dört bölgeli analog çarpıcıların VLSI yerleşim planlarında oldukça küçük yer kapladığı görülmektedir. Belirtilen avantajları nedeniyle dört bölgeli CMOS analog çarpıcının çeşitli alanlarda kullanımı mümkün olmaktadır. Analog sistemlerle paralel olan CMOS analog çarpıcının geniş alanlı zor problemleri çözdüğü ispat edilmiştir. Bununla birlikte analog hesap etme teknolojisi de zamanla ilerlemiştir. CMOS analog çarpıcının yüksek lineer olma özelliği modülasyon, demodülasyon, adaptif filtre, otomatik kazanç kontrolü gibi uygulamalarda kullanılmasını sağlamaktadır.

3 (m p-well standartlarında işlenen CMOS'lann tasarımıyla elde edilen çarpıcıların aktif yonga alanı kullanılan MOSFET'lerin sayısına ve görünüş oranına (W/L) bağlıdır. Bu çalışmada, 14 adet CMOS transistor ile gerçekleştirilen Şekil 1'deki devrede transistor boyutları mümkün olduğunca küçük tutulmuştur. Küçük boyutlara sahip CMOS transistörlerden akan akımların [pA] dolayında olması güç tüketiminin düşük olduğunun da göstergesidir. Bu devrenin bir avantajı da tek girişlerle sonlandırılmasıdır.

Çarpıcıyı beslemeden önce girişlerin ön işlemlerden geçirilmemesi de fazlalık alanın kurtulmasını sağlar.

2. DEVRE TASARIMI

Prensipte çarpıcılar iyi bilinen aşağıdaki karesel eşitliğe dayanmaktadır [1].

$$(v_1 + v_2)(v_1 - v_2) = 2v_1v_2 \quad (D)$$

Benzer ilişki transistörler doymadıkten savak akımı I_D ile geçit-kaynak gerilimi V_{os} arasında vardır. Şekil 1 'deki devre beş p-MOS transistörden ve üç akım aynasından oluşmaktadır. $M_{1,5}$ transistörleri aynı görünüş oranına (W/L) sahiptir. Transistörler doyma bölgesinde incelenmiştir. Doyma bölgesindeki savak akımı ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$I_D = K(V_{os} - V_T)^2(1 + \lambda V_{Ds})$$

$$K = 1/2(\mu_n C_{ox} W/L)$$

Kanal boyu modülasyonu parametresi λ hesaplamalarda ihmal edilecektir. Geçit iletkenliği parametresi K , $M_{1,5}$ transistörleri için aynıdır. Transistörlerin kaynak ve gövde uçları birbirine bağlanarak gövde etkisi yok edilmiştir. Şekil 1' deki M_1 , M_2 , M_3 , M_4 transistörlerinden akan savak akımları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

$$I_1 = K(V_{b1} - V_{in1} - |V_T|)^2 \quad (2)$$

$$I_2 = K(V_{b2} - V_{in2} - |V_T|)^2 \quad (3)$$

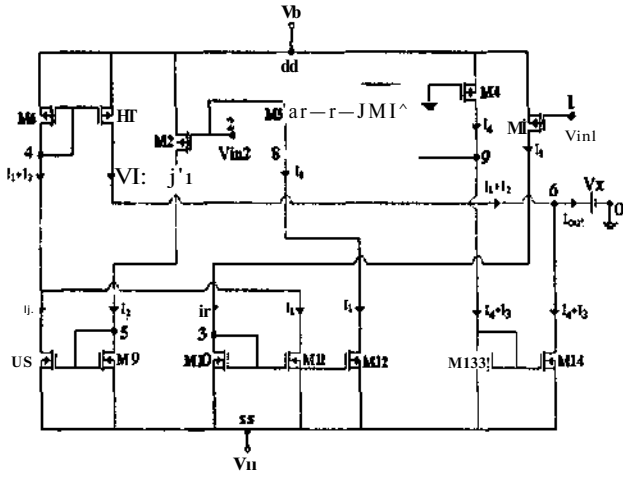
$$I_3 = K(-V_{G3} - |V_T|)^2 \quad (4)$$

$$I_4 = K(V_{b4} - |V_T|)^2 \quad (5)$$

$$I_5 = K(V_{in2} - V_{G3} - |V_T|)^2 \quad (6)$$

M_1 ve M_5 transistörlerinden akan savak akımları I_1 ve I_5 aynasından dolayı birbirine eşittir.

$$I_1 = I_5$$



Şekil 1

M1 ve M2 transistörlerinin proses parametreleri aynı olduğundan bu transistörlerin V_{DS} gerilimleri de birbirine eşittir.

$$V_{m2} - V_{O3} = V_b - V_{in1}$$

Yukarıdaki eşitlikten

$$V_{O3} = V_{in1} + V_{m2} - V_b$$

ifadesi elde edilir. (7) nolu ifade (4) nolu eşitlikte kullanılırsa

$$I_3 = K (V_b - V_{in1} - V_{m2} - |V_T|)^2 \quad (8)$$

ifadesi elde edilir. Şekil 1'deki 6 nolu düğüme Kirshoffun akımlar yasası uygulanırsa

$$I_{out} = I_1 + I_2 - I_3 - I_4 \quad (9)$$

çıkış akımı ifadesi elde edilir. (2) , (3) , (8) , (5) nolu eşitliklerdeki savak akımı ifadeleri (9) nolu eşitlikte yerine konulursa

$$U = -2K V_{in1} V_{in2} \quad (10)$$

eşitliği sağlanır. (10) nolu ifadeden görüldüğü gibi I_{out} çıkış akımı V_{in1} ve V_{in2} giriş gerilimlerine lineer bağlıdır.

Aşağıdaki ifadeden görüldüğü gibi kanal boyu modülasyonu parametresi X , efektif kanal uzunluğu L_{eff} ile ters orantılıdır.

$$\lambda = \frac{1}{L_{eff} \mu_{DS}} \left[\frac{2 \epsilon_{si}}{q N_{SUB}} \right]^{1/2} \left[\frac{V_{DS} - V_{DS(sat)}}{4} + \left[1 + \left(\frac{V_{DS} - V_{DS(sat)}}{4} \right)^2 \right]^{1/2} \right]$$

Kanal boyu parametresini ihmal edilebilir durumu getirmek efektif kanal boyunu artırmakla olur. Fakat transistor boyutunu arttırmak aktif yonga alanını genişletir, bu da istenen bir durum değildir. Bu nedenle kanal boyu

modülasyonundan en az etkilenecek şekilde transistörlerin boyutlan mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır.

Şekil 1'de görülen transistörlerin boyutları tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1

M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
LAV	6/3	6/3	6/3	8/4	6/3	5/5	5/5
Mg.4	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄
L/W	4/4	4/4	6/9	6/9	6/9	5/5	5/5

3. SİMÜLASYON SONUÇLARI

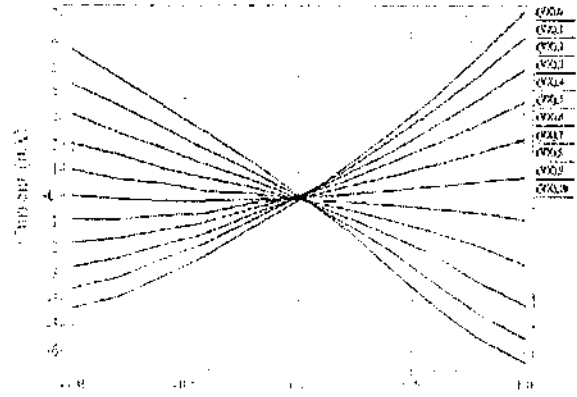
Şekil 1' deki devre, giriş gerilimleri 0.2V adımlarla

$$V_{in1} = -IV \dots IV$$

$$V_{in2} = -IV \dots IV$$

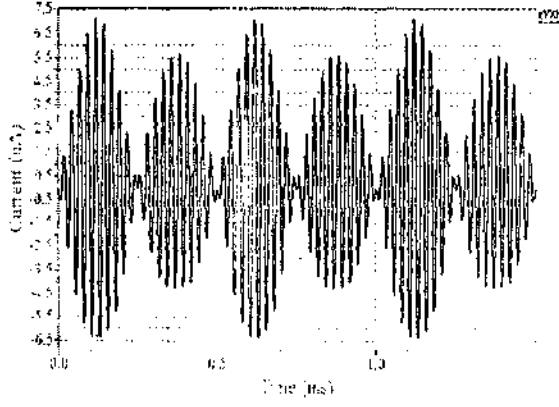
aralığında olacak şekilde, Pspice2 simülasyon programı kullanılarak incelenmiştir. En iyi sonuçlar, $V_b = 2. IV$ ve $V_{SS} = -5V$ gerilim değerlerinde elde edilmiştir.

Pspice 2'de gerçekleştirilen DC analiz sonucu elde edilen eğri Şekil 2'de verilmiştir. Bu parametrik eğri dikkatlice incelendiğinde çıkışta belli bir offset olduğu görülür. Çıkıştaki maksimum offset 735nA olarak ölçülmüştür. Mobilite ve kanal boyu modülasyonu etkisi eğrinin idealden kaymasına neden olmaktadır. Ayrıca transistörler üzerinde harcanan güç de yaklaşık $1mW$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil. 2

Şekil 1'deki transistörlerin aralarındaki görünüş oranları (W/L) aynı kalmak şartıyla boyutları değiştirilerek CMOS analog çarpıcının parametrik eğrisi sağa-sola veya yukarı-aşağı kaydırılabilir. Bu da özellikle bazı yapay sinir ağı devrelerinin gerçekleştirilmesinde yararlı olmaktadır. Örneğin, çok katmanlı ağlarda ve konik kesit fonksiyonlu sinir ağlarında değişik kanır sınırlarını elde etmede kullanılabilir.



Şekil.3

Pspice 2' de transient analiz sonucu elde edilen parametrik eğri Şekil 3' de verilmiştir. Farklı frekanstaki sinüsoidal işaretler V_{m1} ve V_{m2} girişlerine uygulanarak

$$V_{m1} = 2\text{kHz} \quad V_{m2} \rightarrow 40\text{kHz}$$

çıkış 0.5us adımlarla 0-1.5ms zaman aralığında incelenmiştir.

4. SONUÇ

CMOS analog çarpıcının elde edilen DC analizinde girişler -IV ile IV arasında incelenmiştir. Bu devrenin tek girişlerle sonlandırılması sonucunda devreyi beslemeden önce girişlerin ön işlemlerden geçirilmemesi fazlalık alandan kurtulmamızı sağlar. Tablo 1 'den de görüldüğü gibi transistörlerin boyutları oldukça küçük seçilmiştir. Aktif yonga alanının küçük ve güç tüketiminin düşük olması bu tasarımın yapay sinir ağları uygulamalarında kullanımını uygun hale getirmektedir. Bu daha önce de belirtildiği gibi bazı yapay sinir ağlarının tasarımında gerekli olan farklı karar şuurlarının elde edilmesini sağlamaktadır.

5. KAYNAKÇA

- [1] Navin Saxena and James J. Clark, "A Four Quadrant CMOS Analog Multiplier for Analog Neural Networks", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol.29, no.6, June 1994.
- [2] Poul W. Hollis and John J. Paulos, "Artificial Neural Networks Using MOS Analog Multipliers", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol.25, no.3, June 1990.
- [3] Ho-Jun Song and Choong-Ki Kim, "An MOS Four-Quadrant Analog Multiplier Using Simple T_{vo}-Input Squaring Circuits with Source Followers", IEEE Journal of Solid-State Circuit, vol.25, no.3, June 1990.
- [4] Phillip E. Ailen and Douglas R. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, 1987.

seviye dağılım karakteristiğimi belirlemekte önemli bir faktördür. Analog eğitim seti için incelenmiş olan bu durum aşağıda ayrık (binary) datalardan oluşan bir eğitim seti için denenmiştir.

Uygun Eğitim Setinin Seçilmesi ve Öğrenme Sürecine Etkisinin İncelenmesi

Eğitim setinin öğrenme sürecinde etkisini gözlemleyebilmek için, çok katmanlı yapay sinir ağlarının üç boyutlu bir düzlemde pattern ayırabilme özelliği ele alındı. Bu inceleme için 3 girişli EXOR ve EXNOR lojik fonksiyonu kullanılarak üretilen data setleri kullanıldı. Her bir set 16 pattem içerecek şekilde seçildi ve oluşturan eğitim setlerinde giriş ve çıkış vektörlerinde '0' ve '1' lojik seviyelerin dağılım karakteristiği, (eğitim setinde '0' ve '1' patternlerinin görünme oranı $P(0)$ ve $P(1)$) Tablo I de gösterilen şekilde ayarlandı. Dağılım karakteristiklerinin seçiminde teorik altyapı ağırlıklı bağlantıların update formülleri olarak verilen (7) ve (9) nolu formüllerinin analitik ve istatistiksel analizinden hareket edilerek oluşturuldu.

Yapılan 6 deneme için aynı başlangıç ağırlıkları ve ağ parametreleri kullanıldı. 3-5-1 yapısında çok katmanlı bir sinir ağı için iterasyon limiti 30000 olarak set edildi. Sinir ağının hata limiti ise 0.00001 mse (mean squared error) olarak tesbit edildi. Ayrıca ağ parametrelerinden öğrenme oranı 0.01 ve momentum terimi 0.3 olarak alındı.

Elde edilen sonuçlar Şekil 1 ve Şekil 2 de gösterilmektedir. Sonuçlar veri dağılım karakteristiğinin öğrenme süreci üzerinde oldukça büyük etkisi olduğunu açık olarak göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo II' de verilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, giriş vektörlerinin dağılım karakteristiğinde T lerin görünme olasılığı $P(1)$, '0' ların görünme olasılığı $P(0)$ dan daha büyük seçilebilirse 30000 iterasyon sonunda YSA öğrenme sürecinin daha başarılı olmaktadır (Tablo H'e bakınız). EXOR probleminin uygulandığı YSA çıkışında meydana gelen hata $P(1)=P(2)$ olduğu eğitim setinde (EXOR1) 0.00746 mse olarak elde edilmiş iken, $P(1)$ olasılığının artırıldığı eğitim seti için (EXOR2) daha küçük ve $P(1)$ olasılığının azaltıldığı eğitim seti (EXOR3) için ise daha büyük olmaktadır. EXNOR için elde edilen deneysel sonuçlar da aynı yöndedir. Bu analog data seti için yapılan teorik çalışmanın öngördüğü durumun ayrık datalardan oluşmuş eğitim seti için de geçerli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar ayrıca literatürde tamamem amprik olarak verilmiş olan bazı sonuçların da teorik altyapısını oluşturabilir. Örneğin Chua ve diğerleri [18] analog giriş datalarının kodlanarak YSA'na uygulanmasının öğrenme üzerinde oldukça olumlu etki yaptığını deneysel olarak göstermiştir. YSA two-spiral problemini 30.000 iterasyondan sonra dahi öğrenemez iken, kullanılan temperature kodlama 400 iterasyon sonrasında sonuç vermiştir. Chua ve diğerlerinin deneysel olarak sundukları bu bulgular yukarıdaki verilen sonuçlar ile uyumludur. Gerçekten temperature kodlama inceltirse $P(1) \gg P(0)$ olduğu görünebilir ve bu bizim teorik çalışmalarımızın YSA'nın hızlı yakınsaması için olumlu gördüğü bir durumdur. Ayrıca temperature kodlama pattemler

arasındaki Hamming uzaklığını artırıcı bir rol oynar ki bu da yapay sinir ağlarının pattern ayırma kabiliyetini olumlu yönde etkileyen bir sonuçtur.

Sonuç

Bu çalışmada eğitim setinde giriş ve çıkış vektörlerinin dağılım karakteristiğinin öğrenme sürecine etkisi ayrık giriş ve çıkış değerleri için incelenmiştir. Analog eğitim seti için yapılmış teorik çalışmaların ayrık eğitim setleri içinde genelleştirilebileceği gösterilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, bir YSA için $K > M$ ise böyle bir ağ yapısı için eğitimi setinde giriş vektörlerinde $P(1)$, T lerin görünme oranını, eğer $P(0)$. '0' ların görünme oranından fazla seçebilirsek YSA'nın yakınsama hızı olumlu yönde etkilenecektir.

Tablo I (a) EXOR problemi için oluşturulmuş eğitim setleri ve giriş ve çıkış vektörleri için $P(0)$ ve $P(1)$ değerleri

EXOR1	EXOR2	EXOR3
000 0	110 0	001 1
0 11 0	111 1	000 0
100 7	10 1 0	0 10 1
111 7	0 11 0	1 00 /
110 0	1 00 7	0 11 0
101 0	101 0	0 1 0 ;
0 1 0 ;	110 0	001 /
00 1 7	010 /	101 0
0 11 0	111 /	
10 1 0	0 11 0	0 0 0 a
111 /	00 1 /	100 /
110 0	10 1 0	110 rt
100 7	111 /	0 10 7
0 1 0 ;	000 0	000 0
000 ü	0 11 0	111 /
	110 0	100 1
Giriş dağılımı	Giriş dağılımı	Giriş dağılımı
$P(0)/P(1):24/24$	$P(0)/P(1): 18/30$	$P(0)/P(1):30/18$
Çıkış dağılımı	Çıkış dağılımı	Çıkış dağılımı
$P_{u}(0)/P_{u}(1):8/8$	$P_{u}(0)/P_{u}(1):10/6$	$P_{u}(0)/P_{u}(1): 6/10$

Tablo I (b) EXNOR problemi için oluşturulmuş eğitim setleri ve giriş ve çıkış vektörleri için $P(0)$ ve $P(1)$ değerleri

EXNOR1	EXNOR2	EXNOR3
000 1	1 1 0 ;	001 0
01 1 1	1 1 1 0	000 1
1 00 0	1 01 1	0 10 0
1 1 1 0	0 1 1 1	1 00 0
1 1 0 1	1 00 0	0 1 1 1
101 1	1 01 1	0 10 0
0 1 0 0	1 10 1	001 0
00 1 0	0 10 0	101 1
0 1 1 1	1 1 1 0	000 1
10 1 1	0 1 1 7	1 00 0
1 1 1 0	001 0	1 10 1
1 1 0 1	101 1	0 10 0
100 0	1 1 1 0	000 1
0 1 0 0	000 1	1 1 1 0
000 1	0 1 1 1	1 00 0
00 1 0	1 1 0 1	00 1 0
Giriş dağılımı	Giriş dağılımı	Giriş dağılımı
$P(0)/P(1):24/24$	$P_{u}(0)/P_{u}(1): 18/30$	$P(0)/P_{u}(1):30/18$
Çıkış dağılımı	Çıkış dağılımı	Çıkış dağılımı
$P_{u}(0)/P_{u}(1): 8/8$	$P_{u}(0)/P_{u}(1):6/10$	$P_{u}(0)/P_{u}(1): 10/6$

$$x_v^{(s)} = f f_h(s), w_{ho} \quad f: R^q \rightarrow R^p \quad s=0,1,\dots,n \quad (3)$$

X_0 çıkış katman vektörü

x_v : saklı katman vektörü

w_{ih} : giriş katmanı ile saklı katman arasındaki ağırlıklı bağlantılar

w_{ho} : giriş katmanı ile saklı katman arasındaki ağırlıklı bağlantılar

YSA giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi öğrenir iken ağırlıklı bağlantılar optimal bir noktaya doğru yaklaşır.

$w = *w_{ih} - opt + w_{ho} - opt > 1$ olduğunda

$$x_v^{(s)} \ll t_0^{(s)} \quad s=0,1,\dots,n \quad (4)$$

Ağırlıklı bağlantıların optimum noktaya yaklaşmasını sağlamak ve hatalı haritalandırmayı önlemek için yakınsamanın doğruluğu aşağıda verilmiş türden bir hata fonksiyonu tarafından ölçülmelidir.

$$E(x_v^{(s)}, t_0^{(s)}) = \frac{|x_v^{(s)} - t_0^{(s)}|^2}{2} \quad E: R^p \times R^p \rightarrow R \quad s=0,1,\dots,n \quad (5)$$

Buna göre ağırlıklı bağlantılar aşağıda gösterildiği gibi optimize edilir.

$$E(x_v^{(s)}, t_0^{(s)}) = -\frac{1}{2} \sum_{o=1}^p (t_o^{(s)} - x_v^{(s)})^2 \quad s=0,1,\dots,n \quad (6)$$

$$\Delta w_{ho} = -\eta \frac{\partial E(x_v^{(s)}, t_0^{(s)})}{\partial w_{ho}} = -\eta \delta_o \cdot x_h \quad (?)$$

$$\delta_o = x_v^{(s)}(t_o - x_v) \quad (8)$$

$$\Delta w_{ih} = -\eta \frac{\partial E(x_v^{(s)}, t_0^{(s)})}{\partial w_{ih}} = -\eta \delta_h \cdot x_i \quad (9)$$

$$\delta_h = x_h \sum_{o=0}^M \delta_o \cdot w_{ho} \quad (10)$$

Algoritmayı Geliştirmek için Yapılan Çalışmalar

Yukarıda ana hatları verilen GY algoritması, birinci dereceden gradient descent tekniği olmasından dolayı bölgesel minimuma yakalanabilir ve ağırlıklı bağlantılar optimum değerlerine ulaşmaya bilir. Bu problem literatürde incelenmiştir. Genellikle öğrenmenin yavaş olmasına neden olan bu problemin katmanlarda nöronların saturasyona ulaşmasından veya başlangıç ağırlıklarının optimum bir şekilde seçilememesinden kaynaklandığına inanıldığından, yapılan araştırmalar bu iki nokta üzerinde yoğunlaşmıştır. GY algoritmasının yavaş bir metot olması ve lokal minimum problemi gibi zayıf noktaları iyileştirmek için yapılan çalışmaları 3 gruba ayırarak şöyle özetlemek mümkündür.

- a) Daha verimli GY tabanlı yeni algoritmaların önerilmesi veya GY algoritmasının parametrelerinin daha hızlı yakınsama için optimize edilmesi

Bu noktada bilinen en yaygın uygulama GY algoritmasına momentum teriminin tanıtılması olmuştur[12].

Uygun başlangıç ağırlıklarının (initial vveights) seçimi ve optimizasyonu ise diğer bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. [1,2]

GY algoritmasında yapılan bir diğer değişiklik ise yeni hata fonksiyon tanımlamak olmuştur. Aşağıda verilen hata fonksiyonu bu türden bir örnektir

$$E = -\sum_{o=1}^M [x_o \ln t_o + (1 - x_o) \ln(1 - x_o)] \quad (11)$$

- b) GY algoritmasının yavaş yakınsama karakteristiğini ağ yapısını güçlendirmek sureti ile telafi edilmesi. Bu yaklaşım, öğrenme sürecinde bazı ağ parametrelerinin hata fonksiyonunu minimize etmede etkili olmadığı gerçeğinden hareket etmektedir. Bu parametrelerin elimine edilmesi veya update edilmesinin durdurulmasının ağ yapısını güçleceği ve hızlı bir yakınsama temin edeceği gösterilmiştir [14]

- c) Daha yeni bir yaklaşım ise giriş ve çıkış vektörlerinin hızlı bir yakınsama için manipule edilmesidir. Manipulasyon giriş ve/veya çıkış vektörlerinin gruplandırılması[15]; baskın özelliklerin vurgulanması[16]; olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu bildiride YS ağlarında öğrenme sürecinin, ayrık (binary) dalardan oluşturulmuş eğilim seti içinde, '0' ve '1' patlenmelerini görünme olasılığına karşın nasıl bir duyarlılık gösterdiği incelenmiştir. Bu incelemenin altında yatan motivasyon daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmanın teorik sonuçlarından alınmıştır [17]. Sözü edilen bu çalışmada ağırlıklı bağlantıların update edilmesinde kullanılan (7) ve (9) denklemlerinin analog datadan oluşturulmuş eğitim setleri için yapılmış analitik inceleme sonuçları göstermiştir ki, eğer

$$r_{modc} = \frac{K}{M} \gg 1 \quad (12)$$

K: giriş katmanı ve saklı katman arasındaki ağırlıklı bağlantıların sayısı,

M: saklı katman ve çıkış katmanı arasındaki ağırlıklı bağlantıların sayısı

ise update formülasyonları, saklı katmanda bulunan nöronların aktivite seviyelerinin aktivasyon fonksiyonunun üst limiti olan 1 seviyesine yakın olduğu bölgelerde daha büyük genlikli update bilgisi üretecektir. Bu durum hızlı bir yakınsamayı öngörmemizi önermektedir. Ne var ki saklı katmanların aktivasyon seviye dağılımlarının doğrudan belirlenmesi mümkün değildir. Ancak yapılan istatistiksel çalışmalar [17] göstermiştir ki giriş vektörlerinin dağılım karakteristiği saklı katmandaki nöronların aktivasyon

MLP Tipi Yapay Sinir Ağlarında Eğitim Setinin Geri Yayılım Algoritması ve Öğrenme Sürecine Etkisi

Halis ALTUN, Tankut YALÇINÖZ, Bekir S. TEZEKİCİ
Niğde Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
51100-NİĞDE

Abstract

Despite their successful application in a variety of areas, in most applications neural networks are employed as a 'black box' model, where little is known about the exact process of the input to output mapping. This approach discards any possible improvement in neural learning which may be obtained due to the inherent nature of the training data. Within this paper this problem is highlighted. A benchmark problem is employed with a number of modified training data to show how does the learning process be effected by the data distribution within the training set. The impact of the modified training sets is evaluated in order to establish a theoretical background for the phenomenon.

Giriş

Multi-layered Perceptron (MLP) tipi yapay sinir ağları (YSA) özellikle non-linear haritalandırma (mapping) gerektiren ve giriş-çıkış vektörleri arasındaki bu non-linear haritalandırmanın tabiatının tam olarak tanımlanamadığı problemler de dahil, tatmin edici sonuçlar üretmesinden dolayı yoğun ilgi ve uygulama alanı bulmaktadır. Bundan dolayı YSA, yapay zeka (artificial intelligent, AI) genel başlığı altında gittikçe yoğunlaşan bir ilgi odağı olmuştur. Bu ilgi artışı, YSA'nın özel olarak ele alındığı bilimsel toplantı, uluslararası dergi ve makalelerin sayısal artışından da gözlemlenebilir. Bu başarılı uygulamalara rağmen, literatürde YSA genellikle "kara-kutu" (black-box) model olarak kullanılmıştır ve ancak sınırlı sayıda araştırma YSA'nda öğrenim sürecini (learning process) incelemiştir. Genellikle inceleme sahası, ilk ağırlıkların (initial weights) öğrenim süreci üzerindeki etkisi ve nöronlarda görülen doyma (saturation) problemi üzerinde yoğunlaşmıştır. [1-4] Oysa yayınlanmış olan çalışmalarımızda, giriş-çıkış vektörlerinin dağılım karakteristiklerinin YSA'nda öğrenim süreci (learning process) ve genelleştirme kabiliyeti (generalisation) üzerine etkileri olduğunu deneysel olarak gösterilmiştir [5-8].

Bu çalışmada, giriş vektörlerinin dağılım karakteristiklerinin Geri Yayılım, GY (Backpropagation, BP) algoritmasının kullanıldığı MLP tipi YSA'nda öğrenim sürecini nasıl etkilediğini bir benchmark problem

kullanılarak teorik alt yapı oluşturmak için incelenecektir. Teorik alt yapı YSA'nda oldukça yavaş olan öğrenim sürecinin hızlandırılmasını temin etmesi ve daha kesin doğrulukta bir genelleştirme kabiliyeti elde edilebilmesi için gerekli optimum dağılım karakteristiklerinin bulunması açısından da önem taşımaktadır. YSA'nın optimize edilmesi ve verimliliğinin artırılması oldukça önemli ve geniş bir uygulama alanını ilgilendirmektedir. Ayrıca YSA'nın yeni uygulamaları, bu metodunun verimliliğinin artırılması ve optimizasyonu ile doğrudan ilişkilidir. Bu doğrultuda yapılacak teorik ve pratik çalışmalar bu yüzden önem taşımaktadır.

Geri Yayılım Algoritması

Multi-layered Perceptron, MLP, 1969 yılında Minsky ve Papert [9] tarafından önerilmiş olmasına rağmen etkili bir öğrenme algoritması 80'li yılların ortasına kadar mevcut değildi. Rumelhart ve diğerleri [10] hatanın çıkış katmanından daha alt katmanlara doğru yayılmasına imkan vererek ağırlıklı bağlantıları optimize edebilmek için bir öğrenme algoritması önerdiler. Geri Yayılım (GP) olarak isimlendirilen bu algoritma temelde bir gradient descent algoritması idi ve algoritmanın tanıtılması yapay sinir ağlarına dayanan uygulamalarda oldukça önemli bir adım idi. Bu algoritma YSA uygulamalarında en çok kullanılan metot haline geldi. Yayınlanmış olan çalışmaların %85'lik bir bölümün bu algoritmayı kullanmış olması bu durumu tescil etmektedir [12].

Giriş vektörü $X_j^{(s)}$ r boyutlu, hedef vektörü t_j 'nin p boyutlu olduğunu farz edersek, bu iki vektör arasındaki fonksiyonel ilişki aşağıda olduğu gibi verilebilir.

$$t_j^{(s)} = k(x_j^{(s)}) \quad k: R^r \rightarrow R^p \quad s=0,1,\dots,m \quad (1)$$

Her bir katmanın girişi bir fonksiyon tarafından çıkışını haritalandırıldığı göz önüne alınır ise yukarıdaki denklen: her bir katman için şu şekildedir.

$$x_h^{(s)} = f(x_j^{(s)}, w_{jh}) \quad f: R^r \rightarrow R^p \quad s=0,1,\dots,m \quad (2)$$

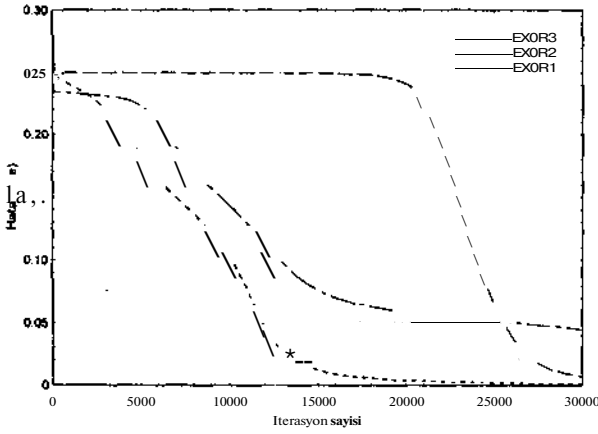


Figure 1: EXOR problemi için elde edilen 3 değişik eğitim setinin öğrenim süreci üzerindeki etkisi (hata grafikleri)

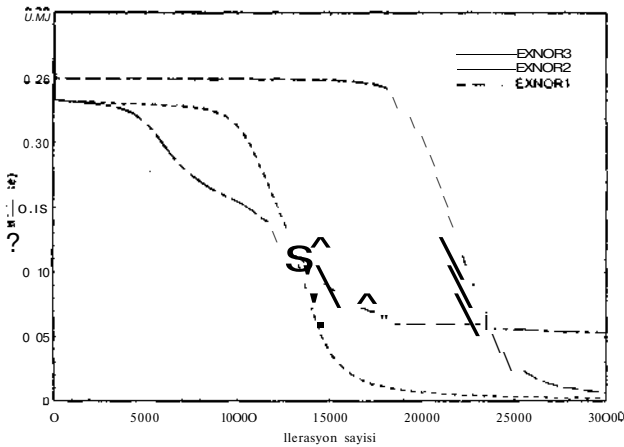


Figure 2: EXNOR problemi için elde edilen 3 değişik eğitim setinin öğrenim süreci üzeri

Tablo II. YSA'nın iterasyon sonrası ulaştıkları mse hataları

	EXOR	EXNOR
1. Set	0.00746	0.00658
2. Set	0.00152	0.00214
3. Set	0.04482	0.05315

Kaynakça

1. L.F.A Wessel and E. Banard, "Avoiding false local minima by proper initialization of connections", *IEEE Trans. Neural Networks*, vol.3, pp. 899-905, 1992
2. N. Weymaere and J. Martens, "On the initialization and optimization of multilayer perceptrons", *IEEE Trans. Neural Networks*, vol.5, pp. 738-751, 1994
3. J.E. Vitela and J. Reifman, "Premature saturation in backpropagation networks: Mechanism and necessary conditions", *Neural Network*, Vol. 10, pp. 712-735, 1997
4. Y. Lee, S. Oh, and M.W. Kim, "An analysis of premature saturation in back propagation learning", *Neural Network*- Vol. 6, pp. 719-728, 1993

5. H Altun and KM Curtis, "Improving Neural Network Learning Through Output Vector Scaling", *13th IEEE International Conference on Digital Signal Processing, DSP97*, Vol 2, pp 723-726, Santorini, Greece, 1997
6. H Altun and KM Curtis, "Improving the Estimation of the Articulatory Parameters for an Articulatory Synthesizer Using a MLP Neural Network with Vector Scaling Procedure", *The Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems, ICECS'97*, Vol 1, pp. 29-33, December 15-18, Cairo, 1997
7. H Altun and KM Curtis, "An Improved Neural Network Learning", *The fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems, ICECS'97*, Vol 1, pp. 240-244, December 15-18, Cairo, 1997,
8. H Altun, A Khashman and KM Curtis, "On Accelerating the Learning Process of the Backpropagation Algorithm", *The 12th International Conference on Computer and Information Sciences, ISCIS'12*, October 27-29, Antalya, 1997
9. M. Minsky and S. Papert, *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*, MIT Press, 1969
10. D.E. Rumelhart, G.E. Hinton and R.J. Williams, "Learning Internal Representations by Error Propagation", Rumelhart D.E and McClelland J.L. (Eds.), in *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, vol 1, pp. 318-362. MIT Press, 1986
11. P.D. Wassermann, *Advanced Methods in Neural Computing*, Van Nostrand Reinhold, 1993
12. D. Pault, S. Nowton ve G.E. Hinton. "Experiments on learning by BP", Technical Report. CMU-CS-86-126. Carnegie Mellon Univ. Pittsburgh
13. Van Ooyen A. and Nienhuis B. (1992); Improving the Convergence of the Back-Propagation Algorithm. *Neural Networks*, 5, 463-471.
14. Reed R. (1993); Pruning Algorithms - A Survey, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 4, No.5, 740-747
15. M.G. Rallim, W.B. Kldjn, J Schroeier, CC Goodyear. Acoustic to Articulatory Parameter Mapping Using an Assembly of Neural Networks, *Proc. Int. Conf. on Acoust., Speech, Signal Processing*, Canada, 1991
16. R. Senito and H. Liu. Improving Backpropagation Learning with Feature-selection, *Applied Intelligence*, 6(2) (1996) 129-139
17. H Altun and KM Curtis, "Exploiting the Statistical Characteristic of the Speech Signals for Improved Neural Learning in MLP Neural Networks", *IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing, NNSP98, Cambridge, UK, August 1998*
18. HC Chua, J Jia, L Chen and Y Gong, Solving two-spiral problem through input data encoding, *Electronic Letters*, 11 (31) (1995)813-814

YAPAY SINIR AĞI TABANLI BİR SİSTEMLE BASILI KARAKTERLERİN TANINMASI

Işıl İNKAYA

Serkan GÜNEL

Yavuz ŞENOL

isil.inkaya@eee.deu.edu.tr

serkan.gunel@eee.deu.edu.tr

senol@izmir.eng.deu.edu.tr

Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir

ABSTRACT

in this paper we present a Neural Network using UNL Fourier features as inputs to recognize printed characters. The characters in our data set are captured images having different size, rotation and placement from each other. The aim of the project is to simulate, a Neural Network based, character recognition system, invariant to scaling, rotation and translation.

1. GİRİŞ

Yazılı dokümanların insan iletişimdeki önemi nedeni ile yazılı ya da basılı haldeki dokümanların otomatik olarak tanınması pratik bir değer taşımaktadır. Karakterler ise bu yazılı dokümanların temel yapıları olarak nitelendirilebilir. Karakter tanıma problemi karakter görüntülerinin ait oldukları sembolik sınıfa atanması olarak ifade edilir. Basılı karakterlerin tanınması söz konusu olduğu zaman bu problem literatürde Optik Karakter Tanıma olarak adlandırılmaktadır. Bu amaçla tasarlanan sistemlerde giriş verisinin farklı özellikler göstermesi (gürültü, boyut, yazı tipi vb.) başarıyı düşürmektedir. Bu nedenle tasarlanan sistemlerin gerçek ortamlarda çalışırken bu gibi etkilerden bağımsız olması gerekmektedir.

Bizim amacımız farklı konum, boyut ve açıdaki karakterleri tanımadır. Bu amaçla tasarlanan tanıma sistemimiz yapay sinir ağı tabanlı bir sistemdir. Kullanılan yapay sinir ağı gözetici ve ileri beslemeli yapıdadır ve iyileştirilmiş bir geri-yayımlı öğrenme algoritması ile eğitilmiştir [1]. Yapay sinir ağına karakter görüntülerinden elde edilen iki farklı tipte giriş uygulanmıştır. Bunlar görüntülerin UNL (Universidade Nova de Lisboa) Fourier Öznitelikleri [2] ve bu özniteliklere ait Temel Bileşenlerdir [3]. Sistem bu öznitelikleri sınıflandırmaktadır, çıkış ise karakterlerin ASCII kodlarını verecek şekilde değişik yöntemlerle kodlanmıştır [4].

UNL Fourier Öznitelikleri (UNLFÖ) konum büyüklük ve açıdan bağımsızdır. Elde edilen bu özniteliklerin sınıflandırılmasında genellemedeki yüksek başarıyı nedeni ile çok katmanlı yapay sinir ağı yapısı tercih edilmiştir [1].

Tanıma başarımını artırmak için, çıkışta ikili ve Gray kodlarından sonra, öznitelikleri benzer özellikler gösteren sınıflara Hamming uzaklığı en fazla olan kodu veren özel bir çıkış kodu denenmiştir [4].

Bilgisayar yardımıyla, yeterli eğitim süresi ardından yapılan testlerde elde edilen sonuçlar sistemin başarılı olduğunu ve konum, boyut ve açıdan bağımsız olarak basılı karakterleri tanıyabildiğini göstermiştir.

2. YÖNTEMLER

Burada amaç ayrı karakter görüntülerinin tanınması, bir başka deyişle sınıflandırılmasıdır. Bu nedenle ayrı karakter görüntülerinin elde edilmesi ve öncesindeki görüntünün alınması, gürültünün azaltılması, karakterlerin ayrılması gibi işlemlerde kullanılan yöntemlere yer verilmemiştir.

Karakter tanıma işlemi için öncelikle karakter görüntülerine ait özniteliklerin çıkarılması gerekmektedir [5]. Çünkü karakter görüntülerinin doğrudan giriş olarak kullanılması durumunda giriş çok büyük boyutlarda olur ve tanıma sistemini zorlar. Aynı zamanda görüntünün tamamında karakterin ait olduğu sınıfa bağlı olmayan, ya da tüm görüntülerde aynı olan bölümler vardır.

Bizim çalışmamızda yapay sinir ağı tabanlı sistemimize giriş olarak uygulanmak üzere UNL Fourier Öznitelikleri kullanılmıştır. Konum, boyut ve açıdaki bozulmalara karşı bağımsız bu öznitelikler yapay sinir ağı tabanlı sınıflandırma sistemine giriş olarak verilmiştir. Yapay sinir ağlarının genelleme özelliğinden, yani eğitim sırasında kullanılmayan verilerin de daha sonra doğru sınıflandırılmasındaki yüksek başarımdan faydalanılmıştır. Kullanılan bu yöntemler istenen bozulmalardan etkilenmeden karakter tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.1 Karakter Görüntülerinin UNL Dönüşümü

UNL Dönüşümü [2] görüntü içerisindeki sınırlı sayıdaki doğru parçasının birleşimi olarak ifade edilmiş şekilleri Kartezyen Koordinatlardan Polar Koordinatlara atar. Piksellerden oluşan ayrı bir görüntüde doğru parçaları şekli oluşturan komşu piksel çiftleri tarafından tanımlanır.

Şekildeki iki komşu piksel $z_i = (x_i, y_i)$ ve $Z_j = (X_j, Y_j)$ olsun. Bu pikseller arasında tanımlanan doğru parçalarının birleşimi ile görüntü içerisindeki şekil şöyle tanımlanabilir;

$$Q(t) = \bigcup_{i=1}^n J_{2ij}(t), \quad (D)$$

$$z_{ij}(t) = (x_i + t(x_j - x_i), y_i + t(y_j - y_i)) \quad t \in (0,1)$$

Konum ve boyuttan bağımsız öznitelikler elde edebilmek için sırasıyla bu doğru parçalarının merkezi ve her bir doğru parçasının merkeze olan uzaklığı kullanılabilir.

Yüksek çözünürlükte doğru parçalarının merkezi Z_j piksellerinin ortalama değeri olarak tanımlanabilir, m şekli oluşturan piksel sayısı olmak üzere;

$$O \cong E\{z_i\} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m z_i \quad (2)$$

Boyuttan bağımsızlığı sağlayacak normlaştırma işlemi için piksellerden merkeze en büyük uzaklık ise şu şekilde tanımlanabilir;

$$M = \max\{\|z_i - O\|\} \quad \forall i=1,2,\dots,m \quad (3)$$

Bu tanımlar kullanılarak z_i, Z_j komşu pikselleri arasındaki doğru parçasının UNL dönüşümü şu şekilde ifade edilir;

$$u(z_{ij}(t)) = (R_{ij}(t), e_{ij}(t))$$

$$R_{ij}(t) = \frac{\|z_i(t) + t(z_j(t) - z_i(t) - O)\|}{M} \quad (4)$$

$$\Theta_{ij}(t) = \arctan\left(\frac{y_i(t) + t(y_j(t) - y_i(t) - O_y)}{x_i(t) + t(x_j(t) - x_i(t) - O_x)}\right)$$

Bu eşitliklerdeki t değişkeni O 'dan l 'e yeterince küçük adımlarla artırılmalıdır.

Elde edilen öznitelikler konum ve boyuttan bağımsızdır, ancak bu dönüşümle faz kaymasına dönüşen açı farklılıklarından da bağımsız öznitelikler elde etmek için UNL Dönüşümünün ardından 2 Boyutlu Fourier Dönüşümü uygulanır [6]. Fourier dönüşüm sonucunda yalnız genlik bilgisi dikkate alındığından açığa olan bağımlılık ortadan kaldırılmış olur.

2.2 Temel Bileşen Çözümlemesi

Temel Bileşen Çözümlemesi (TBC) giriş uzayının boyutunu etkin öznitelikleri seçerek indirgeyen istatistiksel bir yöntemdir [3]. Bu çözümleme doğrudan giriş bilgisinin özdeğişinti (covariance) matrisinin özdeğerleri kullanılarak hesaplanır.

Bu çözümlemeyi ortalaması sıfır olan p boyutlu X ($i=1,2,\dots,n$) vektörleri üzerinde gösterebiliriz. Bu vektörleri

inceren $p \times n$ boyutlu u 'nsi X olarak adlandırılır. Buna göre R bu matrisin $n \times n$ boyutlu özdeğer matrisi olsun;

$$R = \{X - X^T J\} \quad (5)$$

R matrisinin özdeğerleri elde edilip büyükten küçüğe doğru dizilir. Elde edilen özdeğerlere karşılık gelen özvektörler U_j ve sütunlarını bu vektörlerin oluşturduğu özvektörler matrisi U olarak adlandırılır.

Sıralanan R matrisinin özdeğerleri incelenip, birbirleriyle karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek seviyede küçük olanlara karşılık gelen özvektörler dikkate alınmayabilir. Çünkü bunlar etkin olmayan özniteliklerden kaynaklananlardır. Bu şekilde seçilen en büyük m ($m < n$) özdeğere karşılık gelen özvektör kullanılarak elde edilen $m \times n$ boyutlu temel bileşenler matrisi şu şekilde elde edilir;

$$A = U^T - X \quad (6)$$

Bu şekilde öznitelik sayısı p 'den m 'e düşmüş, boyut p - m kadar indirgenmiş olur.

2.3 Geri Yayılmalı Öğrenme Algoritması

Elde edilen öznitelikleri sınıflandırmak ve ait oldukları sınıfın ASCII kod karşılığına ulaşmak için Çok Katlı Yapay Sinir Ağı [1] kullanılmıştır.

İlk katman giriş, son katman çıkış ve aradaki katmanlar gizli katmanlar olarak adlandırılır. Bu yapıda her bir katman nöronlardan oluşmaktadır ve çıkış katmanı hariç her katmandaki her bir nöron bir sonraki katmadaki her nöronla bağlantılıdır. Her nöron bir toplama birimi ve bir ateşleme fonksiyonu içerir. Bir nörona bağlantılı nöronların çıkışları (y), bağlantılarının ağırlıkları (w) ile çarpılarak toplama biriminden ve daha sonra ateşleme fonksiyonundan (/) geçer ve bu nöronun çıkışını oluşturur. Buna göre k . katmandaki j . nöronun çıkışı şu şekilde hesaplanır;

$$y_j^k(n) = f\left(\sum_{i=0}^p w_{ji}^k(n) y_i^{k-1}(n)\right) \quad (7)$$

Bu yapının eğitiminde geri yayılmalı öğrenme algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmada öncelikle her çıkış nöronu için hedef çıkıştan (t_j) elde edilen çıkış (o_j) çıkarılarak hata (e_j) bulunur. Daha sonra bu hata kullanılarak her katmandaki her nöron için δ hesaplanır. Örnek olarak üç katmanlı bir ağda sırasıyla çıkış katmanına ve gizli katmana bağlı j . nöronların bağlantı ağırlıkları için bu hesap şu şekildedir;

$$\delta_j^2(n) = e_j^2(n) o_j(n) [1 - o_j(n)] \quad (8)$$

$$S_j(n) = y_j(n) [1 - y_j(n)] \sum_m \delta_m^2(n) w_{mj}^2(n) \quad (9)$$

Hesaplanan bu değerlerle bağlantı ağırlıklarının iyileştirilmesi, bir başka deyişle eğitim işlemi şu şekilde gerçekleştirilir;

$$w_{jj}(n+1) = w_{jj}(n) + a[w_{jj}(n) - w_{jj}^k(n)] \quad (10)$$

Eşitlik (10)'da ot momentum sabiti ve η öğrenme oranı değişkenidir. Bu değerler geri yayılım öğrenme algoritmasını iyileştirmek için kullanılmıştır [7]. a momentum sabiti geri yayılımın hata yüzeyindeki küçük ayrıntılara takılmasını önleyerek, ağırlık hata yüzeyindeki bölgesel minimumlara düşmesini önler. Tasarladığımız sistemde hatanın azalış ya da artışına göre değişken olan öğrenme oranı ise öğrenme hızını mümkün olduğunca artıracak şekilde değerler alır. Bu şekilde daha kısa zamanda daha başarılı eğitim sonuçları elde edilebilir.

2.4 Çıkış Kodları

Yapay sinir ağı çıkışında karakterlerin ASCII kodlarını elde etmek üzere üç farklı kod kullanılmıştır [4]. Bunlarda ilk ikisi bilinen İkili ve Gray kod sistemleridir.

Üçüncü kodlama ise bu uygulama için özel olarak hazırladığımız değiştirilmiş bir özel ikili kod sistemidir. Bu kod ikili koddan Eşitlik (11) ile elde edilmiştir. Amaç artarda gelen kodlarda Hamming uzaklığını en az 3'e indirmektedir.

$$Y_3 = \bar{X}_1 X_2 X_3 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 + \bar{X}_2 X_3 X_4 X_5 \quad (11)$$

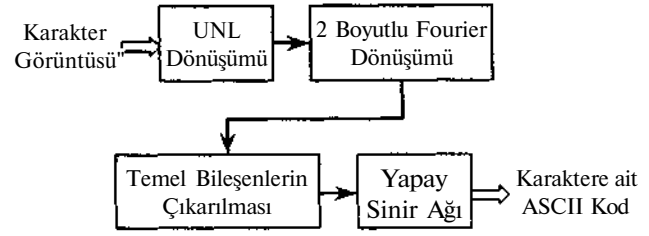
Daha sonra bu kod, UNLF Öznitelikleri benzerliklerine göre sıralanmış karakterlere atanır. Özniteliklerin benzerliği Eşitlik (12)'de verilen formül ile hesaplanmıştır. Burada a_i ve j_j sırasıyla i . karaktere ait tüm verilerin öznitelikleri üzerinden hesaplanan standart sapma ve ortalama değerlerdir.

$$\Delta_{ij} = 1 - \left(\frac{\sigma_i + \sigma_j}{\mu_i - \mu_j} \right)^2 \quad (12)$$

3. SİSTEM YAPISI

Basılı karakterlerin tanınması için tasarlanmış olan bu sistemin temel yapısı Şekil 1'de görülmektedir. Tasarımın ilk aşamasında Temel Bileşenlerin (TB) çıkarılması işlemi sisteme dahil edilmemiş, elde edilen UNLFÖ doğrudan yapay sinir ağına uygulanmıştır. Daha sonra sistemin başarımını artırıp eğitim süresini kısaltmak için bu işlem eklenmiştir. İki durum arasındaki fark sonuçlar kısmında verilmiştir.

Bu sistemle her karakter için 76 UNLF Özniteliği elde edilir. Bu öznitelik sayısı özniteliklerin temel bileşenlerinin çıkarılması ile 20'ye indirgenir. Bu değer eğitim verisinin özdeğerleri incelenerek belirlenmiştir.



Şekil 1 Tasarlanan sistemin temel yapısı

Sistemin temel yapısında görülen yapay sinir ağı özniteliklerin sınıflandırılması için kullanılan kısımdır.

Kullandığımız yapay sinir ağı üç katmandan oluşmakta ve 2.3 bölümünde açıklandığı gibi geri yayılım öğrenme algoritmasını kullanmaktadır. Gizli katmandaki nöron sayısı farklı sınamalarda giriş UNLFÖ olduğunda 6-9, UNLFÖ'nin Temel Bileşenleri olduğunda 13-16 arasında değerler almıştır.

3.1 Sistemin Eğitimi ve Sınanması

Sistemin eğitiminde kullanılan karakter görüntüleri, 128x128 pikselden oluşan siyah beyaz görüntülerdir. Aifabenin 26 harfli kullanılarak 5616 görüntüden oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanında, her harfin 6 değişik konum, 6 değişik büyüklük ve 6 değişik açıdaki görüntülerinin kombinasyonu olan 216 örneği bulunmaktadır [8]. Orijinal görüntülerde harfler görüntünün merkezinde, görüntüden taşmayacak şekilde en büyük boyutlarında ve dik konumdadırlar. Daha sonra her harf Tablo 1'de verilen değerlerle görüntü içerisinde kaydırılmış, küçültülmüş ve çevrilmiştir. Bu tabloda a ve b , harfe ait görüntünün sırasıyla yükseklik ve genişliğinin 128'den farkını ifade etmektedir.

Tablo 1. Eğitim görüntülerinin değişim katsayıları

Konum	0,0	a,b	$-a,b$	$a,-b$	$-a,-b$	$0,b/a,0$
Büyüklük	1	0.85	0.7	0.55	0.4	0.25
Açı	0°	60°	120°	180°	240°	300°

Elde edilen verilerden, her harften 18 tane olmak üzere 468 tanesi sınama için seçilmiştir. Kalan 5148 görüntü ise eğitimde kullanılmıştır [9].

Seçilen 468 görüntüden elde edilen özniteliklerle sınıyan yapılardan %100 başarımlı gösterenler seçilmiştir. Başarılı yapıların aralarında bir karşılaştırma yapabilmek için yeni bir grup sınama verisi daha üretilmiştir. Her harfin yine 216 örneği bulunan 5616 görüntüden oluşan bu grupta konum, büyüklük ve açı değerleri bütünüyle rasgele değerlerdir [9]. Aynı zamanda bazı örneklerde harfin bir parçasının görüntü

dışına çıkmasına ya da büyüklük katsayısının sıfıra yaklaşmasıyla harfin formunun bozulmasına engel olunmamıştır. Çok daha ağır şartlara sahip bu sınavı verisi başarılı yapıların karşılaştırılmasını sağlamıştır.

4. SONUÇLAR

Birinci grup sınavı verisinde %100 başarıyı gösteren yapıları ikinci grup sınavı verisi uygulandığında elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Yapay sinir ağının eğitim çevrimi 10000 ile sınırlıdır. Ama bundan önce çıkıştaki hata kareleri toplamı 0.01'e ulaşmışsa eğitime son verilmiştir.

Bu tabloda verilen sınavı sonuçları en düşük hata oranının % 10.79 olduğunu göstermektedir. Hazırlanan ikinci grup sınavı verisinin gücü dikkate alındığında bu yüksek bir orandır. Çünkü bu gruptaki harflerin bir kısmı insan gözü ile dahi sınıflandırmayacak kadar bozulmuştur.

Tablo 2. Sınavı Sonuçları

Giriş Tipi	Gizli Katmanın Nöron Sayısı	Çıkış Kodu	Hata Yüzdesi
UNLFÖ+TBC	15	İkili kod	10.79
UNLFÖ+TBC	13	Gray kodu	11.57
UNLFÖ+TBC	14	Gray kodu	11.72
UNLFÖ+TBC	16	İkili kod	11.82
UNLFÖ+TBC	13	İkili kod	12.23
UNLFÖ+TBC	14	Özel kod	12.45
UNLFÖ+TBC	16	Özel kod	12.57
UNLFÖ+TBC	15	Gray kodu	13.36
UNLFÖ	9	Özel kod	15.95
UNLFÖ	8	İkili kod	17.18
UNLFÖ	8	Gray kodu	18.50
UNLFÖ	9	Gray kodu	19.23
UNLFÖ	7	İkili kod	19.24
UNLFÖ	8	Özel kod	19.37

Tablo 2'deki sınavı sonuçları UNLF Özniteliklerinin Temel Bileşenlerinin kullanılmasının başarıyı artırdığı açıkça görülmektedir. Her ne kadar gizli katmanın nöron sayısı ortalama 5 adet aittmiş olsa da giriş katmanındaki nöron sayısının 76'dan 20'ye düştüğü dikkate alındığında ağ yapısının küçüldüğü sonucuna varılır. Temel Bileşen Çözümlemesi veri boyutunu indirgemekle kalmaz, bu işlemi özniteliklerdeki etkin olmayan ve gürültüye ya da arka fona ait bileşenlerin ihmal edilmesi ile yapar.

Hazırlanan özel kod harflere UNLF Özniteliklerinin benzerliğine göre atandığı için giriş UNLFÖ olduğunda daha başarılı olmuştur. Harflerin UNLF Özniteliklerinin Temel Bileşenlerinin benzerliğine göre yeniden dizilmeleri yeni bir atamanın yapılması ile daha başarılı, sonuçları elde edilebilir.

Sınavı sonuçlarında elde edilen sonuçları geri yayımlı öğrenme algoritması kullanan çok katmanlı yapay sinir ağının genelleme özelliğindeki başarıyı göstermiştir. Bu başarıyı artırmak için elde edilen veriyi ifade edecek en etkin özniteliklerin çıkarılması ve çıkışın amaca uygun biçimde kodlanması gerekmektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Haykin, S., *Neural Networks: A comprehensive Foundation*. Prentice-Hall International Inc. 1994
- [2] Rauber, T.W. & Steiger-GarçSo, A.S., "2-D Form Descriptors Based on a Normalized Parametric Polar Transform (UNL Transform)," *MVA'92 - IAPR fWorkshop on Machine Vision Applications*, NEC Süper Tower, Tokyo, Japan, December 7-9 1992
- [3] Oja E., Karhunen J., Wang L., Vigaró R.E., "Principal and Independent Components in Neural Networks - recent developments," *Italian Workshop on Neural Networks WIRN'95*, Vietri, Italy, 1995
- [4] Stonham T.J., *Digital Logic Techniques: Principles and Practice* Chapman & Hall Inc., 1996
- [5] Rauber T.W., "Inductive Pattern classification; Method, Features, Sensors," *Ph.D. thesis, Univaesidade Nova de Lisboa, Faculdade Ciências e Tecnologia*, Lisboa, Portugal, 1994
- [6] Zahn C.T. & Roskies R.Z., "Fourier Descriptors for Plane Closed Curves," *IEEE Trans. On Computer*, Vol. C-21, No.3, 1972
- [7] Demuth, H. & Beale M., "Neural Network Toolbox" The Math Works Inc. 1994
- [8] Yale K., "Preparing the Right Data Diet for Training Neural Networks," *IEEE Spectrum*, Vol.34, No.3, pp. 64-66, 1997
- [9] Guyon I., Makhoul J., Schwartz R., Vapnik V., "What Size Test Set Gives Good Error Estimates?," *IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence*, Vol.20, No.1, pp. 52-64, 1998

ANAHTARLAMALI DEVRELERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZİ

Yakup DEMİR¹

Remzi TUNTAŞ²

Muhammet KOKSAL³

¹ Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü ELAZIĞ , ² Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş M.Y.O. VAN
³ İnönü Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü MALATYA

ABSTRACT

In recent years, the analysis of switching systems has gained importance. Here a method is presented to analysis of switching systems by using the Artificial Neural Networks. in this method, fonvard ANN which is convenient to analyse of switching systems has been applied by use of back probagation algorithm. The method is illustrated with examples and the output of the computer program called YPMA is presented.

1. GİRİŞ

Devrelerde eskiden beri yer alan lineer olmayan elemanlara son yıllarda çok sayıda elektronik ve güç elektroniği devre elemanlarında eklenmiştir. Karakteristikleri lineer olmayan bu devre elemanlarını; hızlı anahtarlama, küçük bir güçle kontrol edebilme, küçük boyut, sessiz çalışma, düşük maliyet ve uzun ömür gibi çeşitli özellikleri vazgeçilmez hale getirmiştir. Dolayısıyla bu elemanların yada genel olarak lineer olmayan elemanların yer aldıkları devrelerin analizi daha fazla önem kazanmıştır. Bunun için geliştirilen çok sayıdaki yöntemlerden biriside parça-parça lineerlik yaklaşımıdır. Lineer olmayan elemanların parça-parça lineer elemanlar olarak gözönüne alındığı bu yaklaşımda lineer olmayan elemanlar; lineer elemanlar, kaynaklar ve anahtarlardan oluşan eşdeğer devrelerle modellenmiştir [1]. Son yıllarda bu yaklaşımın öneminin artması nedeniyle anahtarlar vazgeçilmez devre elemanlarından birisi olmuştur.

Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak lineer olmayan sistemlerin modellenmesiyle ilgili çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. YSA'nın paralel çalışabilme, genelleme ve öğrenme yeteneklerinden dolayı lineer olmayan sistem modellemelerinde çok geniş bir uygulama imkanı bulmuştur. Bunun için ileri beslemeli ve geri beslemeli çok katmanlı YSA kullanılmıştır. Bu ağların eğitimi için statik ve dinamik geriye yayılım Öğrenme algoritmaları geliştirilmiştir [2].

Bu çalışmada anahtarlama devreler YSA ile modellenmiştir. Bu amaçla kullanılan YSA'nın öğrenme ve genelleme yeteneklerinin belirlenmesi için çalışmalar

yapılmıştır ve YPMA isimli bilgisayar programı hazırlanmıştır [3]. Bu programla analizi yapılan örnek devrelere ilişkin sonuçlar verilmiştir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Bir bilgi işleme sistemi olan YSA gibi insan davranışını modelleyen zeki sistemler kurmak yıllarca araştırmacıların odak noktası olmuştur. Genel olarak; YSA, girdi kabul edip çıktı üreten kara kutu aygıtları olarak düşünülebilirler. YSA, işlem elemanlarından ve ağırlıklandırılmış bağlantılardan oluşmaktadır. Ayrıca eşik fonksiyonları ve giriş/çıkış katmanları; YSA'nın tasarımında, uygulanmasında ve kullanımındaki temel elemanlardır. Bu çalışmada işlem elemanı fonksiyonu olarak

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-a \cdot x}} \quad (D)$$

sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Giriş ve çıkış katmanları arasında birden fazla katman kullanıldığı YSA sistemlerine çok katmanlı YSA denir. Çok katmanlı ileri beslemeli bir ağ olan geriye yayılım ağı 1986 yılında gerçekleştirilmiştir [4]. Bu ağ ile sonuçta yapılan hatalardan birşeyler öğrenilip istenileni bulana kadar işleme devam edilir. Bu yöntem hatanın geriye yayılım algoritması denir.

Hatanın geriye yayılım algoritması karesi alınmış hata fonksiyonunu minimize eden kodlu bir algoritma olup genelleştirilmiş delta kuralını eğitime için kullanılır [3]. YSA ile sistem modellemesinin, yapılan çalışmalara ilişkin simülasyon sonuçlarından etkin bir yöntem olduğu görülmektedir [5,6].

3. YAPAY SİNİR AĞININ EĞİTİMİ

Bu çalışmada, sistemin kendisi gibi davranacak biçimde eğitilmiş bir model YSA kullanılmıştır. İstenildiği gibi eğitilmiş sistem arzu edilen giriş değerine karşılık bir çıkış verir ve model ağı kendi çıkışıyla, sistem çıkışı arasındaki hatadan faydalanılarak model ağının sistemi tanıması sağlanır. Sistem gibi davranması istenen model ağının oluşturulması için, sistemin derecesi ile sistem giriş ve çıkışlarının gecikmiş zamanlarına ihtiyaç vardır. Ağ girişleri, sistemin ayrık zaman

denklemindeki gecikmelerden ve sisteme uygulanan giriş fonksiyonundan oluştuğu için, ağ girişindeki hücre sayısı sistemin derecesine göre seçilmelidir. Model ağın, saklı katmanındaki hücre sayısı; giriş hücrelerinin sayısı M, çıkış hücrelerinin sayısı N ise, saklı katmandaki hücre sayısı N(M+1) tane olarak seçilir. [7].

Ağ eğitimi hatanın geriye yayılımını kullanılarak yapılır. Bu amaçla, çıkıştaki hataların karelerinin toplamı E, arzu edilen çıkış d_j ve sistem çıkışı y olmak üzere k . örnekteki çıkış hatası ve eğitim işareti.

$$e_j(k) = d_j(k) - y_j(k) \quad j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

$$E(k) = \sum_{j=1}^m e_j^2(k) \quad k=1,2,\dots \quad (3)$$

olarak hesaplanır. Ağın giriş katmanını saklı katmana bağlayan ağırlıklar w_{ij}^1 , saklı katmanı çıkış katmanına bağlayan ağırlıklar w_{jp}^2 , giriş vektörü x , saklı katman çıkış vektörü v , biaslar 01 ve 02, saklı katmanda kullanılan hareketlendirme fonksiyonu $O(\cdot)$ olmak üzere üç katmanlı doğrusal giriş ve çıkışa sahip çok katlı yapay sinir ağında, katmanlar arasındaki bağıntılar aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$net_i = \sum_{l=0}^n w_{il}^1 x_l, \quad i=0,\dots,n \quad (4)$$

$$v_j = \Phi_i(net_i) \quad i=0,\dots,p \quad (5)$$

$$y_j = \sum_{i=0}^p w_{ji}^2 v_i, \quad j=0, 1,2,\dots \quad (6)$$

Eğitim işaretinin, ağırlıklara göre minimize edilebilmesi için eğitimin belirlenebilmesi gereklidir. Bu nedenle her bir k . örnekte model ağının saklı katmanındaki ağırlıklarının uyarlanmasında

$$w_{ji}^2(k) = w_{ji}^2(k-1) + \Delta w_{ji}^2(k) \quad (7)$$

$$\Delta w_{ji}^2(k) = -\alpha \frac{\partial E_j(k)}{\partial w_{ji}^2(k)} + \beta \Delta w_{ji}^2(k-1) \quad (8)$$

denklemleri, giriş katman ağırlıklarının uyarlanmasında da

$$w_{ij}^1(k) = w_{ij}^1(k-1) + \Delta w_{ij}^1(k) \quad (9)$$

$$\Delta w_{ij}^1(k) = -\alpha \frac{\partial E_j(k)}{\partial w_{ij}^1(k)} + \rho \Delta w_{ij}^1(k-1) \quad (10)$$

denklemleri kullanılır. Ağırlıkları uyarlama iterasyonu S olmak üzere, N adet örneğin uyarlanmasından sonra ağırlıkların toplu olarak uyarlanmasında ise,

$$\Delta w(S) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w(S)} + (3\Delta w(S-1)) \quad (1D)$$

$$w(S) = w(S-1) + \Delta w(S) \quad (12)$$

bağıntıları kullanılır. Adaptif ağırlık vektörünün eğitimi için iteratif eğitim metotları kullanılmaktadır. Eğitim işaretinin ağırlıklara göre gerçek gradyanı toplu öğrenmeyle elde edilir [8].

4. SEÇİLEN BİR SİSTEMİN MODELLENMESİ İÇİN YAPAY SINIR AĞI SEÇİMİ VE SİMÜLYASYONU

Modellenmek üzere seçilen ikinci dereceden bir sistemin sürekli zaman transfer fonksiyonu

$$G(s) = \frac{5}{s^2 + 3s + 6} \quad (13)$$

olsun. MATLAB programlama dilindeki uygun komutların kullanımı ile ayrık zaman transfer fonksiyonu

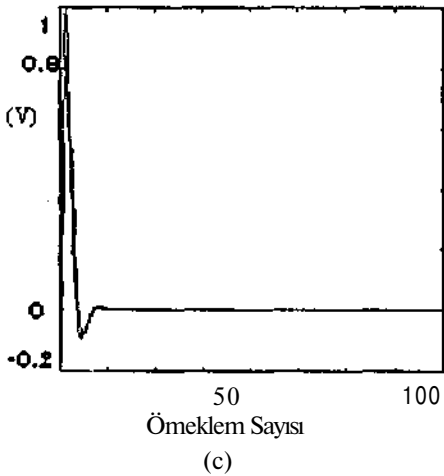
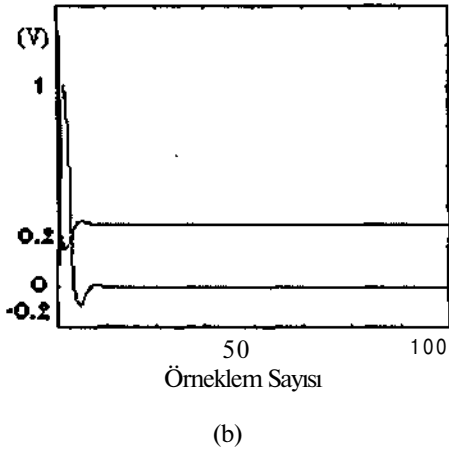
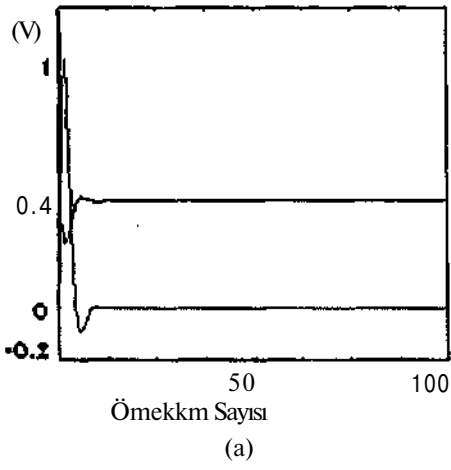
$$G(z) = \frac{0.0107 + 0.0215z^{-1} + 0.0107z^{-2}}{1 - 1.6910z^{-1} + 0.7425z^{-2}} \quad (14)$$

gibi oluşur. Ayrık zaman sistemlerinin modellenmesi fark denklemleri yolu ile elde edildiğinden transfer fonksiyonun ayrık zamanda elde edilen giriş çıkış bağıntısı.

$$y(k) = 0.0107u(k) + 0.0215u(k-1) + 0.0107u(k-2) + 1.6910y(k-1) - 0.7425y(k-2) \quad (15)$$

biçiminde elde edilir. Böylece yapay sinir ağının giriş katmanında bulunması gereken hücre sayısı beş ve bu girişlere ayrıca, değeri 1 olan bias terimi eklenerek giriş katmanının sayısı altı olarak hesaplanmış olur. Saklı katmandaki hücre sayısının belirlenmesinde genellikle giriş katmanındaki hücre sayısının bir fazlası alınır ve yedi olarak tespit edilir. Sistem tek girişli, tek çıkışlı olduğundan ağın giriş katmanındaki hücre sayısı bir olur. YSA'nın eğitiminde kullanılan, momentum katsayısı ve öğrenme oranı da model ağın kendi içerisinde adaptif olarak ayarlanmaktadır [9]. YSA'nın oluşturularak simülasyonu için, toplu öğrenme algoritması ile TC++ dilinde YPMA isimli bilgisayar programı tarafından YSA eğitilir ve hata minimum değere geldiğinde eğitim kesilir.

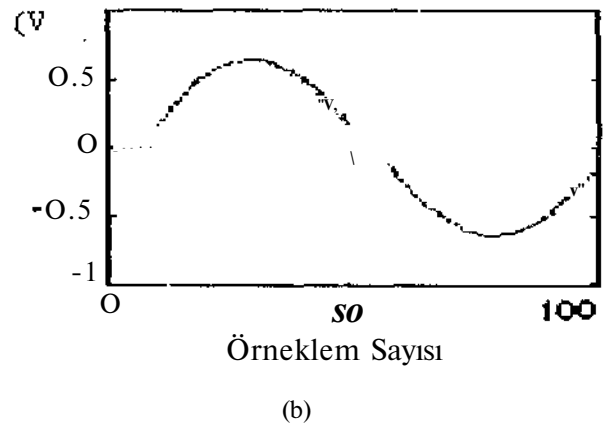
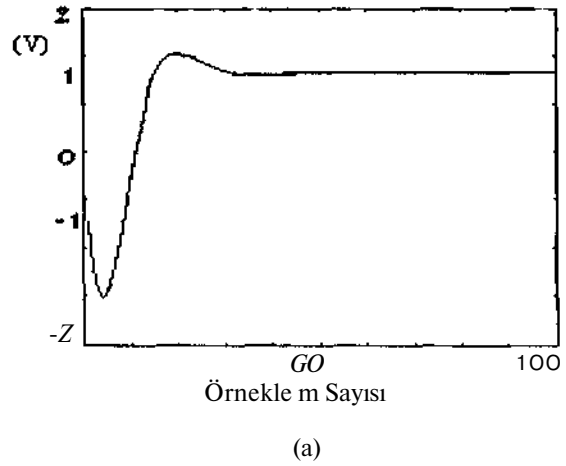
Denklemlerdeki sisteme ani darbe referans giriş işareti için değişik hata oranları (E) ile eğitilen model ağın ani darbe giriş işaretine verdiği cevaplar sırasıyla Şekil 1.a.b ve c'de görülmektedir.



Şekil 1. Denklem 13'deki sistemin ani darbe referans giriş işaretine verdiği cevap . (a) $E=1$ hata ile, (b) $E=0.5$ hata ile ve (c) $E=0.0097$ hata ile eğitilen model ağın, ani darbe referans giriş işaretine 100 örneklem için verdiği cevap .

Şekil.1'den de görüleceği gibi E küçüldükçe YSA eğitimi daha yeterli olmaktadır. En doğru çıkış en küçük E değeri olan 0.0097 hatada elde edilerek eğitim kesilmiş ve model ağın giriş katmanındaki ve çıkış katmanındaki ağırlık değerleri bir dosyada saklanmıştır. Artık model ağ, sistemi başarılı bir şekilde tanımaktadır. Bundan sonraki işlemlerde artık model ağı eğitilmeyecek ve en son eğitimden elde edilen ağırlık değerleri kullanılacaktır.

Sistem modellenmesi için kullanılan YSA yukarıda belirtilen hata ile eğitildikten sonra, yapay sinir ağlarının en önemli özelliği olan genelleme yeteneğini incelemek amacıyla, ani darbe giriş işaretine göre eğitilen model ağının daha değişik giriş işaretlerine karşılık sistemi modelleyebilme yeteneği incelenecektir. Bu amaçla Şekil 2.a ve b'de görüldüğü gibi birim basamak ve sinüsoidal giriş işaretleri için model ağ çıkışı sistemi tam olarak modelleyebilmektedir.

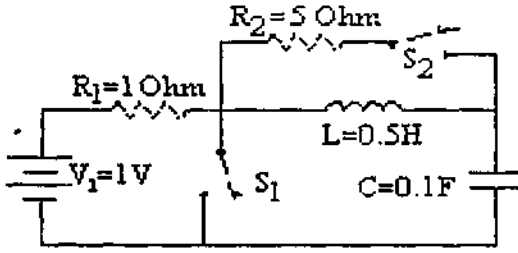


Şekil 2. Denklem 13'deki sistemin ve $E=0.0097$ hata ile eğitilen model ağın , (a) birim basamak ve (b) sinüsoidal referans giriş işaretine 100 örneklem için verdiği cevaplar.

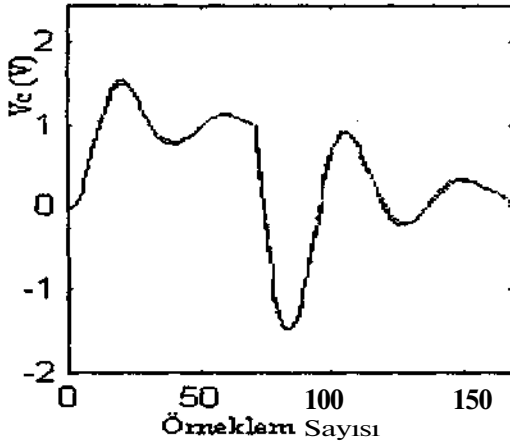
5. ÖRNEK

Lineer olmayan devrelerin, parça-parça lineerlik yaklaşımı ile modellenmesi sonucunda eşdeğer devrelerinde anahtarlar ortaya çıkmaktadır. Anahtarların birbirlerine göre farklı kombinasyonları sonucunda her bir lineer bölgeye karşılık düşen sistem modeli YPMA isimli bilgisayar programı ile çözülür. Elde edilen her bir lineer bölgeye ilişkin sonuçlar MATLAB programında birleştirilerek sisteme ilişkin simülasyon gerçekleştirilir.

Bu örnekte Şekil 3'de görülen anahtarlı devre ele alınmıştır. Bu devrede: 1. Durumda S1-S2 açık, 2. Durumda S1-S2 kapalı, 3. Durumda S1-açık S2 kapalı, 4. Durumda S1 kapalı-S2 açık olup her bir sistem durumunda Isaniye kalmaktadır. Devrede Vc'ye ilişkin sistem ve model ağ çıkışı Şekil-4'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3. Örneğe ilişkin devre



Şekil 4. Şekil 3 'deki devrede Vc'ye ilişkin, sistem ve model ağ çıkışı

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, YSA ile anahtarlanmalı devrelerin her bir sistem durumuna ilişkin transfer fonksiyonları elde edilmektedir. Transfer fonksiyonları MATLAB programlama dilindeki uygun komutlarla YSA'da kullanılan fark denklemlerine geçilerek model ağ eğitilir. Eğitilen model ağ öğrenmiş olduğu bilgilerden faydalanarak sistem üzerinde yapılan çeşitli parametre değişimlerine uyum sağlayarak genelleme yapabilmektedir.

Bu genelleme özelliklerinden faydalanarak matematiksel modeli elde edilmiş sistemlere uygulanan farklı girişlere göre elde edilen çıkış işaretleri rahatlıkla elde edilebilmektedir.

7. KAYNAKÇA

- [1] Demir, Y. "Lineer Olmayan Devrelerin Durum Denklemlerinin Değişik Bölgelerde Bulunması ve Bölgeler Arası Geçişler İçin Anahtarlama Denklemlerinin Hesaplanması," *Doktora Tezi*, F.Ü., Elazığ, 1993.
- [2] Billing, S. A., Jamaluddin, H. B. and Chen, S., "Properties of Neural Networks With Application to Modelling Nonlinear Systems," *Int J. Control*, pp. 193-224, 1992.
- [3] Tuntaş, R., "Yapay Sinir Ağları ile Lineer Olmayan Elemanların Modellenmesi," *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ., 1999.
- [4] Rumelhart, D., Hinton, G. E. and Williams, R. J., *Parallel Distributed Processing; Exploration in the Microstructure of Condition*, The MIT Press Cambridge., 1986.
- [5] Chan, H. C, Chau, K. T. and Chan, C. C, "Neural Network Controller for Switching Power Converters," *IEEE 8 th APEC Conference*., pp.887-891, 1993.
- [6] Bats, J., Elbuluk, M. E. and Zingcr, D. S., "Neural Network Controller of a Chopper FED DC Motor," *IEEE 8 th APEC Conference*., pp.857-861, 1993.
- [7] Zhang, Y., Sen, P. and Hearn, G.E., "An Online Trained Adaptive Neural Controller," *IEEE Control Systems*, pp.67-75, 1995.
- [8] Gökbulut, M. ve Albostan, A., "Sabit Mıknatıslı Senkron Motorların Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi ve Uyarlamalı Denetimi," *Gazi. Ütü., Müh. Mim. Fak. Dergisi*, V:11, No:2, s. 22-28, 1996.
- [9] Drago, G.P., Moranoo, M. And Ridella, S., *An Adaptive Momentim Back Propagation Neural Computing & Application*, London Lmt., pp.213-221, 1995.

BİLGİSAYAR ORTAMINDA SİSTEM MODELLEME YOLUYLA YAPAY ZEKA İÇEREN ÇÖZÜMLERİN İRDELENMESİ

Fusun ATAMAN
GÜMMF Elektrik-Elektronik
Müh. Böl. 06570
Maltepe/ANKARA

Türkey KAYNAK
Turbo Bilgisayar Sistemleri Ltd. Şti.
Yüksel Cad. No:35/11
Yenişehir/ANKARA

Selma YÜNCÜ
GÜMMF Elektrik-Elektronik
Müh. Böl. 06570
Maltepe/ANKARA

ABSTRACT

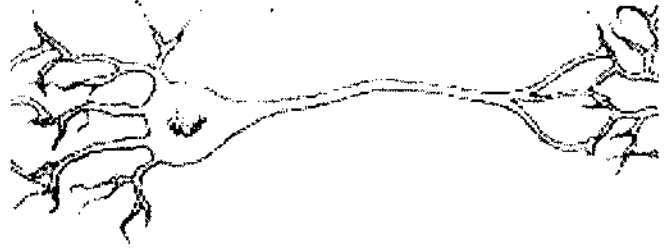
Artificial Intelligence is needed instead of classic Control Mechanisms in which applications are not enough with the optimization problems. A first application in this study includes artificial algorithms for optimization of a simulated system. Although, the optimization with artificial intelligence is the basic application of the subject, it's begun to be used in industry. Unfortunately, the training algorithms are generally being used in academic studies. The simulation in this study is designed for comparing the artificial methods, to decide which is the most useful due to the type of the problem and of course understanding why needed the artificial intelligence. The control methods, generally used in the design of a variable system which works to provide maximum advantage, have more complex and long lasting processes compared with the methods consisting artificial intelligence.

1. GİRİŞ

Yapay zeka, klasik metodların özellikle optimizasyon problemleri karşısındaki yetersizliği sonucunda hızlı bir gelişme göstermiştir. Bu çalışmada da, yapay zeka uygulamalarının ilk ve en geniş kapsamlı ilgi alanı olan optimizasyon -gezin satıcı problemlerinden yola çıkılarak- genellikle çeşitli ön belirlemelerden sonra elde edilen *yol bulma* problemlerine uygulanmıştır. Klasik yöntemlere alternatif olarak geliştirilen karar verme mekanizmasında, optimizasyon işlemi, basit bir genetik algoritma ile, en optimum çözüm (iyileştirilmiş çözüm) ise nöral bir ağ yardımı ile elde edilmiştir. Sistemi betimleyen algoritma ile paralel doğrultuda konuların açıklaması aşağıda verilmiştir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

"Artificial Neural Networks" , Türkçe deyişle "Yapay Sinir Ağları" basit olarak, biyolojik nöron yapısından yola çıkılarak modellenen ve süreç içinde kendi kendine karar verebilen veya öğrenen bir algoritmaya sahip sistemler şeklinde tanımlanabilir. Biyolojik sinir ağlarına benzer karakteristiğe ve yapıya sahip nöral ağların dayandıkları temel ilkeler şöyle sıralanabilir;



Şekil 1. Biyolojik nöron

1. Nöron adı verilen ve bilgiyi işleyen bir çok birim içerirler.
2. Nöronlar arasında kurulan bağlantı hatları aracılığıyla sinyallerin bir nörondan diğerine taşınması sağlanır.
3. Nöronlar arasındaki her bir bağlantı hattının kendine özgü bir ağırlık (*weight*) değeri vardır. Tipik bir nöral ağda taşınan sinyal ile bu değer çarpımı yolu ile toplam enerji hesaplanır.
4. Her bir nöronun yer aldığı ağın girişine uyguladığı, genelde doğrusal karakterde olmayan bir aktivasyon fonksiyonu vardır ve çıkış sinyali bu fonksiyondan yararlanılarak bulunur.

Nöral ağın karakteri ise,

1. Nöronların bağlantı yolları (*mimari yapı*)
2. Bağlantıya ilişkin olarak ağırlık *weight* değerlerinin hesaplanma yöntemi (*bu aynı zamanda ağın öğrenme algoritması demektir*)
- 3) Aktivasyon fonksiyonu ile belirlenir.

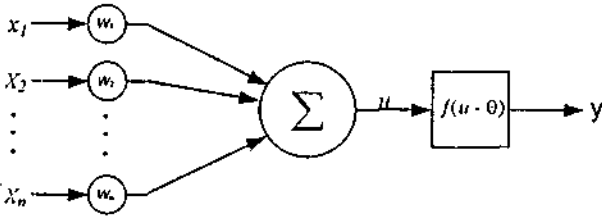
Biyolojik nöronun üç önemli parçası yapay sinir ağlarında da benzer işlevlerle kullanılmıştır;

a. Dendrite : Diğer nöronlardan gelen sinyalleri (impulse) algılar.

b. Soma : Gelen sinyalleri toplar. Bir anlamda *weight* değerleri ile çarpılan girişlerin toplanması işlemini gerçekleştiren toplayıcı görevini üstlenmiştir.

c.Axon :Nöronlar arasındaki iletim hattını oluşturur.
d.Synapse :Nöronun çıkış sinyalini iletir.

Grafik gösterimi Şekil 1.' de verilen *biyolojik nöron*' dan yola çıkılarak modellenen yapay nöron Şekil 2.' de verilmiştir.



Şekil 2. Yapay nöron

Yukarıda da anlatıldığı gibi, yapay nöron modelinde girişdeğerleri; (x_1, \dots, x_n) ve ağırlık değerleri (w_1, \dots, w_n) olarak gösterilmiştir. Buna göre, ilgili nöron için çıkış fonksiyonu,

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

$$y = f(u - \theta) \quad (2)$$

olur.

2.1. Yapay Sinir Ağı Yardımı İle Optimum Çözümün İyileştirilmesi

Uygulamada tasarlanan nüral katman, geribesleme (feedback) yolu ile optimum çözümün iyileştirilmesi amacıyla hizmet etmektedir. Diğer bir deyişle karar verme işlemini gerçekleştiren genetik katmanın ürettiği çözümü global minimum değerine daha da yaklaştırmaktadır, belirleme işlevine sahiptir. Sistem, genetik katman aracılığıyla, rasgele ürettiği yollar içinden sırası ile üreme ve eleme işlemleri optimuma yakın çözümler elde eder. Belli sayıda optimuma yakın çözümler nüral katmana ilk değer olarak uygulanır. Nüral katman geribesleme yolu ile çözümleri global minimuma yaklaştırır. Belli bir iyileştirmeye tabi tutulmuş olan çözümler içinden en uygun olanı problemin optimum çözümü olarak alınır.

3. GENETİK ALGORİTMALAR

Yaşayan organizmaların mükemmel denebilecek problem çözüme yeteneği yapay zeka uygulamalarının da çıkış noktasını oluşturmaktadır. Genetik algoritma evrim teorisinin doğal seleksiyon prensibine dayanır. Diğer bir deyişle genetik algoritma, genetik yeniden üreme ve evrimin doğal süreç modelini esas alan global bir nümerik optimizasyon metodudur. Genetik algoritmada temel uygulama en uygun bireylerin hayatta kalması fikrini benimseyen evrim süreci için doğal sistemlerde gözlemlenen yöntemlerin taklit edilmesidir.

Genetik algoritmanın temel aşamasında genellikle şu yol izlenir;

1. Çözüm parametrelerini genler şeklinde kodlanırlar.
2. Kromozom oluşturmak için genleri dizi haline getirmek
3. Başlangıç popülasyonunu belirlemek
4. Popülasyona özgü uygunluk değerini belirlemek ve değerlendirmek
5. Uygunluk değerine göre yeni jenerasyon üretmek
6. Her bir yeni jenerasyonun üyelerini üretmek için gerekli mutasyon, çarpazlama veya yeniden birleştirme gibi genetik operatörleri bir veya birkaçını kullanmak.

Problem için her çözüm bir değerler vektörü ile temsil edilir. Çözüm genellikle ikili kodlanır. Bu kodlama kendi üzerinde işleyen üreme planını bağımsız hale getirir, Popülasyonun genetik materyalin yeniden dağıtımını için bir üreme planı (*algoritması*) seçilir. Çiftleşme amacına göre ilkin ebeveynler seçilir, sonraki jenerasyon için yavru üretmek üzere birleştirilirler. Çarpazlamada her iki ebeveynin de özelliklerini alan yavrular oluşturmak üzere ebeveynlerin genetik bilgileri birleştirilir. Mutasyon ise araştırmada yeni noktalar bulmak, çözümde çeşitlilik yaratmak ve kendini lekrlayan çözümler nedeniyle kararsızlığa gitme riskini ortadan kaldırmak için yaygın biçimde kullanılan bir yeniden üreme operatörüdür. Mutasyonda seçilen kromozomun genlerinden bazıları rasgele seçilerek bu genler yeniden düzenlenmiş olur. Mutasyonla denge noktasına (en optimum çözüme) yakınsama yavaşlarken algoritmanın lokal minimumlara düşmesi de engellenmiş olur. Geleneksel optimizasyon yöntemleri kesikli veya çok sayıda parametre için uygun değilken genetik algoritma çok parametrelili problemlerin optimizasyonunda etkin olarak kullanılabilir.

3.1. Genetik Algoritma Yardımıyla Yolların Bulunması

Maksimum verim ile çalışması istenen bir sistem için en önemli sorun, optimum çözüm belirlenirken kullanılacak yöntemin seçilmesidir. Klasik yöntemlerde bu tip problemlere birtakım öngörüler yolu ile çözüm önerileri üretmek bile hem programcı hem de sistem analisti açısından pek çok zorluk yaratırken, genetik algoritma hiçbir kısıtlamaya gereksinmeden varolan bir çözüm önerilerini üretebilme kolaylığı sağlamaktadır. Böylece sistem analistinin yorucu ve zaman kaybettirici çalışmasına duyulan gereksinim de kendiliğinde ortadan kalkmaktadır. Bu örnekte iki nokta arasındaki pek çok yol olasılığı rasgele seçilen bir vektörel yaklaşım ile başlangıç popülasyonuna aktarılmakta, yeni jenerasyon üretme, mutasyona tabi tutma ve eleme iterasyonlarının ardından optimum çözüme yaklaşılmaktadır.

4. PROGRAM ALGORİTMASI

1. Adım (*Başlangıç Konumlarının ve Popülasyonunun Belirlenmesi*):

Sisteme başlangıç ve bitiş noktaları ile engeller visual bir bağlantı aracılığı ile tanımlanır. Engeller göz önüne alınmaksızın salt aradaki uzaklığa göre herbiri belli uzunlukta birer string olarak tanımlanmış ve ikili kodlarla

gösterilmek suretiyle açığı ve uzunlukları ifade edilebilen 10 adet vektörden oluşan, N elemanlı başlangıç popülasyonu oluşturulur.

2. Adım (Uygunluk Değeri Alcima):

Bitiş noktasına belli bir hata değerinin altında yaklaşabilen uygun çözümler bir sonraki jenerasyonda daha fazla yavru üretmelerini ve daha fazla $p:n$ aktarmalarını sağlamak amacıyla, üreme katsayıları p_i jityordam yardımı ile rassal olarak artırılır.

3. Adım (Üreme):

Her biri 10 adet vektörden oluşan ebeveynlerden herbiri diğer ebeveynlerle üreme katsayıları doğrultusunda çiftleştirilir.

4. Adım (Eleme):

Yeni jenerasyonu oluşturan bireylerden bir kısım popülasyonun sınırı ile hata değeri sınırları dahilinde yok edilirler.

5. Adım (Mutasyon):

Oluşan jenerasyonlarda kendini tekrarlayan çözümler belli bir yoğunluğa ulaştıklarında, yeni jenerasyon üretmeden önce popülasyonu içinde varolan bireylerin rasgele seçilen genleri mutasyona uğratarak çözümde çeşitlilik sağlanır.

6. Adım (Son Eleme): Hata kriteri gittikçe küçültülmek yolu ile belli sayıda çözüm içeren uygun çözümler kümesi elde edilir.

7. Adım (Nöral Kalman Aracılığı ile Çözümde İyileştirme ve Optimum Çözüm):

Uygun çözümler, nöral katmanın başlangıç değerleri olacak şekilde ağ girişine uygulanır. İyileştirme kriterine yaklaşan bir çözüm elde edilinceye değin geribesleme yolu ile nöral algoritma işletilir.

5. SONUÇ

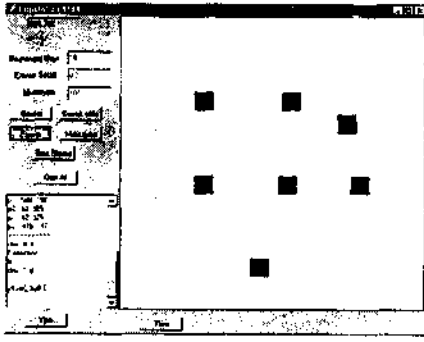
Bu çalışmada çözüm kümesi sonsuz sayıda eleman içeren bir problemin, çözüm kümesinden rasgele seçilen

elemanlardan yararlanarak optimum çözüme hem kısa sürede hem de verimli bir biçimde ulaşmanın yolu araştırıldı. Bu amaçla yapay zeka yöntemlerinden ikisi; *VÜ/HİV sinir ağları* ile *genetik algoritmalar* birarada kullanıldı. Aynı zamanda bu iki yöntemin karşılaştırmalarını yapmak ve temel prensiplerini inceleyerek yorumlamak amacıyla da ulaşıldı.

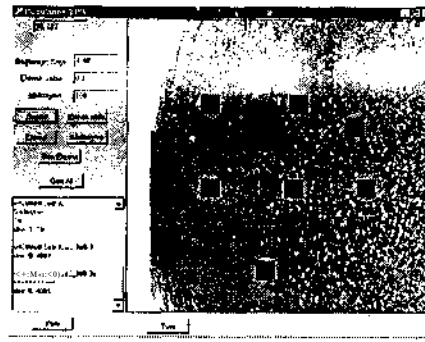
En kısa sürede, en hızlı biçimde en iyiye yakın çözüme ulaşmak olarak belirlenen amaca ulaşılmasının yanısıra, *yapay sinir ağları* ile *genetik algoritmaların* ne tür problemlere hangi koşullarda uygulanabileceğine dair belirleyici sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamada, dinamik bir programlama dili olması, görsel uygulamalarda kolaylık sağlaması, program kodunun anlaşılabilirliğe katkısı ve kullanıcıya yakınlığı gibi nedenler ile Delphi programlama dili kullanılmıştır.

6. KAYNAKÇA

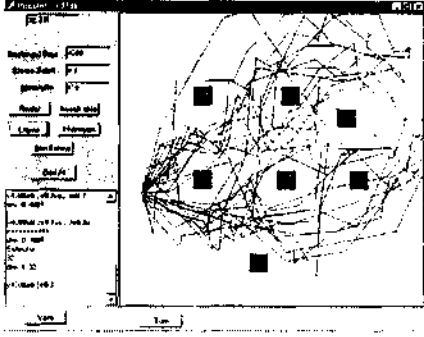
- [1] Goldberg, D. F., *Genetik Algoritmalar in Search, Uptimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA., 1989
- [2] Halıcı, Uğur, *Neural Networks (Lecture notes)*, Metu, Ankara, 1995
- [3] Haykin, Simon, *Adaptive Filter Theory*, New Jersey, Prentice Hall, 1995
- [4] Haykin, Simon, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, McMillan, 1995
- [5] Holland, J.H., *Adaptation in natura! and Artijical Systems*. Ann Arbor, MI; Univ. Michigan, 1975.
- [6] Holland, J.H., *Genetic algorithms*, Scientific American, July 1992, pp 66-72.
- [7] Haupt, R.L., *An introduction to genetic algorithms for electromagnetics*, IEEE Antennas and Propagat. Mag., vol. 37, no.2, pp.7-15, April 1995.
- [8] Valenzuela, C.L., *Improving Simple Heuristic Algorithms for the Travelling Salesman Problem using a Genetic Algorithm*, University of Teesside UK, 1996



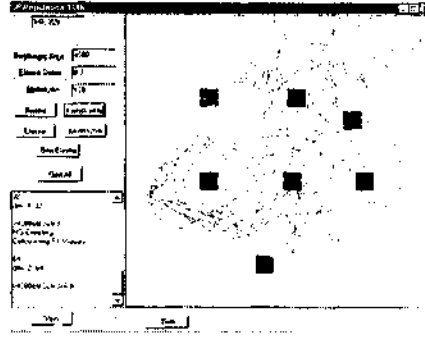
Şekil 3. Başlangıç Pozisyonu



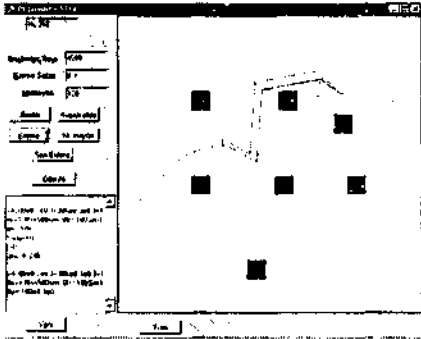
Şekil 4. Başlangıç Populasyonu



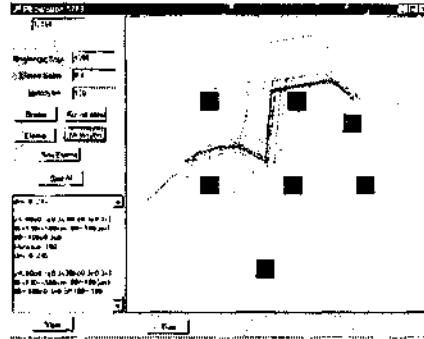
Şekil 5. Eleme sonucunda yeni jenerasyonu oluşturacak ebeveynler



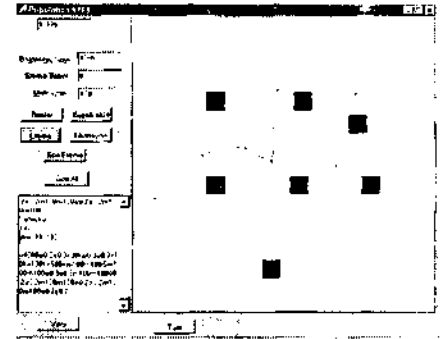
Şekil 6. Üreme sonucunda oluşan ve bir öncekinin yaklaşık iki katı ebeveyn içeren yeni jenerasyon. Önceki jenerasyondakilerle benzer yeni bireylerin oluştuğu görülmektedir.



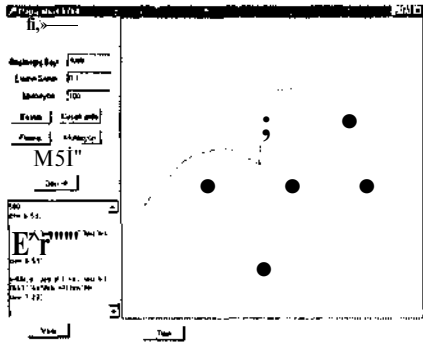
Şekil 7. Eleme ve üreme sonucunda oluşan kendine çok yakın çözümler içeren yeni jenerasyon (birbirinin aynı 245 çözüm oluşmuştur).



Şekil 10. Son eleme ile elde edilen optimum çözüm. Mutasyonun varılma sonuca etkisi açıkça görülmektedir.



Şekil 9. Mutasyonun ardından uygulanan eleme ve ikinci mutasyon sonucunda oluşan yeni jenerasyon. Mutasyonların çözümde çeşitlilik sağladığı görülmektedir.



Şekil 8. Aynı jenerasyona uygulanan mutasyon.

BULANIK MANTIK TABANLI PARAMETRE KESTİRİMİ VE SAYISAL KORUMA RÖLELERİNE UYGULANMASI

Bekir DİZDAROĞLU, İsmail H. ALTAŞ ve Ali GANGAL
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080-Trabzon

ABSTRACT

An application of fuzzy logic in power systems is studied in this paper. Digital relays used in power system protection require more accurate input data to operate more properly. One of the most important problems of digital relays is the data reconstruction. Since digital relays involve with analog-digital (A-D) conversion, an accurate data reconstruction must be done. After the faults occur in power networks, any change in current and voltage signals must be detected and used by the relays with minimum error. In this study, the signals coming to a digital relay through an A-D converter are reconstructed using a fuzzy logic based estimation algorithm. The performance of the fuzzy logic estimator is compared with that of Lagrange interpolation method.

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisi geliştikçe güç sistemlerindeki uygulama tür ve alanları da buna bağlı olarak gelişmiştir. Kolay uygulanabilmesi ve ucuz olması nedeniyle de sayısal koruma yöntemleri hızla gelişmiştir. Önceleri mikrobilgisayarlarla yapılan bilgisayar denetimli koruma rölesi uygulamaları sayısal bilgisayarların hızla gelişmesi sonucu yerlerini sayısal koruma rölelerine bırakmaya başlamış ve sayısal röleler de gittikçe daha fazla uygulama alan bulmaya başlamıştır[2-4].

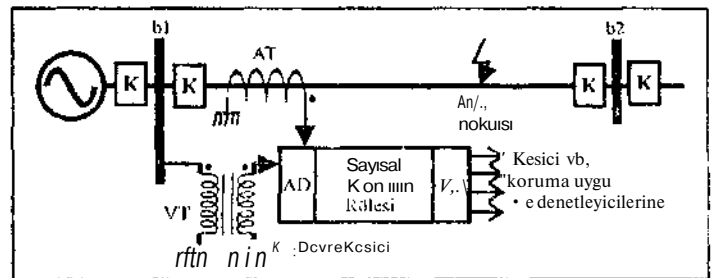
Sayısal koruma rölelerinin uygulanması her ne kadar basitmiş gibi görünse de beraberinde bazı problemler de getirmiştir. Bu problemlerin en önemlilerinden biri de sayısal röleye uygulanan analog işaretlerin sayısal olarak yeniden, aslına en uygun biçimde, en az hata ile yapılandırılmasıdır. Çünkü röleye gelen gerilim ve akım işaretlerinin asıllarına uygun olarak yeniden sayısal olarak yapılandırılmaları bu işaretlerin daha verimli ve daha doğru kullanılmalarını sağlayacaktır. Bu işaretlerin doğru kestirimi için birçok yöntem uygulanmıştır. Bunlar genellikle klasik enterpolasyon yöntemleri olup başarılı sonuçlar vermişlerdir[5-8]. Ancak bulanık mantığın son yıllardaki hızlı gelişmesi ve belirsizlik içeren sistemlerdeki uygulamalara çok uygun bir yapıya sahip olması bu yönteme dayalı kestirim yöntemlerini gündeme getirmiştir. Ayrıca bulanık mantığın yapay

sinir ağları ve genetik algoritmalar ile birlikte kullanılması sonucu güç sistemlerinin akıllı denetimi mümkün hale gelmiştir[9-11]. Benzer yaklaşımların parametre kestirimi ve güç sistemlerinin korunmasına yönelik sayısal rölelerde uygulanması sonucu karşımıza "akıllı röleler" çıkmaktadır. Günümüzde güç sistemlerindeki birçok probleme bulanık mantık ile çözüm aranmakta ya da var olan çözümler iyileştirilmektedir. Bulanık mantığın güç sistemlerindeki uygulamaları [12] numaralı kaynakta geniş biçimde incelenmektedir.

Bu çalışmada, gerilim ve akım transformatörleri üzerinden sayısal röle olarak kullanılan bilgisayara aktarılan akım ve gerilim işaretleri bulanık mantık uygulanarak kestirilmektedir. Kestirilen bu işaretlerin olması gereken orijinal değerlerle kıyaslanması sonucunda ise güç iletim hattında meydana gelen arıza ile ilgili bilgiler elde edilmekte ve bu bilgiler kullanılarak yapılacak koruma işlemine karar verilmektedir. Çalışmanın bu aşamasında sadece giriş verilerinin ve bunlara bağlı olarak da hat parametrelerinin kestirimi yapılmaktadır. Daha ileri aşamalarda ise bu verilere göre ne gibi bir koruma işlemi yapılacağına bulanık karar verme algoritmaları ile varılacaktır.

2. HAT PARAMETRELERİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE KESTİRİLMESİ

Sayısal bir röleye gelen veriler A-D dönüştürücülerden geçtiği için ayrı zamanlı biçime sahiptirler. Sayısal röleye gelen bu ayrı veriler, bulanık mantık veya farklı kestirim yöntemleri kullanılarak aslına daha uygun olacak şekilde kestirilebilir. Belirtildiği gibi burada yeni bir yöntem olarak bulanık mantık tabanlı bir kestirim algoritması tanıtılmaktadır. Sayısal röle uygulaması olarak ele alınan güç sistemi parçası Şekil 1 de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 1. Mesaj ile koruma işleminin prensip şeması.

Burada b_1 ve b_2 baraları arasında bulunan iletim hattı meydana gelebilecek kısadevre, açık devre vb. arızalara karşı mesafe koruma ilkesine göre korunmaktadır. Şebeke gerilimi ve akımı sırasıyla voltaj transformatörü (VT) ve akım transformatörü (4T) tarafından ölçülebilir genliklere düşürüldükten sonra A-D dönüştürücü tarafından ayrıntı zamanlı birer sayısal işarette çevrilmektedir. Ölçüm anındaki bu ayrıntı değerler uygulanan kestirim işlemi ile yeniden aslına uygun olarak yepilandırılmakta ve daha önceden ayarlanan normal değerlerle karşılaştırılmaktadır. Eğer iletim hattında bir arıza meydana gelirse, algılanan işaretlerde bu arıza türüne bağlı olarak bir bozulma olacak, ve bu durum orijinal işaretlerle yapılan karşılaştırma sonucu anlaşılacaktır. Arızalı duruma ait akım ve gerilim işaretlerinin normal durumdaki akım ve gerilim işaretleri ile karşılaştırılması ile arızanın türü ve yeri konusunda bilgiler elde edilebilir.

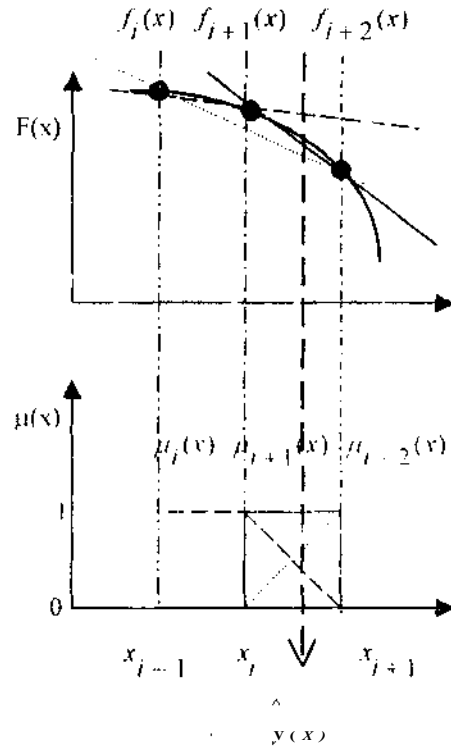
Tasarlanan sayısal koruma rölesinin gerekli işlevini yapabilmesi için algılama, kestirim, karşılaştırma ve karar verme işlemlerini en hızlı bir şekilde yapabilmesi gerekir. Uygulanan bulanık mantık tabanlı kestirim bu işlemlere hız kazandırdığı gibi, karar verme aşamasında devreye sokulacak bir bulanık karar verme algoritması bu işlemleri daha da hızlandıracaktır.

A-D dönüştürücüden gelen ayrıntı veriler için bulanık mantık tabanlı bir ara değerlendirme algoritması burada verilmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

Kullanılan sistemde giriş-çıkış ilişkisi $y = f(x)$ şeklinde bir ifade olsun. Uygulanan girişler için çıkışlar ölçülerek $f(x)$ giriş-çıkış fonksiyonu belirlenebilir. Bu işlemi yapmaktaki amaç, işlemleri hızlandırmak için giriş-çıkış fonksiyonunu mümkün olduğu kadar az bulanık mantık verisi kullanarak tanımlamaktır.

Buradaki (x,y) ölçülen giriş-çıkış veri çiftleri olmak üzere bu veri çiftlerinin $\{(j_r, y_j) | j = 1, \dots, n\}$ şeklinde oluşturduğu küme 2 boyutlu Euclidean uzayında bir nokta gibi düşünülmektedir. Şekil 2 de x eksenine ele alınırsa, bu eksen üzerindeki herhangi bir x_i değeri için x_i değeri ve buna karşılık gelen $f(x_i) = f_j(x)$ değeri elde edilir. Benzer şekilde X_{ij} için $f_{i,j}(x)$ ve $X_{i,j}$ için de $f_{i,j}(x)$ değerleri oluşur.

Şekil 2 de verilen bu ayrıntı zamanlı sistemde iki örneklem anı arasında kalan fonksiyon parçasının kestirimi için $[x_{i-1}, x_{i+1}]$ aralığında bir aradeğerleme işlemi tanımlanabilir. X_i merkez noktayı temsil etmek üzere, $[x_{i-1}^*, x_i^*]$ ve $[x_i^*, x_{i+1}^*]$ aralıkları birbirine komşu (bitişik) iki aralığı temsil ederler. Bu iki komşu aralığı oluşturan x_{i-1} , x_i ve x_{i+1} örneklem anlarına karşılık gelen örneklenmiş veri çiftlerini birleştiren Üç doğru parçası sırasıyla $f_{i-1}(x)$, $f_{i,j}(x)$ ve $f_{i+1}(x)$ olsun. Bu doğruların her biri aşağıda belirtilen noktalarda;



Şekil 2. $f_{i-1}(x)$, $f_{i,j}(x)$ ve $f_{i+1}(x)$ fonksiyonlarına atanan üyelik fonksiyonları

$f_{i-1}(x)$ doğrusu $[x_{i-1}, y_{i-1}]$ ve $[x_i, y_i]$ noktalarından, $f_{i,j}(x)$ doğrusu $[x_i, y_i]$ ve $[x_{i+1}, y_{i+1}]$ noktalarından, ve $f_{i+1}(x)$ doğrusu da $[x_{i+1}, y_{i+1}]$ ve $[x_{i+2}, y_{i+2}]$ noktalarından geçsin. Burada $x_{i-1} < x_i < x_{i+1}$, olmak üzere $[X_i, X_{i+1}]$ aralığında önerilen aradeğerleme algoritması basit olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- Şekil 2 de gösterildiği gibi $f_{i-1}(x)$, $f_{i,j}(x)$ ve $f_{i+1}(x)$ fonksiyonlarını bulanıklaştırmak amacıyla bunlara sırasıyla $f_{i-1}(x)$, $f_{i,j}(x)$ ve $f_{i+1}(x)$ üyelik fonksiyonları atanır.
- $[x_{i-1}, x_{i+1}]$ aralığındaki ara değerlendirme işlemi için aşağıdaki gibi bir bulanık kural algoritması oluşturulup uygulanır.

Bulanık kuralları oluşturmak için üyelik fonksiyonu $f_{i,j}(x) = f_{i,j}(x)$ olan bir $A_{i,j}$ bulanık kümesi kullanılabilir. İlgili fonksiyona atanacak olan üyelik fonksiyonu $\mu_{i,j}(x)$ ile gösterilirse bulanık kurallar aşağıdaki gibi sıralanabilirler.

Kural 1: Eğer $x = A_{i,j}$ ise $\mu_{i,j}(x) = f_{i,j}(x)$ 'dır

Kural 2: Eğer $x = A_{i,j+1}$ ise $\mu_{i,j+1}(x) = f_{i,j+1}(x)$ 'dır ..

Kural 3: Eğer $x = A_{i,j+2}$ ise $\mu_{i,j+2}(x) = f_{i,j+2}(x)$ 'dır.

Kuralların uygulanması ile elde edilen bulanık sonuçlar bir durulaştırma algoritması ile durulaştırılıp aradeğerlenmiş kesin $\hat{y}(x)$ değeri belirlenir. Buradaki durulaştırma işleminde alanların merkezi (COA) olarak isimlendirilen ve

$$\hat{y}(x) = \frac{\mu_1(x)f_1(x) + \mu_{1+1}(x)f_{1+1}(x) + \mu_{1+2}(x)f_{1+2}(x)}{\mu_1(x) + \mu_{1+1}(x) + \mu_{1+2}(x)} \quad (1)$$

olarak tanımlanan bir durulaştırma algoritması kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR

Geliştirilen yöntem çeşitli bilgisayar simülasyonlarıyla test edilmiştir. Hat geriliminde ve akımında yapılan değişik bozulmalara karşı hat empedansı ve fazı, geliştirilen yöntemle ve Lagrange enterpolasyonu yöntemleriyle kestirilmeye çalışılmıştır.

Şekil 3'de sayısal röleye gelen bilgilerin orijinal değerleri gösterilmiştir. Şekilde gösterilen grafikler güç sistemlerindeki üç faz dengeli kısadevre durumu içindir.

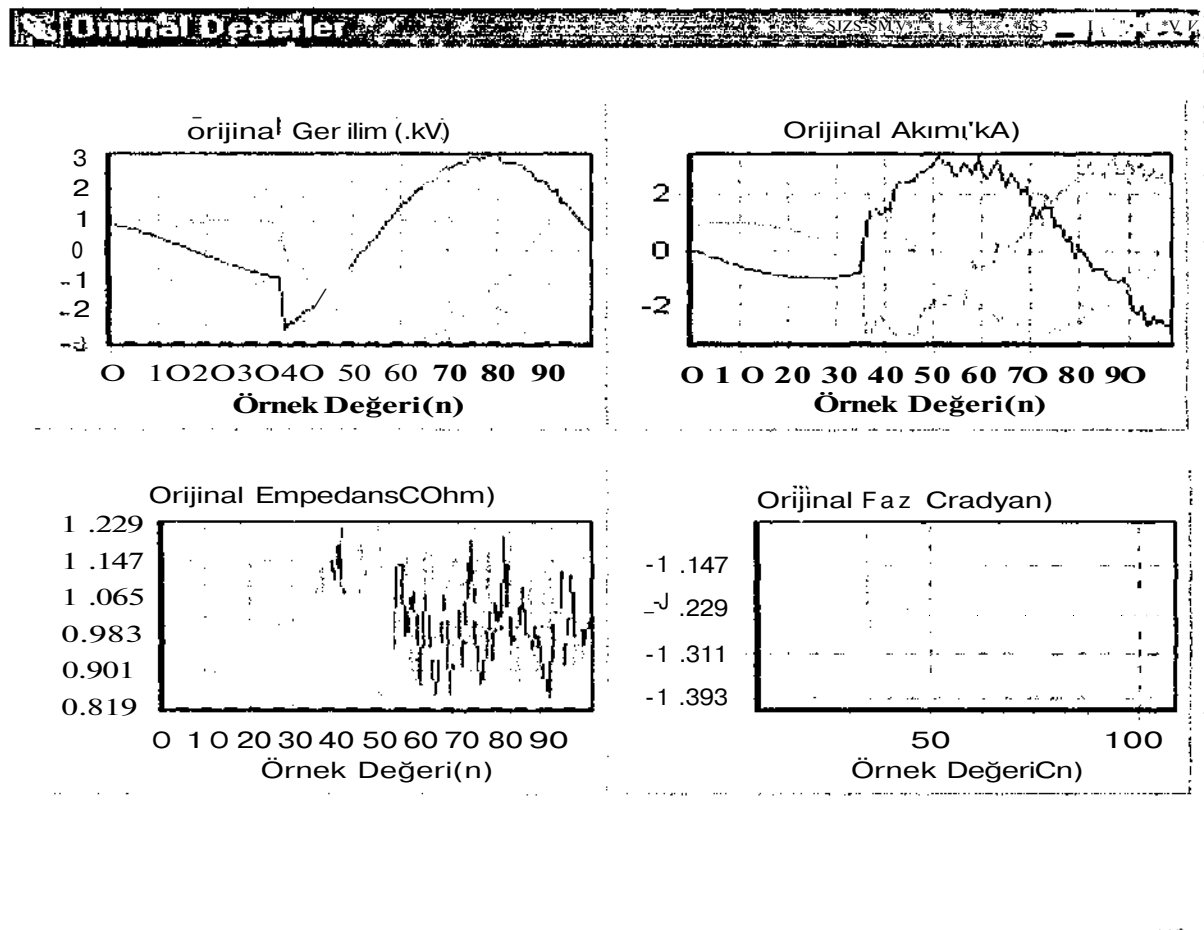
Şekilde hatta meydana gelen üç faz dengeli kısadevre durumu için R, S ve T fazlarına ilişkin gerilim, akım, empedans ve faz değerlerinin ani değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Şekil 4'de ise hem geliştirilen bulanık mantık yöntemi hem de Lagrange enterpolasyonu ile kestirilen değerler gösterilmiştir.

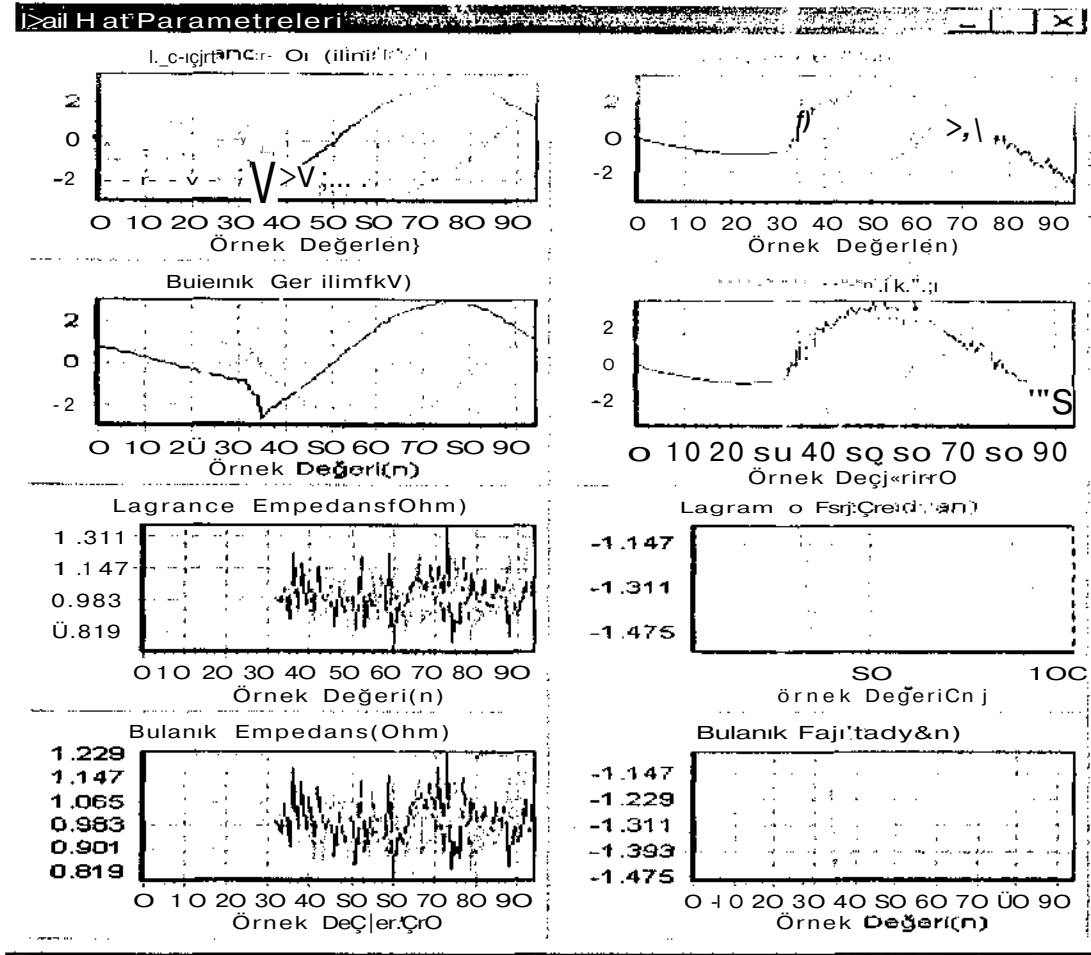
4. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Güç sistemlerinde meydana gelen arızalara bağlı olarak hat parametrelerinin kestirilmesi için yeni ve basit bir bulanık mantık yöntem geliştirilmiştir. Bu geliştirilen yöntem ile Lagrange yöntemi kıyaslanmış ve bu yöntemle elde edilen değerlerin daha doğruluklu olduğu görülmüştür.

Dikkat edilirse, geliştirilen bulanık mantık yöntemi, Lagrange yöntemine göre daha doğruluklu sonuç vermektedir. Özellikle de ani değişimler de bu durum açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3. Orijinal Değerler



Şekil 4. Kestirilen Değerler

5. KAYNAKLAR

- [1] Li, Z. and Zhi-Jing, Z., "Studies of distance protection with a microprocessor for short transmission lines", *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 3, No. 1, pp. 330-336, February 1988.
- [2] Rockefeller, G. D., "Fault protection with a digital computer", *IEVJI Trans. On Power App. Sys./.*, Vol. PAS-88, pp. 438-462, Apr. 1969.
- [3] Gilcrest, G. B., Rockefeller G. D., and Udren, E.A., "High-speed distance relaying using a digital computer, I-System description", *IEEE Trans. On Power App. Syst.*, Vol. Pas-91, pp.1235-1243, May/June 1972.
- [4] Mann, B.J. and Morrison, I.F., " Digital calculation of impedance for transmission line protection", *IEEE Trans. On Power App. Syst.*, Vol. PAS-90, pp. 270-276, Jan./Feb. 1971.
- [5] Chakravarty, S. K., Nayar, C.V. and Achuthan, N.R. "Applying pattern recognition in distance relaying, Part 1: Concept", *IEE Proceedings-C*, Vol. 139, No. 4, pp. 301-305, July 1992.
- [6] Srinivasan, K. and St-Jacques, A., "A new fault location algorithm for radial transmission lines with loads", *IEEE Trans. On Power Delivery*, Vol. 4, No. 3, pp. 1676-1682, July 1989.
- [7] Isaksson, " Digital protective relaying through recursive least-squares identification", *IEE Proceedings*, Vol. 135, Pt. C, No. 5, pp. 441-449, September 1988.
- [8] Ranjbar, A. M., "Digital Distance Relaying", *Journal of Engineering, Islamic Republic of Iran*, Vol. 1, No. 1, pp. 53-62, February 1988.
- [9] Liu, C., "Intelligent system applications to power systems", *IEEE Computer Applications in Power*, Vol. 10, No. 4, pp. 21-24, October 1997.
- [10] Li, K.K., Lai, L.L. and David, A.K., "Stand-alone intelligent digital distance relay", A paper opened for discussion by *IEEE Power Engineering Society*, Abstract printed on *Power Engineering Review*, Vol. 19, No. 2, pp. 46, February 1999.
- [11] Vu, K., Begovic, M. M., and Novosel, D., "Gridsget smart protection and control", *IEEE Computer Applications in Power*, Vol. 10, No. 4, pp. 40-44, October 1997.
- [12] El-Hawary, M. E., *Electric power applications of fuzzy systems*, *IEEE Press*, 1998.

GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK ÇÖZÜLEN DERS PROGRAMI PROBLEMİNDE GENETİK OPERATÖRLERİN ÇÖZÜME ETKİSİ

Aytekin BAĞIŞ

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Elektronik Mühendisliği Bölümü,
38039.KAYSERİ
e.mail: bagis@zirve.erciyes.cdu.tr

ABSTRACT

Scheduling is one of difficult practical optimisation problems. The nature of scheduling problems is that they involve many interacting constraints which must be satisfied by candidate solutions. It is often impossible to specify these constraints and their interactions where the constraints are not determined mathematically.

Timetabling problem shows the characteristics of scheduling problems. It requires the co-ordination of many factors and there are many constraints.

In this paper we used genetic algorithm to solve a timetable problem. Application results on different population size, crossover rates and mutation rates are presented and effects of these factors are examined for solution.

1.GİRİŞ

Planlama (scheduling) tipindeki problemler, çözüme ulaştırılması oldukça zor optimizasyon problemlerinden birini oluşturur [1]. Böyle problemlerin doğası, her biri diğerini etkileyen bir çok sınırlamayı da beraberinde getirir. Matematiksel olarak ifade edilmesi mümkün olmayan bu sınırlamaların kesin bir algoritma kullanmak suretiyle aşılması çoğu zaman mümkün değildir. Araştırma uzayının geniş sınırları ve karmaşıklığı, karşılaşılan sınırlamaların genelde her problem için özel olması ve herhangi bir gerçek problemdeki olası çözüm sayısının çok fazla oluşu genel tekniklerin çözüm için oldukça yetersiz kalmasına neden olur.

Ders programı (timetable) problemi, planlama problemleri ile ortak özelliklere sahip olan ayrık nitelikli bir optimizasyon problemidir [2-4]. Bir eğitim kurumundaki hangi derslerin kim tarafından hangi sınıfa ne zaman verileceği bilgisini taşıyan ders programı yapılırken bir çok faktörün ve sınırlamanın dikkate alınması gerekir. Böylece eğitim kurumlarındaki ders programlarının sağlıklı bir

biçimde yapılabilmesi, son derece karmaşık nitelikli çözüm prosedürünü de beraberinde getirir.

Temcilerini biyolojik evrim mekanizmasından alan genetik algoritma (GA)'lar stokastik bir araştırma tekniğidir [4-7]. Çözüm getirmeye çalıştığı problemin doğası ile ilgili hiçbir başlangıç bilgisine ihtiyaç göstermeyen GA'nın doğası aynı anda bir problem uzayının bir çok alanının araştırılmasına imkan tanıdığından, çözüme çok kısa sürede ulaşmak mümkün olabilmektedir. Hüristik bir fonksiyondan yararlanan GA, böylece karmaşık bir sistemin bir kısmının değil tamamının optimize edilmesinde kullanılabilirler.

Bu çalışmada Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Bölümü ders programının düzenlenmesi için kullanılan GA yapısı ortaya konulmuş, popülasyon büyüklüğü ile çaprazlama ve mutasyon oranlarının çözümü ne şekilde etkiledikleri incelenmiştir. Bunun için ilk kısımda problemin tanımı yapılarak daha sonra çözüm için GA'nın probleme nasıl uygulandığı belirtilmiştir. Son olarak farklı popülasyonlara, çaprazlama ve mutasyon oranlarına sahip algoritmaların çözüme ulaşmada ne derece etkili oldukları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2.PROBLEMİN TANIMI

Bir ders programı problemini temel olarak, önceden belirlenmiş olan nesnelerin belirli konumlara en uygun şekilde ve isteğe uygun olarak yerleştirilmesi problemi olduğundan ayrık nitelikli bir optimizasyon problemidir [4]. Yapılan ders programı, farklı dershanecrdaki zaman boşluklarının, ders akışının, öğrenci gruplarının ve derslerin koordinasyonlarını içermektedir. Amaçlanan düzenleme eğitmen sayısına, gün sayısına, her bir gündeki saat sayısına ve her bir eğitmenin kendi özel tercihlerine bağlı olarak değişebilecektir.

Bu çalışmada ele alınan ders programı 24 adet akademik personelin, 8 farklı öğrenci grubunun, 30 değişik dersin 6 adet dershaneye birbiri ile çakışmayacak biçimde yerleştirilmesini içermektedir. Bu program ayu zamanda haftanın 5 gününde 20 farklı zaman aralığına yayılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışma, Turbo C++ programlama dili ve GA kullanılarak hazırlanmış bir ana programdan ve bu program tarafından kullanılan 4 bilgi dosyasından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bilgi

dosyalan Hoca.Dat, Sınıf.Dat, Gün.Dat ve Dosya.Dat dosyalardır. Bunlar Şekil 1 'de verilmiştir.

Böylece Hoca.Dat dosyasındaki öğretmenler Sınıf.Dat dosyasındaki dersanelere Gün.Dat dosyasındaki zaman boşlukları dahilinde ve Dosya.Dat dosyasında yer alan her öğretmenin özel tercihleri dikkate alınarak yerleştirilecektir. Öğretmenlerin istedikleri gün ve saatlerde istedikleri dersanelerde ders verebilmeleri, ilgili dosyalardaki ağırlık prosesi yardımıyla yapılır.

	Ders Kodu	Eğitmen Adı	Öğr. Grubu
1 →	001	Karaboğa	Sınıf A
2 →	001	Karaboğa	SınıfB
3 →	002	Bağış	Sınıf2A
.....
96 →	030	Danışman	Sınıf4B

(a)

Ağırlık	Dershane
0.0	d 106
.....
0.0	dili

(b)

	Ağırlık	Gün	Saat
1 →	0.0	Pazartesi	8-10
2 →	0.0	Pazartesi	10-12
7 - V	0.0	Pazartesi	13-15
4 → I	0.0	Pazartesi	15-17
5 - → i ÖÖ"		Sah	8-10
.....
20 → Q	0.0"	Cuma	15-17

(c)

Günlerin Ağırlıktan		D.hanc Agr.
P.tesi	Cuma	d106-d111
1. → 0 0 0 0	..... 0 0 0 0	000 0 0 0
2. → 0 0 0 0	..... 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0
3. → 0 0 0 0	..... 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0
.....
96. → 0 0 0 0	..... 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0

(d)

Şekil 1. GA tarafından kullanılan, a) Hoca.Dat, b) Sınıf.Dat, c) Gün.Dat, d) Dosya.Dat bilgi dosyalan

Her bir öğretmenin verdiği dersler birleştirildiğinde, eğitiminin adlarının ve verdikleri derslerin yer aldığı Hoca.Dat dosyası ile bu dosyada yer alan her bir öğretmenin ders vermek için istediği gün, saat ve

dershaneyi seçebilmesine imkan sağlayan Dosya.Dat dosyasının satır sayısı 96 olarak gerçekleştirilmiştir.

3. GENETİK ALGORİTMANIN PROBLEME UYGULANMASI

GA, doğal evrim ve doğal seçim mekanizmalarına dayalı bir araştırma algoritmasıdır [5,6], Algoritma, başlangıç popülasyonunun oluşturulması, ebeveynlerin belirlenmesi, çaprazlama ve mutasyon mekanizması gibi rastgele araştırma öğeleri içerdiğinden, rastgele olarak fakat problem uzayı boyunca yönelir ve optimum çözüm daha kısa sürede bulunabilir. Karmaşık sistemlerin yalnızca belirli bir kısmının değil tamamının optimize edilmesi amacıyla oldukça etkin ve kararlı bir yöntem olarak kullanılan GA'lar temel olarak üç operasyona sahiptir: (1) Seçim operasyonu, (2) Çaprazlama operasyonu, (3) Mutasyon operasyonu.

GA'lar bir probleme uygulandığında, öncelikle olası çözümler popülasyonu oluşturan kromozom formunda ifade edilirler [6,7]. Bu yüzden bu çalışmada kullanılan her bir kromozom aynı bir ders programını belirtir ve öğretmenlerin verdikleri derslerin toplam sayısı (96) kadar gen içerir. Bunlardaki bilgi her bir gen değeri ve konumu kullanılarak kodlanmıştır. Kromozomdaki bir genin değeri, 1 ile (Gün.Dat satır sayısı \ Sınıf.Dat satır sayısı - 1) değeri arasında bir tamsayıdır. Bu değere göre öğretmenin adı, verdiği ders, dersin saati, derse girdiği öğrenci grubu ve dersane belirlenmiş olacaktır. Kromozomdaki hiç bir gen değeri birbirinin aynısı değildir. Böylece öğretmenlerin saatleri arasındaki olası bir çakışma da önlenmiş olmaktadır. Şekil 2'de 3 kromozomdan oluşan bir popülasyonun temel yapısı ve Şekil 3'de ise kromozomdaki bir genin anlamlı şekilde ifade edilmesi gösterilmiştir.

[75	39	45	.....	117	12]
[77	29	42	.....	77	18]
[89	58	52	.....	33	30]
t	t	t	.....	t	t
1.gen	2.gen	3.gen	.....	95.gen	96.gen

Şekil 2. 3 kromozomdan oluşan bir popülasyon

75	/ 6	= 12	+ 3	/6
t	t	t	t	
1.kromozomun	Dershane	Gün.Dat	Sınıf.Dat	
1.geni. Hoca.Dat	sayısı	gün	dershane	
öğretmen satır		satır	satır	

Şekil 3. Kromozomdaki bir genin anlamlı şekilde ifadesi

Seçme operatörü, bir popülasyonda çaprazlamaya uğrayacak olan kromozomların belirlenmesi görevini yerine getirir [5-7]. Bu operatör, doğal seçim işlemi olarak adlandırılan ve kaliteli olanların hayatta kalmaları prensibine göre çalışan bir elemandır. Yapılan bu çalışmada basit ve yaygın bir metot olan rulet tekerleği seçim operatörü (roulette wheel parent selection ~/>) kullanılmıştır.

Değişik kromozom konfigürasyonlarının test edilmesine ve hızlı şekilde tekrar yapılmasına olanak sağlayan çaprazlama operatörü, GA'nın çok önemli bir elemanıdır [5-7]. Bu çalışmada yüksek performans özelliğinden dolayı konuma dayalı (position-based) çaprazlama operatörü farklı çaprazlama oranları dikkate alınarak test edilmiştir. Bu çaprazlama işlemi Şekil 4'de basitçe gösterilmiştir.

	eski kromozom					=>	yeni kromozom					
P1	1	1	1	0	0		C1	1	1	1	1	0
P2	0	1	0	1	0		C2	0	1	0	0	0
Kalıp	1	0	1	0	0							

Şekil 4. Konuma dayalı çaprazlama

GA'nın diğer bir önemli elemanı olan mutasyon operatörü de, çaprazlama ile dikkatli kullanıldığında algoritmanın başarısında temel bir rol oynar [5-7]. Bir kromozomdaki herhangi bir gen değerinin belirli değere sahip bir olasılıkla değişimini ifade eden mutasyon; yeni, görülmemiş ve araştırılmamış çözüm elemanlarının bulunması için kullanılır. Algoritmanın alt optimal bir çözümü bulmasını engelleyen ve çalışmanın lokal bir noktada sıkışıp kalmamasını sağlayan mutasyon Şekil 5'de gösterilmiştir. Ders programının düzenlenmesine yönelik bu çalışmada GA, farklı mutasyon oranları için de test edilmiştir.

eski kromozom	→	1	1	0	0	1
				<i>i</i>		
yeni kromozom	→	1	1	1	0	1

Şekil 5. Kromozomdaki mutasyon

Kromozomların uygunluk değerlerini hesaplamak için kullanılan değerlendirme fonksiyonunu doğrudan etkileyen unsurlar şu şekilde verilebilir:

- * Eğitimci arası çakışmalar (eç)
- * Öğrenci grupları arasındaki çakışmalar (öç)
- * Bilgi dosyalarındaki ağırlıklar
 - Günlerin ağırlıkları (ga)
 - Dershanelerin ağırlıkları (da)
 - Dosya.Dat dosyasındaki eğitimcilerce belirlenen saatlerin (ebs) ve dershanelerin (ebd) ağırlıkları

Böylece değerlendirme fonksiyonu tarafından esas alınan uygunluk değeri olarak, aşağıda basitçe gösterilen ifade kullanılmıştır.

$$\text{uygunluk değeri} = A - \{ [(e\check{c} + \check{o}\check{c}) \times \text{çakışma cezası}] + (ga + da + ebs + ebd) \}$$

Buradaki A, pozitif bir sabittir ve bu çalışmada 1000 olarak alınmıştır. Çakışma cezası ise 5 olarak değerlendirilmiştir. Bu ifadeye göre, eğitimci ve öğrenci grupları arasındaki çakışma miktarı ne denli fazla olursa uygunluk değeri de o denli düşük olacaktır. Yine bu ifadeye göre bir eğitimci herhangi bir gün, saat ya dershanede ders vermek istemiyorsa, ilgili dosyadaki gün, saat ve dersane ağırlık değerinin artırılması yeterli olacaktır.

Yapılan bir ders programının iyi sayılabilmesi için en azından aşağıdaki nitelikleri üzerinde taşınmalıdır [4]:

* Tüm eğitimci ve öğrenci grupları belirlenen gün, saat ve dershanelere eksiksiz olarak yerleştirilmelidir.

* Eğitimci arasında çakışmalar olmamalıdır.

* Öğrenci grupları arasında çakışmalar olmamalıdır.

"Yapılan program, değişen eğitimci, öğrenci grubu ya da dersane sayısına göre yeniden düzenlenmelidir.

"* Eğitimcilerin ders verecekleri gün, saat ya da dershaneyi belirleyebilme imkanı bulunmalıdır.

Yukarıdaki bu özellikler dikkate alınarak değişim popülasyonu, çaprazlama ve mutasyon oranları dahilinde GA tarafından bir ders programının düzenlenmesine çalışılmıştır. Ancak jenerasyon sayısı çok yüksek tutulmamış, her bir çalışmada algoritmanın ilk 1000 jenerasyonu hangi uygunluk değeri ile geçtiği üzerinde durulmuştur. Bu şekilde elde edilen sonuçlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Değişim popülasyonu, çaprazlama ve mutasyon oranları için yapılan test sonuçları (jenerasyon sayısı=1000)

pop_size	Pc	Pm				
		0.05	0.25	0.50	0.75	0.95
11	0.1	925	925	925	935	925
	0.3	955	945	925	925	925
	0.5	940	930	925	955	935
	0.7	955	950	970	945	955
	0.9	985	960	960	985	960
	0.1	945	930	925	925	925
31	0.3	940	950	940	940	955
	0.5	955	960	960	955	950
	0.7	955	975	945	955	965
71	0.9	985	1000	965	975	980
	0.1	960	950	950	940	960
	0.3	955	960	970	955	965
	0.5	970	955	965	970	965
	0.7	970	970	950	965	970
	0.9	960	965	970	960	965

Bilgi dosyalarındaki ağırlıklara bir değer atanmadan yapılan test çalışmalarında, eğitimci ya da öğrenci grupları arasındaki herhangi bir çakışma 5 gibi bir ceza puanı ile değerlendirilmiştir. Buna göre, uygunluk değeri 985 olan bir çalışma sonucunda çakışma sayısı 3 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1'deki uygunluk değerleri incelendiğinde, popülasyon büyüklüğü 31 olmak üzere, çaprazlama oranı (Pc) 0.9 ve mutasyon oranı (Pm) 0.75 alınarak optimum uygunluk değeri olan 1000 değerine ulaşılmıştır. Bu uygunluk değerine göre tüm bilgi dosyalarındaki birimler eksiksiz olarak yerleştirilmiş ve eğitmenler ya da öğrenci grupları arasında herhangi bir çakışma olmamıştır. Tablo 1'de popülasyon büyüklüğü 31, çaprazlama oranı 0.1 ve mutasyon oranı 0.5 alınarak elde edilen 925 uygunluk değerine sahip ders programının ve 1000 uygunluk değerine sahip olan ders programının 2.sınıflar ile ilgili düzenlemeleri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 2. Uygunluk değeri 925 olan ders programının bir bölümü

Kod	Eğitmen	Sınıf	D.hane	Gün/Saat
001	E1	2A	110	Cuma 13-15
001	E1	2A	106	Çarş. 15-17
001	E1	2A	110	Cuma 10-12
001	E1	2B	106	Çarş. 8-10
001	E1	2B	106	Cuma 15-17
001	E1	2B	108	P.tesi 10-12
002	E2	2A	107	Salı 15-17
002	E2	2B	110	Salı 15-17
003	E3	2A	107	Perş. 10-12
003	E3	2A	107	Cuma 15-17
003	E3	2B	110	Perş. 13-15
003	E3	2B	106	Çarş. 13-15
004	E4	2A	107	P.tesi 13-15
004	E4	2A	109	Cuma 13-15
004	E4	2B	107	Perş. 8-10
004	E4	2B	111	Perş. 13-15
005	E5	2A	110	Cuma 10-12
005	E5	2A	110	P.tesi 10-12
005	E5	2B	106	Çarş. 10-12
005	E5	2B	110	Perş. 15-17
006	E6	2A	109	Cuma 8-10
006	E6	2B	106	P.tesi 8-10

Tablo 2 incelendiğinde; E1 eğitmeninin verdiği 001 kodlu ders ile E5 eğitmeninin verdiği 005 kodlu dersin aynı gün ve saate rastladığı ve E2 eğitmeninin 002 kodlu dersinin iki farklı öğrenci grubu için aynı gün ve saate yerleştirildiği görülebilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, bir ders programı probleminin çözümü için GA kullanılmış, farklı popülasyon büyüklüklerinin, çaprazlama ve mutasyon oranlarının çözümlerini nasıl etkiledikleri incelenmiştir. Çözümün kalitesini arttırılması için problemin tipine göre

dikkatli bir şekilde seçilmesi gereken genetik operatörlerden çaprazlama operatörü 0.9 ve mutasyon operatörü ise 0.25 olarak seçildiğinde islenen çözüme ulaşılmıştır. Popülasyon büyüklüğü ise, test edilen 11, 31 ve 71 değerlerinden, yüksek popülasyon değerlerinde değil, 31 olarak belirlendiğinde optimum çözüm gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Uygunluk değeri 1000 olan ders programının bir bölümü

Kod	Eğitmen	Sınıf	D.hane	Gün/Saat
001	E1	2A	111	P.tesi 8-10
001	E1	2A	111	Çarş. 15-17
001	E1	2A	107	Salı 15-17
001	E1	2B	110	Perş. 10-12
001	E1	2B	108	Salı 10-12
001	E1	2B	108	Çarş. 8-10
002	E2	2A	111	Cuma 10-12
002	E2	2B	106	P.tesi 8-10
003	E3	2A	107	Salı 10-12
003	E3	2A	107	Cuma 8-10
003	E3	2B	107	Cuma 13-15
003	E3	2B	110	Perş. 8-10
004	E4	2A	108	Çarş. 13-15
004	E4	2A	108	Çarş. 10-12
004	E4	2B	107	Cuma 15-17
004	E4	2B	109	Çarş. 15-17
005	E5	2A	106	P.tesi 15-17
005	E5	2A	109	Perş. 8-10
005	E5	2B	106	Çarş. 10-12
005	E5	2B	106	P.tesi 13-15
006	E6	2A	107	P.tesi 10-12
006	E6	2B	106	Salı 13-15

5. KAYNAKÇA

- [1] Sysverda, G., "Schedule Optimisation using Genetic Algorithms in Davis, L. (1991) Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [2] Golomi, A. & Dorigo, M. & Maniczzo, V., "Genetic Algorithms: A New Approach to the Timetable Problem", 1992.
- [3] Dige, P. & Lund, C., "Timetabling by Simulated Annealing", Technical University of Denmark.
- [4] Başış, A., "Genetik Algoritma Kullanılarak Ders Programının Optimum Şekilde Düzenlenmesi", Y.Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Müh.Fak., 1996.
- [5] Davis, L., "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [6] Michalewicz, Z., "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs", Springer-Verlag, USA, 1992.
- [7] Tang, K.S. & Man, K.F. & Kwok, S. and Ho, Q., "Genetic Algorithms and their Applications". IEEE Signal Processing Magazine, pp 22-37, 1996.

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BİR KONTROL UYGULAMASI

Cihan KARAKUZU*

E-mail: cihankk@kou.edu.tr

*Kocaeli Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü
Atatürk Bulvarı Anıtpark Yanı 41300 İzmit -Kocaeli

Silki ÖZTÜRK*

E-mail : so/lurkf/,kou.edu.tr

ABSTRACT

In this study, a temperature controller is designed using neural network by direct control method. A feedback neural network is trained to learn the inverse dynamics model of a temperature control system and then configured as a direct controller to the process. The ability of the neural network to learn the inverse model of process plant is tested for base on different input vectors with no priori knowledge regarding dynamics. For base on different input vectors, behaviour of the trained neural network is observed in the systems. In this study, the firstly ability of neural networks to verify nonlinear mapping and then secondly, using neural network from control perspective is aimed.

1.GİRİŞ

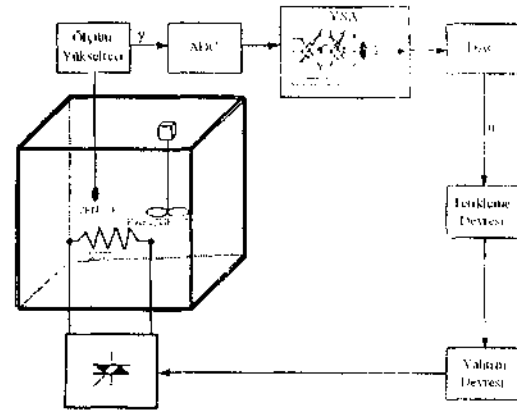
Gerçekle fi./iksel sistemler kontrol açısından doğrusal olmayan davranış sergilerler. Çoğu zaman da fizik kanunlarını kullanarak bu sistemleri modellemek mümkün olmaz. Yapay sinir ağlarının yalnızca ölçülen bilgilerden iyi bir modelleneyi tesis ederek, bu problem üzerinde umut verici bir teknik olduğu görülmüştür. Halen kontrol sistemlerinin tasarımı ağırlıklı olarak sistemin açık ün.ionmatiksel modeline dayandırılır. Bununla beraber bazı matemati.iksel modelleri bulmak çoğunlukla zor ve bazen de imkansızdır. Bu sebeple alışlagelmiş kontrol sistemleri genellikle sistemin dinamiklerinin son derece basitleştirilmiş ve doğrusallaştırılmış matematiksel modeline dayandırılırlar. Sinir ağları üzerinde yapılan araştırmalar, yapay sinir ağların bir doğrusal olmayan modeli, az sayıda model örneklerinden öğrenebildiklerini ve doğrusal olmayan sistemler için başarı ile uygulanabileceğini göstermiştir [1][2][3][6]. Bilindiği üzere yapay sinir ağları; kontrol edilecek sistem hakkında herhangi bir ön bilgi gerektirmeksizin, islenen amaç ölçütünü enazlayan bir eğitimle, sisteme ait parametreleri ağ bağlantı ağırlıklarına kodlayarak kendisinden beklenileni veren bir kontrolör olarak da kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada üç katmanlı geri beslemeli bir yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak, doğrudan ters kontrol yöntemiyle, kontrol amacı için öngörülen ve doğrusal olmayan bir giriş-çıkış işlevine sahip basit bir sistem için sıcaklık kontrolörü tasarlanmıştır. YSA, sıcaklık kontrol sisteminin ters dinamik modelini öğrenmesi için eğitilmiş ve sonra bir doğrudan ters kontrolör olarak sisteme uyarlanmıştır. Yapay sinir ağının sistemin ters modelini öğrenme yeteneği, sistem dinamikleri hakkında hiçbir ön bilgi olmaksızın öngörülen altı farklı giriş vektörü için

sınanmıştır. Bu giriş vektörleri için eğitilen her bir ağı bir kontrolör olarak sistemdeki davranışı gözlenmiştir. Bu çalışmada öncelikle yapay sinir ağların doğrusal olmayan aktarımları gerçekleştirme yeteneği sonra da kontrol amaçlı kullanımı esas alınmıştır.

2.SİSTEMİN TANITIMI

Uygulaması yapılan kontrol sisteminin blok yapısı Şekil 1. Tde verilmiştir. Kontrol edilecek sistem, yaklaşık 8.5 litre hacimli içi su dolu ısıya dayanıklı bir canı kaptan ibarettir. Sistemde kontrol edilecek büyüklük suyun sıcaklığıdır. Su kabının içindeki ısı dağılımını hızlandırmak ve sıcaklığın kab içinde düzgün bir şekilde yayılması amacıyla sabit devirde dönen bir karıştırıcı kullanılmıştır. Suyu ısıtmak amacıyla yaklaşık olarak 1000Wlık bir ısıtıcı kullanılmıştır. Bu ısıtıcı bir triyak ile sürülmektedir. Sıcaklık bilgisi, IOmVrC hassasiğe sahip bir sensör vasıtasıyla ölçüm yükseltici devresiyle okunmaktadır.

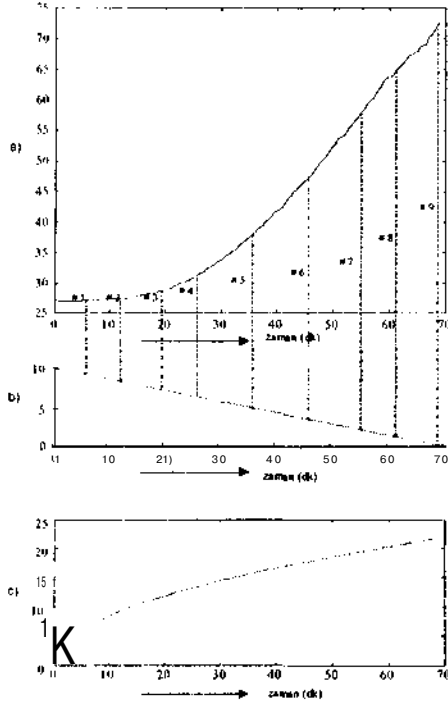


Şekil 1. Kontrol sisteminin blok yapısı

Ölçüm yükseltici girişinde 0-10V sıcaklık değişimi aralığına karşılık çıkışında 0-10V değişim aralığında DO gerilim okunacak şekilde tasarlanmıştır. Ölçüm yükselticiden alınan sıcaklık bilgisine karşılık okunan DO gerilini. 12 bit çözünürlükle I/O kartının analog dijital dönüştürücüsü (ADO) ile bilgisayar içinde 0 programlama dili ile oluşturulan YSA'na giriş olarak verilmektedir. YSA, triyağı 0-180° aralığında tetiklemek için 0-10V aralığında çıkış verecek şekilde tasarlanmıştır. Ağı çıkışı I/O kartının sayısal analog dönüştürücüsü (DAT) üzerinden (etikleme devresini ve dolayısıyla triyatın ürer

3.VSA EĞİTİMİ İÇİN BİLGİ ELDE EDİLMESİ

YSA eğitimi için eğitim çiftleri elde etmek amacıyla bir C yazılımıyla sistemin kontrol girişi, 10-0 V aralığında 70'dk'lık bir zaman dilimi içinde doğrusal olarak 000.012 V/örnek'le azaltılarak triyağın tetikleme açısı 180°-0° aralığında doğrusal olarak azaltılmıştır. Böylece ısıtıcı üzerindeki etkin gerilim zamanla yavaş yavaş artırılmış ve ısıtıcıya zamanla rampa şeklinde etkin gerilim enjekte edilmeye çalışılmıştır. Yüke rampa gerilimi uygulamanın mantığı şöyle açıklanabilir: Amaç suyun sıcaklığını kontrol etmek olduğuna göre; başlangıç sıcaklık değerinden ayar (set) değeri arasındaki fark (hata) nispetinde ağı nasıl davranacağı, hangi çıkışı üreteceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaca uygunluk sağlamak için yüke rampa şeklinde gerilim uygulayarak eğitim için bilgi toplama tercih edilmiştir.

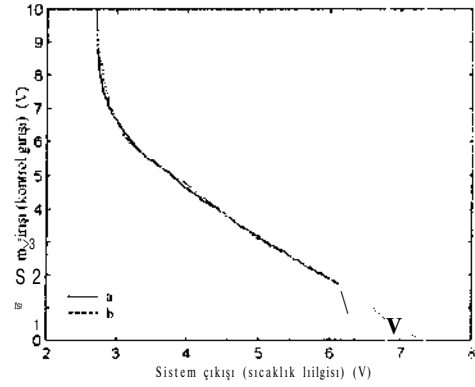


Şekil 2. a) Sıcaklığın değişimi
b) Kontrol girişinin değişimi
c) Yük geriliminin değişimi

Yukarıda anılan zaman dilimi içerisinde 30 sn aralıklarla bir C yazılımı vasıtasıyla sisteme ait kontrol girişi ve ölçüm yükselticiden okunan sıcaklık bilgisi (sistem çıkışı) kaydedilmiştir. Bu işlem süresince, kontrol girişinin ve ısıtıcı üzerindeki gerilimin zamanla değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

Sözü edilen işlem süresince, sistemin sergilediği çıkış/giriş ilişkisi (ters sistem) Şekil 3'deki "a" eğrisinde gösterildiği şekilde olduğu görülmüştür. Pekiyi bu bilgi kontrol amaçlı olarak nasıl kullanılabilir? Bu bilgi, tasarlanacak YSA'nın ayar değeri ile sistemin mevcut sıcaklığı arasındaki hataya göre hangi kontrol girişini üretmesi gerektiğinin bir ölçütü olarak kullanılabilir.

Kısaca; tasarlanacak YSA yukarıda sözü edilen işlem süresince sistemin sergilediği davranışın tersi bir işlevi yerine getirmek amacıyla eğitilecektir.



Şekil 3. Ters sistem karakteristiği (a eğrisi) ve eğitilmiş ağı bu karakteristiği karşılama başarımı (b eğrisi)

4. YSA'NIN EĞİTİMİ

Sistemde kullanılan YSA, geri beslemeli üç katmanlı dinamik bir YSA yapısındadır. Ağı giriş ve gizli katmanında 8'er adet doğrusal olmayan geçiş işlevli hücre. çıkış katmanında da 0 ve 10 ile sınırlı doğrusal geçiş işlevli bir adet hücre mevcuttur. Ağ; eşitlik (1) ile matematiksel olarak ifade edilen sistemin tersi $l(k)$ 'ı gerçekleyecek şekilde eğitilmiştir. Eğitim için Nagata, Minoi ve Asakawa [4] tarafından bir robot kontrol uygulamasında kullanılan "pseudo impedance control" adım verdikleri eşitlik (2) ile ifade edilen algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmayla eğitim Psaltis, Sideris ve Yamamura [5] tarafından önerilen genel öğrenme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

$$l(k) = f\{v(k), y(k-1), \dots, y(k-n), u(k), u(k-1), \dots, u(k-n)\} \quad (D)$$

$$Aw_{j,i}^{(n+1)} = \eta \delta_{j,i}^{(n)} + aAw_{j,i}^{(n)} + BAw_{j,i}^{(n)} \quad 1 \leq n \leq 11 \quad (2)$$

Bir önceki bölümde bahsedilen işlem süresince sistemden alınan 140 adet sistem giriş-çıkış çiftinden n ' adedi (Şekil 2 a. Şekil 2b.) ağ eğitimi için kullanılmıştır.

Bu çalışmada sistem hakkında herhangi bir ön analiz yapmadan yani herhangi bir ön bilgi sahibi olmadan, aşağıda verilen altı farklı giriş vektörü için $l(k)$ işlevini gerçekleyecek YSA eğitimi yapılması öngörülmüştür.

- $l(k) = f\{y(k), u(k)\}$
- $l(k) = f\{y(k), u(k), u(k-1)\}$
- $l(k) = f\{y(k), y(k-1), u(k), u(k-J)\}$
- $l(k) = f\{y(k), y(k-1), y(k-2), u(k)\}$
- $J(k) = f\{y(k), y(k-1), y(k-2), u(k), u(k-1)\}$
- $J(k) = f\{y(k), y(k-1), y(k-2), u(k), u(k-1), u(k-2)\}$

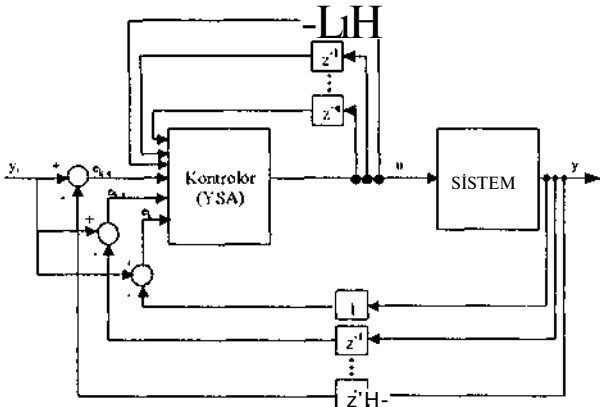
Yukarıda verilen a durumu için ağı girişinde yalnız sistem çıkışı ve kontrol girişinin o an için değerleri mevcuttur.

Diğer durumlarda hem bu girişler hem de bunların geciktirilmiş değerleri ağı girişleri olarak alınmıştır.

Öngörülen her bir durum için, aynı yapıda altı farklı ağ eğitilmiştir. Eğitim yapıldıktan sonra her bir ağı basanını sulanmıştır. Şekil 3' de b eğrisiyle eğitilmiş bir ağı basanını verilmiştir. Eğitilen her ağ, verilen şekilde görülen yaklaşıklıkla istenilen işlevi sağlamıştır. Dikkat edilirse eğitilen ağ ters sistem işlevinin doğrusal olmayan kısmını da başarıyla sağlamaktadır. Zaten YSA'ı üstün kılan özelliklerden biri de doğrusal olmayan aktarımları kolayca başarabilme özelliğidir.

5. AĞLARIN BİRER KONTROLÖR OLARAK KULLANILMASI

Altı farklı giriş vektörü için Şekil 3'de verilen işlevi sağlayacak şekilde eğitilen her bir YSA, Şekil 1'de verilen blok yapıdaki yerine Şekil 4'deki kontrol şemasına göre uyarlanmıştır.



Şekil 4. Kullanılan kontrol şeması

Şekil 4'den de görüleceği üzere eğitim sırasında $y(k)$, $y(k-1)$, $y(k-2)$ kullanılan girişleri yerine; YSA kontrolör olarak kullanılırken ayar (sel) değeri ile sistemin mevcut durumdaki çıkışı arasındaki hala olan $e(k)$, $e(k-1)$, $e(k-2)$ girişleri kullanılmıştır. Ağı diğer girişlerinde bir değişiklik söz konusu değildir.

Bu koşullar altında, birer kontrolör olarak basanını gözlemek amacıyla, 50 °C'lik ayar değeri için, her bir YSA gerçek zamanda denemiştir. Deneyler hemen hemen aynı başlangıç sıcaklığı için başlatılmıştır. Deney 60 dk boyunca sürdürülürken her 30 saniyede bir, yazılımı vasıtasıyla sistem girişi, sistem çıkışı, hata değerleri kaydedilmiştir. Alınan bu ölçüm sonuçlarına göre her bir ağı kontrolör olarak basanını Şekil 5'de, ağ çıkışlarının zamanla değişimi Şekil 6'da, ölçülen sıcaklık bilgisine göre ağı verdiği çıkış Şekil 7'de ve deneyler sırasında hatanın değerine göre ağların çıkışları da Şekil 8'de verilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Zamanla sıcaklığın değişimine bakıldığında b ve e durumundaki kontrolörün sistemi ayar değerine oturtmadığı, diğer durumlarda sistemin ayar değerine çok

az kayna ile oturdufu SÖZ\vr*ıştır. & VB a durumlarına göre eğitilen ağların istenilen işlevi sağlamalarına rağmen, gerçekte birer kontrolör olarak kullanılırken istenilen işlevi sağlayamadıkları Şekil 8'de görülmektedir. Şekle dikkat edilirse b ve e dışındaki diğer durumlar için, öngörülen * Şekli 3'de verilen işleve uygulama «ift&uıda yaklaşık olarak yakın değerler alındığı gözlenmiştir. Diğer yandan b ve e durumlarında alınan sonucun beklenenden farklı çıkmasının sebebi olarak ağların özel bir ayar değeri için eğitilmiş olmamaları da söylenebilir. Çünkü genel öğrenme yöntemiyle eğitilen ağlar (u ve t sırasıyla islenen kontrol girişi, ağı o an için verdiği çıkış olmak üzere)

$$S = \sum_{v=1}^L \sum_{t=1}^L (y_v - \hat{y}_v)^2 \quad \text{tanımlanan amaç ölçütünün}$$

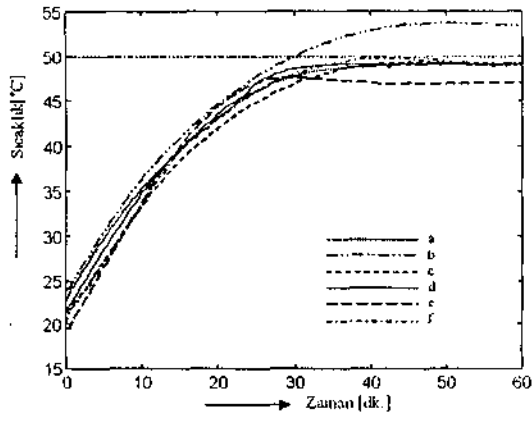
enazlaması ile eğitilmişlerdir. Bu amaç ölçütünün enazlanması ağı kontrolör olarak çalışırken ($/$ ve $</$ sırasıyla ayar değeri ile sistemin bulunduğu durum arasındaki hata, YSA kontrolörünün o an için verdiği çıkış olmak üzere)

$$S_j = \sum_{s=1}^L (y_s - d_s)^2 \quad \text{amaç ölçütünün enazlaması anlamına}$$

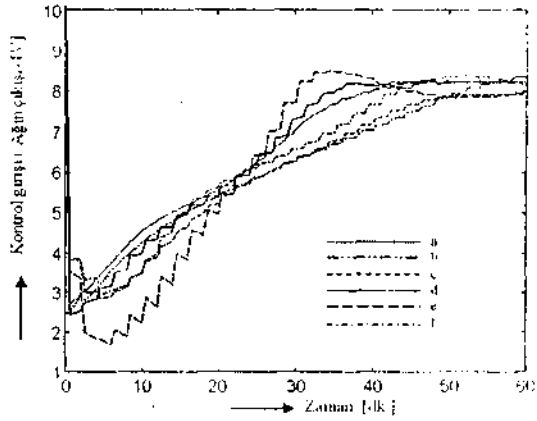
gelmez. Uygulamalarda $\ell=0$ olmasına rağmen $;>0$ olduğu durumlara rastlanabilir ve istenen amaç ölçülü çoğu kez sağlanamayabilir[51].

Yapılan deneylerde alınan sonuçlara göic altı farklı giriş vektörü için eğitilen ağların birer kontrolör olarak basanını irdelersek: Şekil 5'den de görüleceği üzere; $/>$ durumundaki kontrolör sistem çıkışını ayar değerinin bir hayli üstüne çıkarırken, e durumundaki kontrolör de sistemi ayar değerinin altında bir değere oturtmaya çalışmıştır. Ayrıca e durumundaki kontrolör davranışının diğerlerine göre Şekil 5, Şekil (\bullet) ve Şekil 7'den yenileceği üzere salınımlı bir görünüm arz ettiği ve ayar değerini yakalama zamanı bakımından en kötü kontrolör olduğu söylenebilir. $/;$ durumundaki kontrolör için, ayar değerine en kısa zamanda ulaştığı görülüyor, fakat set değerinden epey uzaklaştığı da göz ardı edilmemelidir, a , c , $</$, $/$ durumundaki kontrolörlerin zamanla sıcaklığın değişimi (Şekil 5) açısından birbirine benzer davranış gösterdikleri görülmektedir.

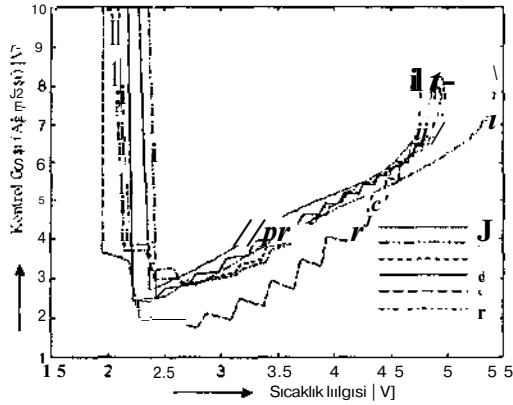
Ağ çıkışının zamanla değişimi bakımından incelendiğinde. Şekil 6'dan $a-d$ ve $c-f$ kontrolörlerinin birbirine yakın davranış sergiledikleri görülebilir, $b-a$ durumundaki kontrolör ikilisi dışındaki kontrolörler arasında başlangıç sıcaklığı, set değerini yakalama zamanı ve islenen işlevi sağlama gibi kıstaslar göz önüne alındığında en İyi başarıyı gösteren kontrolör. $/$ durumundaki kontrolördür. Fakal Şekil 6 ve Şekil 7'den de görüleceği üzere, küçük genlikli ve geniş periyodlu bir salının gösienne eğiliminde olduğu da görülmektedir. Kararlılık ve aşar değerine' oturma zamanı kıstasları bakımından, b ve c kontrolörleri dışındaki kontrolörler arasında ise <7 durumundaki kontrolör diğerlerine göre iyi bir başarıyı göstermiştir



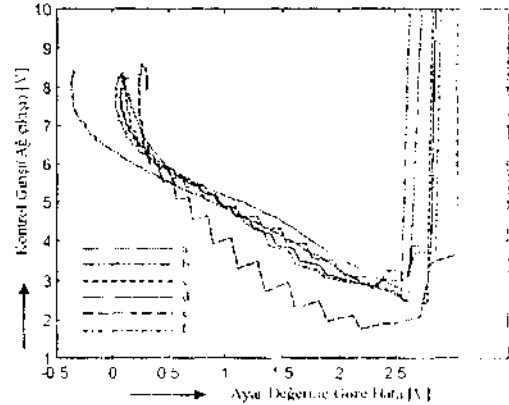
Şekil 5. Sıcaklığın zamanla değişimi



Şekil 6. Ağ çıkışının zamanla değişimi



Şekil 7. Sıcaklık bilgisine göre ağ çıkışının değişimi



Şekil 8. Hata >a göre ağ çıkışının değişimi

Genel olarak tüm durumlar için kontrol başarımı açısından bir irdeleme yapılırsa, sistem çıkışının ayar değerine ulaşma hızı biraz yavaştır. Bu, YSA'nın sağlaması öngörülen işlevden kaynaklanmaktadır. Sistemin daha hızlı ayar değerine ulaşması için YSA kontrolörü snurlı bir bölgede kullanılabilir. Bu bölge dışında YSA devre dışı edilerek kontrol girişi triyağı O''de tetikleyecek şekilde seçilebilir. Yani YSA kontrolörü, ayar değerine yakın bir bölge için kullanılabilir.

Sonuç olarak: Bu çalışmada YSA'run kontrol alanında bir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma YSA'larının kontrol alanında nöral kontrol şemasının, sistemlerin giriş-çıkış karakteristiğine dayalı olarak kolayca gerçekleştirilebileceğini göstermesi bakımından iyi bir örnektir. Ayrıca bu çalışmada YSA'ların genelleme yeteneği de görülebilir. Şöyle ki: Ağlar Şekil 3'de verilen işlevi sağlayacak şekilde eğitilmiş olmalarına rağmen, kontrolör olarak kullanılırken hataya göre sağlaması gereken işlev Şekil 3'deki işlevin yatay olarak yaklaşık 3 birim sola öteleme halindedir. Ağların gerçek zamanda bu işlevi sağladıkları Şekil 8'den görülebilir.

7. KAYNAKÇA

- [1] K.S. Narendra and K. Pailhasaralliy. "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.1., No. 1, March 1990. pp4-27
- [2] J.Kunt.D.Sbarbaro.R.Zbikowski and P.J. Gawthrop. "Neural Networks for Control Systems - A Survey." *Automatica*, Vol. 28. No. (7), pp. 1083-1112. 1992.
- [3] M.Khalid and S.Omalu, "A Neural Network Controller for a Temperature Control System." *IEEE Control Systems Magazine*, pp 58-64 June 1992.
- [4] S.Nagata. M. Sekiguchi. and K.Asakawa. "Mobile Robot Control by a Structured Hierarchical Neural Network." *IEEE Control Systems Magazine*, April 1990, pp 69-76
- [5] D.Psaltis,A.Sideris and A. Yamamura. "A Multilayered Neural Network Controller," *IEEE Control Systems Magazine*, April 1988, pp 17-21
- [6] C. Karakuzu, S. Öztürk, M. Yakut. "Yapay Sinir Ağları Kullanarak Sıcaklık Kontrolü Uygulaması" *K Bilgisayar ve Haberleşme Sempozyumu*. Rkım 1998.

HİBRİD YAPIYA SAHİP BULANIK MANTIK DENETLEYİCİLERİ İÇİN YENİ BİR ÜYELİK FONKSİYON DEVRESİ

Mahmut TOKMAKÇI, Mustafa ALÇI, Recai KILIÇ
Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri
E-Mail: kilic@zirve.erciyes.edu.tr

Özet: Bu makalede, yeni bir **Üyelik Fonksiyon Devresi** tanımlanmaktadır. Bu devre; üçgen, yamuk, S-şekilli ve Z-şekilli olmak üzere standart üyelik fonksiyonlarını üretir. Üyelik fonksiyonunun şekli (Shape) ve üyelik bölgesi (Label) harici terminaller vasıtasıyla dijital olarak programlanabilmektedir. Şekil ve üyelik bölgesinin seçimi dijital formda yapıyorken, üyelik değerini belirleme işlemi analog formda ve doğal bulanık işlemlerine uygun biçimde yapılmaktadır. Üyelik fonksiyon devresinin programlanabilirliği, karmaşık ayarlama devre yapıları gerektirmeksizin farklı kontrol problemlerine uygulanabilmesini sağlamaktadır. Bu yüzden, bu devre hibrid yapıya sahip bulanık denetleyiciler için çok kullanışlı bir yapı olarak görünmektedir.

I. Giriş

Alışlagelmiş dijital hesaplayıcılar ve devreler, sadece ayrık zamanlı ve kesin verileri işleyebilirler. Buna karşın, gerçek dünyada tüm veriler sürekli formda ve kesin olmayan biçimdedirler. Mevcut bulanık sistemlerin çoğu, dijital hesaplayıcılar üzerinde çalışan yazılım biçiminde gerçekleştirilmektedir. Bu tür sistemler gerçek zamanlı uygulamalarda oldukça verimsizdirler. Bu yüzden, bulanık sistemlerin donanım olarak gerçekleştirilmesi gerçek zamanlı uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bir bulanık mantık tabanlı sistemin donanım olarak gerçekleştirilmesi bir bulanık mantık denetleyicisinin tasarımını gerektirir. Genelde, bir bulanık mantık denetleyicisinin temel blokları Şekil 1'de gösterildiği gibi, *bulanıklaştırma (fuzzification) arabağlaşımı, bilgi tabanı (knowledge base), karar verme lojisi (decision-making logic) ve durulama (defuzzification) arabağlaşımı* olarak dört bölüme ayrılmaktadır.

Bulanıklaştırma bloğu, giriş değişkenlerinin değerlerinin ölçeklenmesi, giriş değişken değerlerinin karşılık gelen kümelerde uygun değerlerinin belirlenmesini ve uygun dilsel değerler içerisinde kullanılmak üzere giriş verisini bulanık değerlere dönüştürülmesini sağlar.

Bilgi tabanı, "veri tabanı" ve "dilsel (bulanık) kontrol kural tabanı"ndan oluşur. Bu arabağlaşım, aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir.

D Veri tabanı, bir bulanık mantık denetleyicisinde bulanık verinin kontrol edilmesini sağlanması için dilsel kural tabanının tanımlanmasını sağlar.

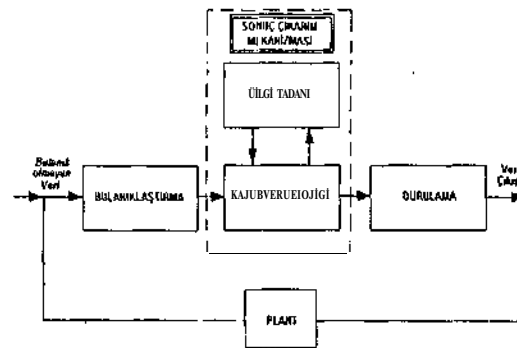
Q Kural tabanı, dilsel kontrol kural kümesi vasıtasıyla kontrol sürecinin ve kontrol amaçlarının oluşturulmasını sağlar

Karar verme lojisi, bulanık mantık denetleyicisinin en önemli kısmıdır. Bulanık mantık ile çalışan sonuç çıkarım kurallarını kullanan bulanık kontrol kavramlarına dayanır. Bu yüzden, İnsan karar verme mekanizmasının bir benzetimini yapabilece kabiliyetine sahiptir.

Durulama arabağlaşımı, aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir.

- Yorumlanan veya işlenen bulanık kontrol işlemleri sonucunda bulanık olmayan çıkış kontrol değerlerini üretir.
- Çıkış değişkenlerinin değer sahasının uygun bir şekilde ölçeklenmesini sağlar.

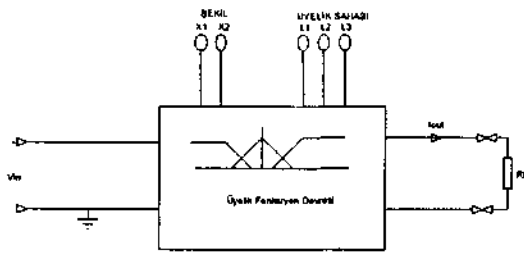
Günümüzde, birçok bilgi işleme metodu dijital olarak yapılmaktadır. Rapor edilen birçok dijital olarak kodlamalı bulanık mikrodenetleyici yapıları, esnek olarak programlanabilmesi ve kolaylıkla dijital bilgi sistemleri içerisinde kullanılabilmesi gibi tasarım kolaylıklarından dolayı yaygınlaşmıştır [1]. Buna karşın, analog yapıya sahip donanım, sürekli ve çok değerlikli bilgi işleme (bulanık sistemlere benzer) sistemleri için gerekli olan yoğun paralel sistemlerin gerçekleştirilmesi için oldukça uygun olarak görülmektedir. Analog gerçeklemlerin başlıca dezavantajı, kısmen düşük doğruluk seviyesinin olmasıdır. Bu dezavantaja rağmen, birçok bulanık kontrol uygulamaları için bu durum ciddi bir sınırlama olarak görülmemektedir [2]-[3].



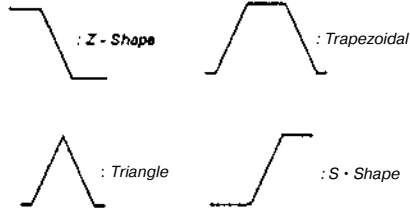
Şekil 1. T?T>el bir Bulanık Mantık Denetleyicisi Blokları

Bazı analog gerçeklemler, özel uygulamalar için tasarlanırken [4]-[5], birtakım uygulamalar da bulanık işlemleri programlanabilen mikrodenetleyicileri kullanmaktadır [6]-[7]. Programlanabilirlik, karmaşık ayarlama metodları gerektirmeksizin farklı kontrol problemlerine uyarlanabilen yapıları oluşturmamızı sağlar [8]. Bu durum doğal bulanık işlemlerle çalışan bulanık kırmıkların tasarımının kaçınılmaz olmasını sağlamıştır[9]. Bulanık fonksiyonel devreleri, dijital ve analog olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilirler. Dijital yaklaşım[10]-[11]; doğruluk, genişletilebilirlik ve tasarım kolaylığı açısından analog yaklaşıma [12]-[13] göre üstündür. Buna karşın, analog yaklaşım da hız, güç harcaması ve kırmık alanı bakımından oldukça mükemmeldir.

Bu makalede, üyelik fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi üzerinde durulmuştur. Bunun için; üçgen, yamuk, S-şekli ve Z-şekli olmak üzere dört fonksiyonu gerçekleştirebilen yeni bir üyelik fonksiyon devresi tasarlandı. Bu üyelik fonksiyon devresinin özellikleri analog formda doğal bulanık işlemleri ile çalışan bulanık fonksiyonel blokları için uygundur. Üyelik fonksiyon devresinin performansı SPICE programı ile simüle edilmiş ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2. Üyelik fonksiyon devresinin blok diyagramı



Şekil 3. Standart Üyelik Fonksiyonları

II. Üyelik Fonsiyon Devresi

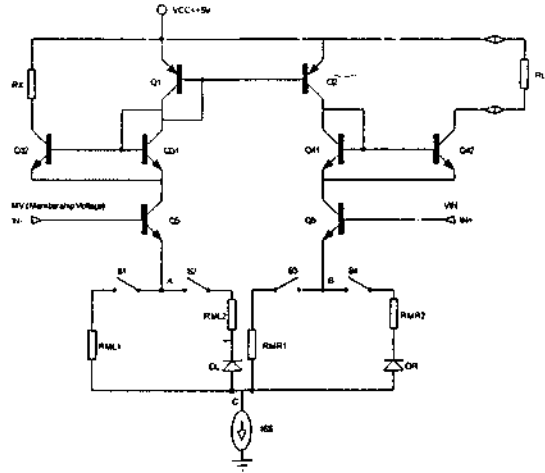
Tasarlanan üyelik fonksiyon devresinin blok diyagramları Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu devrenin girişi (Vin), voltaj modunda çalışırken çıkış işareti (Iout) akım modunda elde edilmektedir. Fakat bu akım modlu çıkış niceliği, bir yük direnci vasıtasıyla (R_L) vasıtasıyla voltaj moduna dönüştürülebilmektedir. Bu blok diyagramda gösterildiği gibi, X_1 ve X_2 terminalleri üyelik fonksiyonunun şeklini belirlemede kullanılırlar. Bu terminaller dijital olarak kontrol edilirler. Ayrıca buradaki L_1 , L_2 ve L_3 terminalleri de

lojik fonksiyonlarının üyelik sahasını veya kümesini (Label) tanımlamada kullanılırlar. Bu terminaller de dijital olarak kontrol edilirler.

Simülasyonlarımız sonucunda tasarlanan devre, Şekil 3'te gösterilen üçgen, yamuk, S-şekli ve Z-şekli standart üyelik fonksiyonlarını gerçekleştirebilmektedir. Şekil 4, tasarlanan üyelik fonksiyon devresinin açık şeklini vermektedir. Bu devre yapısı iki simetrik akım kaynağından meydana gelmektedir. İss akım kaynağı, üyelik fonksiyon devresinin çıkış işaretinin tepe değerini belirlemede kullanılır.

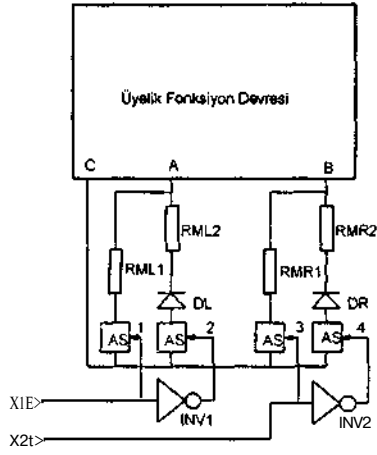
Şekil 4. Üyelik fonksiyon devresinin açık şekli

Üyelik fonksiyonun şekli, Q5 ve Q6 transistörlerinin kollektör akımlarının değiştirilmesiyle değiştirilir. Ayrıca, RML1 ve RML2 dirençleri üyelik



fonsiyonlarının yatay eksendeki kapladıkları alanın dar veya geniş oluşunu ayarlarlar. Şekil 6'daki üyelik sahasını seçme devresi ile üyelik fonksiyonunun merkez voltajı (MV) tespit edilir. Bu voltaj değeri, Q5 transistörünün kollektör akımı ile kontrol edilir. MV voltajı, üyelik fonksiyonunun yatay ekseninde konumlanacağı merkez noktasının tayin edilmesinde kullanılır. Şekil 4'teki S1, S2, S3 ve S4 anahtarları voltaj kontrollü analog anahtarlardır (Analog Switch-AS). Uygun anahtar çiftinin seçilmesiyle standart dört üyelik fonksiyonlarından birinin şekli çıkışta elde edilebilir. Bu işlemi yapabilmek için üyelik şeklini seçme devresi kullanılmıştır. X_1 ve X_2 terminalleri yardımıyla üyelik fonksiyonlarının şekli seçilebilmektedir. Bu durumlar Tablo.F'deki durum tablosunda verilmiştir.

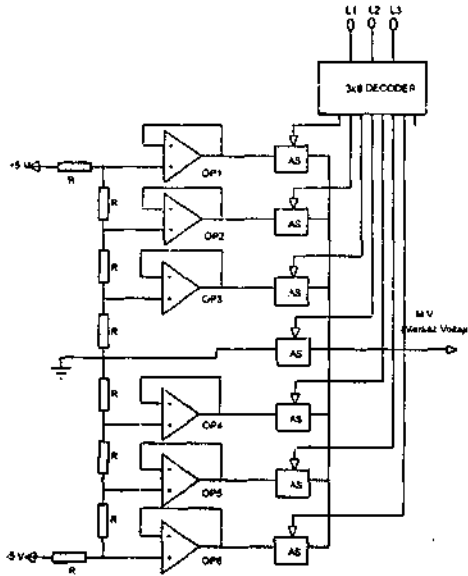
Üyelik fonksiyon devresinin üyelik sahasının seçimi (örneğin; Pozitif Büyük bölgesi-PL gibi), Şekil 6'daki devre kullanılarak sağlanmaktadır. Bu devre ile üyelik fonksiyonunun merkez voltajı, +5 V; -5 V aralığında yedi eşit aralıklı nokta olarak seçilmiştir. Bu noktalar ve MV değerleri Tablo.H'de verilmiştir. Örnek olarak, eğer giriş durumu Pozitif Büyük (Positive Large-PL) ise L_1 , L_2 ve L_3 terminalleri sırasıyla lojik 0-0-1 olarak seçilecektir. Böylece MV değeri +3.75 V'a atanmış olacaktır.



Tablo. I

X1 X2 (Lojik Durumlar)	Anahtar Durumları (ON)	Üyelik Şekli
00	2-4	Yamuk
01	2-3	S-Fonksiyonu
10	1-4	Z-Fonksiyonu
11	1-3	Üçgen

Şekil 5. Şekil seçim devresinin devre konfigürasyonu



Tablo.II

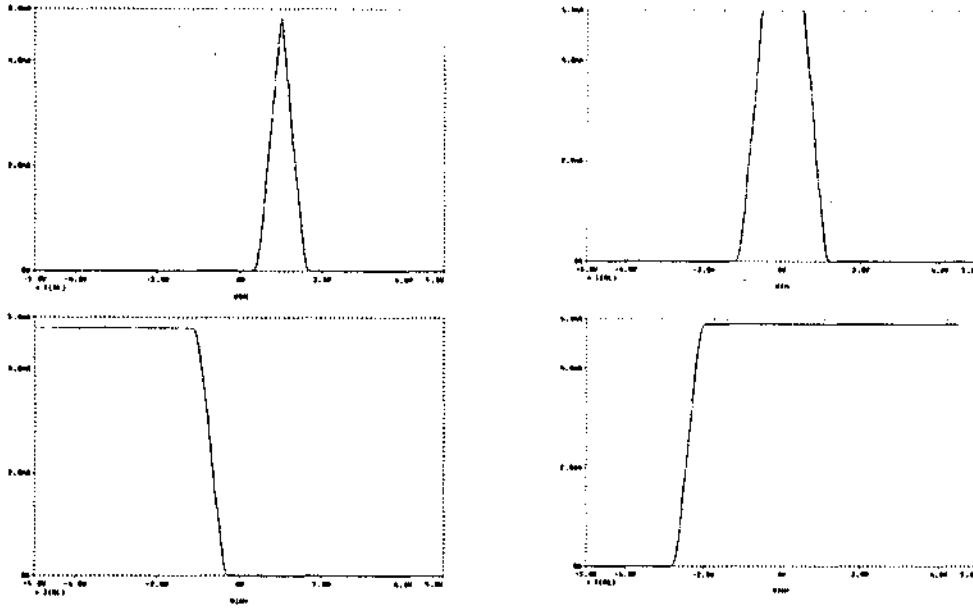
Üyelik Sahası (Logic Durumlar)	Üyelik Merkez Voltajı
L1 L2 L3	MV(Volt)
000	-----
001	PL(+3.75V)
010	PM (+2.50V)
011	PS(+1.25V)
100	ZR (0 V)
101	NS(-1.25V)
110	NM (-2.50V)
111	NL(-3.75V)

Şekil 6. Üyelik fonksiyonunun üyelik bölgesinin seçimini sağlayan devre yapısı

III. Simulasyon Sonuçları

Simulasyonlarımızda elde ettiğimiz sonuçlar Şekil 7'de gösterilmektedir. Grafiklerde de görüldüğü gibi tasarladığımız üyelik fonksiyon devresi, üçgen, yamuk, S-şekli ve Z-şekli biçimindeki standart üyelik fonksiyonlarını gerçekleştirebilmektedir. Konunun daha iyi anlaşılması amacıyla, bu grafikler farklı MV değerleri için elde edilmiştir. Örneğin; üçgen fonksiyonunu temsil eden grafikte MV=1 V değeri (PS bölgesi), yamuk fonksiyonunu temsil eden grafikte ise MV=0 V değeri (ZR bölgesi) seçilmiştir.

Üyelik fonksiyon devresinde akım kaynakları, düzenli bir üyelik fonksiyonunu elde edilebilmesi için simetrik yapılmışlardır. Burada R_x direncinin değeri 25 Q ila 100 Q arasında olmalıdır. Bu aralıktaki R_x değerleri için devreden kararlı çıkış değerleri elde edilmiştir. Ayrıca devre çıkışına bağlanacak yük direncinin (R_L) değeri de kararlı bir çalışma açısından önemlidir. Bu yüzden R_L direncinin değeri 10 D. ila 200 Q arasında seçilmelidir. R_L değerinin 200 Q'dan büyük değerleri için üyelik fonksiyonunun şekli üzerinde bozulmalar meydana gelmektedir.



Şekil 7. Farklı MV değerleri için Üyelik fonksiyon devresinden elde edilen üyelik fonksiyon grafikleri
 (a) Üçgen (MV= 1 V) (b) Yamuk (MV= 0 V) (c) Z-Şekli (MV= -1 V) (d) S-Şekli (MV= -2 V)

VI. Sonuçlar

Yeni bir üyelik fonksiyon devresi tasarlandı ve SPICE programı yardımıyla simülasyonu yapıldı. Simülasyon sonuçlarına göre, tasarlanan devre çıkışında üçgen, yamuk, S-şekli ve Z-şekli biçimli dört adet standart üyelik fonksiyonu elde edilebilir. Bu fonksiyonların seçimi dijital olarak programlanabilen harici terminaller vasıtasıyla sağlanır. Ayrıca üyelik bölgesinin seçimi de yapılabilmekte ve bu seçim de dijital olarak yapılabilir. Tasarlanan bu devrenin yapısı oldukça basittir ve dijital olarak programlanabilme özelliğine sahiptir. Bu programlanabilirlik özelliği, devrenin karmaşık ayarlama yöntemleri gerektirmeksizin farklı kontrol problemlerine yapılandırılmasını sağlamaktadır. Bunun yanında devre, bulanık olan işaretleri işleyebilme kabiliyetinden dolayı işaretlerin işlenmesini analog biçimde yapabilmektedir. Bu yüzden, tasarlanan üyelik fonksiyon devresi hibrid yapıya sahip bulanık denetleyicileri için kullanışlı bir devredir.

V. Kaynaklar

- [1] M. Togai and H. Watanabe, "Expert system on a chip: An engine for real-time approximate reasoning," IEEE Expert Syst. Mag., Vol. 1, pp.55-62, 1986.
- [2] P. J. King, and E. H. Mamdani, "The application of fuzzy control systems to industrial processes," Automatica, Vol. 13, No. 3, pp. 235-242, 1977.
- [3] T. Yamakawa, "A fuzzy inference engine in nonlinear analog mode and its application to a fuzzy logic control," IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 4; pp. 496-522, May 1993.
- [4] L. Lemaitre, M. J. Patyra, and D. Mlynek, " Analysis and design of CMOS fuzzy logic controller in current mode,"

IEEE J. Solid-State Ciccuits, Vol. 29, pp. 317-322, Mar. 1994.

- [5] J. L. Castro, "Fuzzy logic controllers are universal approximators," IEEE Trans. Syst. Man, Cybern., Vol. 25, pp. 629-635, Apr. 1995.
- [6] T. Yamakawa, "Stabilization of an inverted pendulum by a high-speed fuzzy logic controller hardware system," Fuzzy Sets and Syst., Vol. 32, pp. 161-180, 1989.
- [7] T. Miki, and T. Yamakawa, "Fuzzy inference on an analog fuzzy chip," IEEE Micro Chips, Syst., Software, Applic, Vol. 15, pp. 31-39, Aug. 1995.
- [8] M. Uragami, M. Mizumoto, and K. Tananka, " Fuzzy robot controls," Cybern., Vol. 6, pp. 39-64, 1976.
- [9] G. C. Mouzouris, and J. M. Mendel, "Nonsingleton fuzzy logic systems: Theory and application," IEEE Trans. On Fuzzy Systems, Vol. 5, No. 1, Feb. 1997.
- [10] H. Watanabe, W. D. Dettloff, and K. E. Yount, "A VLSI fuzzy logic controller with reconfigurable, cascable architecture," IEEE Solid State Ciccuits, Vol. 25, pp. 376-382, 1990.
- [11] T. Gupta, R. R. Boudreaux et. al, "Implementation of a fuzzy controller for DC-DC converter using an inexpensive 8-b microcontroller," IEEE Trans. On Industr. Electronics, Vol. 44, No. 5, October 1997.
- [12] T. Yamakawa, "High speed fuzzy controller hardware systems: The mega FIPS machine," Information Sciences, Vol.45.pp. 113-128, 1998.
- [13] M. Sasaki, F. Ueno, and T. Inoue, "Fuzzy multiple-input maximum and minimum circuits in current mode and their analysis using bounded-difference equation," IEEE Trans. Comput., Vol. C-39, pp. 768-774, 1990.

BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA

Uğur YÜZGEÇ Bekir ÇAKIR Mustafa NİL Murat SÖNMEZ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Kocaeli Üniversitesi

41100 İzmit

E-mail: uyuzgec@artemis.efes.net

ABSTRACT

liecause of natural disasters, thousands of human have died in the world. One of them is fire disaster. Resisting fire been orly to dedect and lo interfere for many years. As soon as developing satence, iimprovements wns start in the fire dedeetion. First of ali si/nple heat dedectors were done. Then smoke dedectors that dedected fire faster then heat dedectors vere developed. in this study.fire dedeetion with fuzzy logic that is the end point of improving to fire dedeetion, is done.

1.GİRİŞ

dünümüzde doğal felaketlerden dolayı binlerce insanımız hayatını kaybetmektedir. Bu felaketlerden bilisi de yangın olmak kur^ımıza çıkmaktadır. Yangına karşı yıllardır süregelen yalnızca erken tespit ve müdahaleydi. Bilimin hızla ilerlemesiyle yangın konusunda da gelişmeler yaşanmaya başladı, tik olarak basit termistörlü sıcaklığa duyarlı yangın algılayıcıları ortaya çıkmıştır. Ardından sıcaklık ve sıcaklık artış hızı dedektörleri geliştirilmiştir. Daha sonra duman dedektörlerinin, sıcaklık dedektörlerine karşı çok daha hızlı yangını algıladığı görülmüştür.

Hu gelişim bugüne kadar devam etmiş ve gelecekle de devam edecektir. Arlık yangının hangi mekanda çıktığı, yangın ön akını, algılayıcıların sistem tarafından kontrolü ve sistemde ana panel ile haberleşmelerine kadar birçok yenilikler yapılmıştır.

Son yıllarda yangın algılamada önde gelen ülkeler arasında sayılan İsviçre ve Kanada firmaları interaktif yangın algılama, yani akıllı yangın algılama adını verdikleri bir sistem geliştirdiler, iler ne kadar iki firma kendi ürünlerinin akıllı sisi em olduğunu iddia elsedde, hu yangın algılama konusunda bir adım daha ilen gidildiğinin bir göstergesidir. Yapılan yangın test sonuçlarından binlerce değişik yangın materyalinin yangın karakteristiği çıkarılarak, Bulanık Mantık ile dedektörlerin yanlış alarmı verme olasılığı en aza indirilmiştir. [2,3]

1 lalen Bulanık Mantık ile yangın algılama konusunda İsviçre, Amerika ve Kanada'da çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı

sıra yine Amerika'da National Institute of Standarts and Teohnology bünyesinde bulunan Yangın ve Yangın Modellenmesi Laboratuvarında araştırma ve çalışmalar bu alanda sürdürülmektedir.

2.BİR ODALI YANGIN MODELLENMESİ ve TEST VERİLERİ

Genel bir yangın modellemesi olmadığı için hır odalı yangın modeli ele alınabilir. 1,2,3 ve 4'de yer alan eşlilikler kütle'nin korunumu, ideal gaz kanunu, yoğunluğun tanımı ve iç enerjinin tanımından yola çıkılarak çıkartılmıştır.

2.1. Fiziksel Değişkenler

Oda üst tabakada duman ve sıcak ga/Jar. alı tabakada ise hava olmak üzere iki bölüme ayrılır. Temel varsayımla bir bölgeyi yangın modeli, bölgedeki tek bir durumun bağımsızlığından yararlanarak tanımlanan her bir bölgenin karakteristiğidir. Her tabakadaki gaz. üst seviye için üst indis w alt seviye için alı indis olmak üzere sırasıyla $n\backslash, I\backslash, />_i, I\backslash$ ve F_i ile gösterilen kütle'nin, odanın içindeki enerjinin, yoğunluğun, sıcaklığın ve hacmin karakteristiğine sahiptir Oda /' basıncının karakteristiğine de tam olarak uymaktadır. Bu değişkenler aşağıdaki dört bağıntı ile verilir:

$$E_i = c_p m_i T_i \quad (D)$$

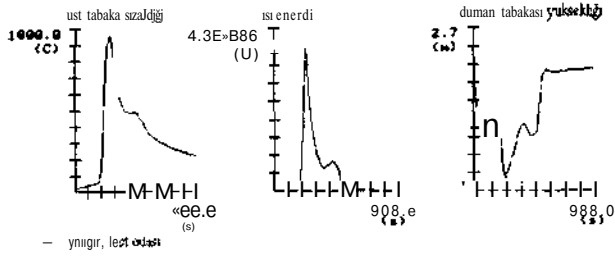
$$P_i = \frac{m_i}{V_i} \quad (2)$$

$$P = R \rho_i T_i \quad (3)$$

$$V = V_{alt} + V_{ust} \quad (4)$$

Hu yapılan bir bölgeyi yangın bölgesinde çeşitli maicryallen yakar ve bu materyallerin yangın anında ortamda göstermiş olduğu bir takım değişiklikler ele alınacak olursa, hu değişik materyallerin yangın sırasındaki cevaplanın karşılaştırma olanağı verir. Bu değişiklikler yangın enerjisi, duman tabakasının yüksekliği ve üst tabakada sıcaklığıdır. Şekil I 'de yangın test odasında yakılan bir malervalin yangın enerjisi, duman tabakasının yüksekliği ve lisi tabakadaki sıcaklık

grafikleri verilmiştir. 11]



Şekil 1 . Ranza Yangınının genel karakteristiği.

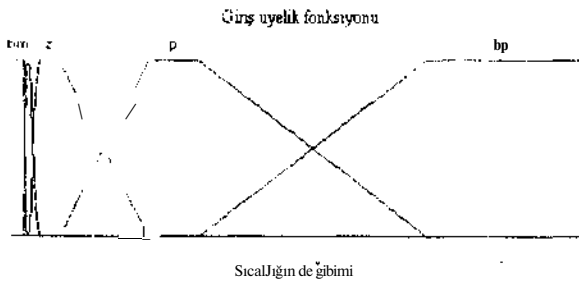
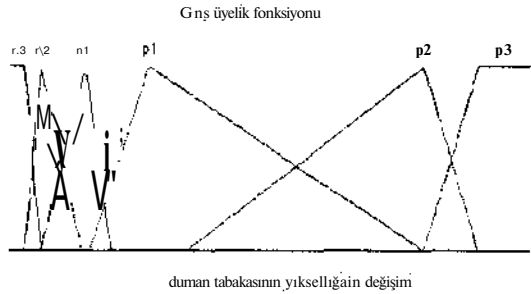
3.BULANIK MANTIK TABANININ OLUŞTURULMASI

Dört değişik materyal üzerinde yapılan yangın testleri neticesinde, aşağıdaki tablodan da görüleceği gibi sıcaklık ve dumanın zaman ile değişimleri bulunur. [4]

Tablo 1. Yangın test sonuçları ile elde edilen sıcaklık ve dumanın zamana bağlı değişim aralıkları

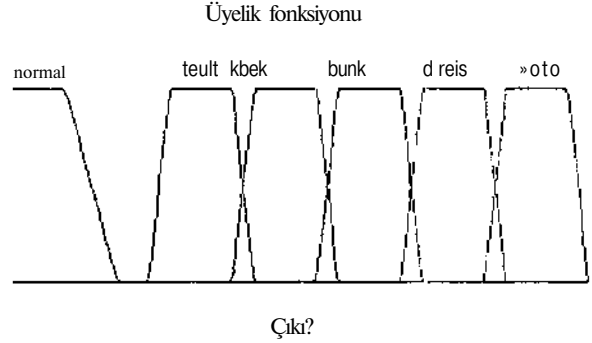
Yangın Materyali	dT/dt (Celcius/sn)	dII/dt (cm/sn)
Ran/a	0.183-0.321	0.6-1.96
Elbise Dolabı	0.869-1.183	1.553-7.957
Çalışma Masası	0.117-0.135	0.297-1.402
Küçük Klübe	2.56-4.00	3.434-9.00

Hu veriler ışığında üyelik fonksiyonları şöyle oluşturulur:



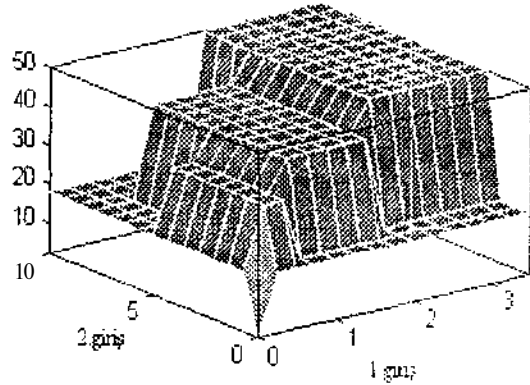
Şekil 2. Sıcaklık ve duman değişimlerine ait (Helik fonksiyonları)

(giriş üyelik fonksiyonlarına karşılık bu de çıkış üyelik fonksiyonu belirlemek gerekir. Yangın algılama sistemlerinde panelin ihbarı anlaması hattın omajı veya akımından herhangi biri ile gerçekleştirilir. Alarmı olmadığı nonnal durumda yaklaşık olarak mikroamperler civarında olan akım değeri alarm anında milianperlere çıkmaktadır. Bundan yola çıkarak çıkış üyelik fonksiyonu akım olarak alınmıştır Şekil 3'de bu çıkış üyelik fonksiyonu verilmiştir.



Şekil 3. Çıkışa ait üyelik fonksiyonu

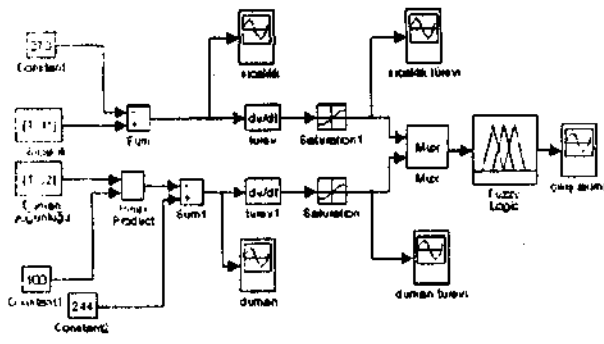
Çıkartım yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemi kullanıldığında çıkışta hatalar görülmüştür. Şekil 4'de giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Bu şekilde kullanılan çıkartım yöntemi momentimi yöntemidir.



Şekil 4. Bulanık Mantık Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları Arasındaki İlişki

4.SİMÜLASYON

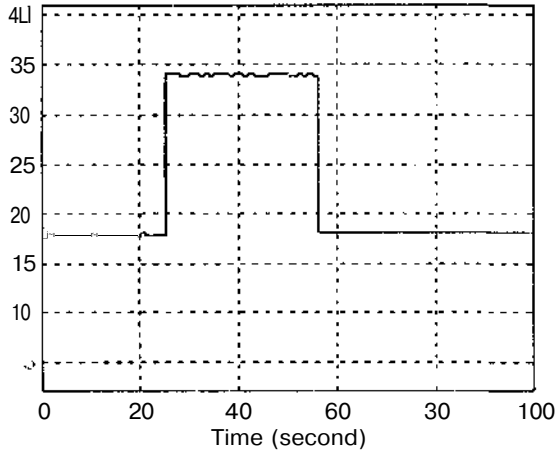
Simülasyonlar Matlab programında hazırlanmıştır Şekil 5'de sistemin blok diyagramı gösterilmiştir, (giriş değerleri olarak gözüken T.11 ve T.112 matrisleri sırasıyla sıcaklık ve duman yoğunluğu ile ilgili yangın malzemelerine ait verilen okur Hu veriler bulanık mantık girişine uygulandığında, bu dön değişik yangın materyalinden herhangi birinin yakılması durumunda, hem yangın daha kısa zamanda algılanır, hemde cinsi anlaşılabilir.



Şekil 5. Bulanık Yangın Algılama Sisteminin Matlab'deki blok diyagram gösterimi.

Simülasyon sonuçlarından biri Şekil 6'daki gibidir. Ranza yangını için 23. saniyede sistem çıkışı 33-34 mA arasında gözükmetedir. Bu sistemin 23. saniyede ranza yangını algıladığını ifade etmektedir. (Duman dedektörü aynı tür yangını 70.saniyede algılamaktadır.) Yine yaklaşık 57.saniye civarlarında sistem hata konumuna gelmektedir. Bunun sebebi duman yoğunluğunun belirli bir seviyede sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır.

Bu sınırlı kalma duman değişiminin, yani türevinin sıfır olması anlamına geldiğinden bulanık mantık çıkışı hata aralığını çıkış olarak kabul edecektir. Aslında yangın algılamada algılanan süre önemli olduğu için çıkışta asıl amacı etkilememektedir.



Şekil 4. Ranza Yangını için Çıkış Akımı Şekli

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada günümüzün yangın algılama sistemlerinin bir sonraki adımı olan akıllı yangın algılamanın da temelini teşkil eden bulanık mantıklı yangın algılama hakkında araştırma yapılmıştır. Bulanık mantık ile algılamanın normal algılamadan

daha hızlı okluğu görülmüştür. Yangın algılama konusunda, halen günümüzde birkaç tmanın çalışmalar yaptığı Türkiye en kısa zamanda istenilen yerlere gelecektir.

6. KAYNAKÇA

- [1] NWilliam F.Moss. *A One Room Zouc h'irr Modrl.* pp. 1-3,199S
- [2] üiachmo).M,*Smart Sensors*, Vol. 10 pp.23')-24 I. I')Xd
- [3] Zadelı [...*AJ'uzzy Sets as a Hasiş fora ılın/n' o/ l'ossihility*, pp.3-10 J97K
- [4] Çakır Bek\y,Hılanık Mantık Ders Sollun. I ')7

İNCE YALITKAN TABAKALARIN ELEKTRİKSEL DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE DENEY KOŞULLARININ ETKİSİ

Özcan KALENDERLİ

Elektrik Mühendisliği Bölümü
Elektrik - Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi
80626 Maslak/İstanbul
ozcan(a>elk.itu.cdu.tr

Güneş YILMAZ

Ar-Gc Bölümü
Türk Pirelli Kablo
16941 Mudanya/Bursa
gunes.yilmaz(ir)/simko.com.tr

ABSTRACT

The short-time electric strength (EJ of thin insulating film as thin polyester film is dependent on the various factors as in the other polymers. In this paper, the electric strength of thin polyester film as a function of sample thickness in air and oil with the plane-plane and the sphere-plane electrode configurations was investigated. The electric strength of the polyester film is reduced with increasing thickness of the film. EJ is more dependent on the thickness d than on the area of the samples. EJ is affected by the electrode configuration and the permittivity and electric strength of the surrounding medium or the immersion medium. FJ is usually higher when samples are tested in oil than in air. KJ is higher when samples are tested with the sphere-plane configuration than with plane-plane.

1. GİRİŞ

Elektriksel delinme, elektrik aygıtlarının ve elemanlarının ömrünü sınırlayan en önemli olaylardan biridir. Bu nedenle yalıtkanların elektriksel delinmesi ve delinme dayanımları, yıllar boyunca pekçok araştırmaya konu olmuştur. Katı yalıtkanlarda elektriksel delinme olayı, çok ayrıntılı olarak incelenmiş ve makalelerde özetlenmiştir [1-3]. Buna karşılık, ince yalıtkan tabakaların, özellikle polyester filmlerin, delinme dayanımı üzerine kalınlığın etkisi ile ilgili çok az çalışma görülmektedir [4, 5],

Delinme dayanımı, yalıtımın ısı, elektriksel ve mekanik yaşlanmasını tanıtan ve yalıtkan malzemeyi veya sistemi karakterize eden temel bir özelliktir. Yalıtkan maddelerin kalitesinin bir ölçülüdür. Bu nedenle, elektriksel yalıtkan maddelerin kısa süreli basanım değerlendirmek amacıyla, delinme gerilimi veya delinme dayanımı ölçmeleri yapılır. Delinme dayanımını ölçmek için birçok ulusal ve uluslararası standardda ölçme yöntemi verilmiştir [9-13].

Bu çalışmada, ince yalıtkan tabaka malzemesi olarak polyester filmler göz önüne alınmıştır. Polyester, iyi dielektrik özelliklerine ve yüksek yüzeysel dayanımına sahip olup kimyasal etkilere karşı dayanıklı bir malzemedir. Dikaiboksilik asitlerin ve dihidrik alkollerin yoğunlu-

ruması ile elde edilen tüm termoset plastiklerin özelliklerini taşır. Polyester, doymuş ve doymamış tür olarak iki sınıfa ayrılır. Doymamış polyester cam tabakalarında veya cam liflerinde takviye malzemesi olarak kullanılır. Bunun dışında, elektriksel ve mekanik dayanımı yeterli küçük elektriksel elemanlar yapmak için yaygın olarak kullanılır. Doymuş polyesterler, fiber ve film yapımında kullanılır. Polyester fiber, elektriksel amaçlı kağıt, halı ve giysi yapmada kullanılır. Film polyester ise motor, kondansatör ve transformatörlerdeki kablo ve yalıtılmış tellerde kullanılır. Polyester film, çoğunlukla kağıt yapımında kullanılır. Endüstriyel frekanslarda, polyesterin dielektrik kaybı çok düşüktür. Polyesterin dielektrik kayıpları sıcaklık arttıkça azalır. Yüksek yumuşama sıcaklığı nedeniyle, kağıt yalıtımın çalışma sınırının üstündeki sıcaklıklarda kullanılması mümkün kılar. Polyesterin hava koşullarına karşı direnci yüksektir. Bu yüzden, değişik hava koşullarına maruz uygulamalarda kullanılmaktadır [4].

Cygan ve Laghari, polipropilen (PP, polypropylene) filmin numune kalınlığının, etkin elektrot alanının büyümesi ile orantılı olarak, artması durumunda delinme dayanımının daha hızlı azaldığını görmüştür [6]. Buna karşılık, Morton ve Stannett ise, polietilen tereftalat (PET, polyethylene terephthalate), polistiren (PS, polystyrene) ve polietilen (PE, polyethylene) filmlerin darbe delinme dayanımlarının numune kalınlığına değil, numune hacmine bağlı olduğunu belirtmektedir [7],

Helgee ve Bjellheim ise, 50 Hz frekanslı alternatif gerilimdeki kısa süreli delinme dayanımı ile yalıtkan (film) kalınlığı arasında üstel bir bağıntı geliştirmiştir. Bu bağıntıyı, kalınlıkları 0,013 ile 0,270 inin arasında değişen beş aromatik polimer film numunesi ile, temiz mineral yağ içine konmuş 5 mm çapında silindirik elektrotlar arasında yaptıkları deneyler sonunda elde etmişlerdir [8].

Yalıtkan malzemelerin delinme dayanımı ölçmelerinde, ölçme sonuçları pekçok etkenden etkilenebilir. Sunulan bu deneysel çalışmada üç amaç seçilmiştir:

1) Numune kalınlığının ince polyester filmlerin delinme dayanımına etkisini araştırmak:

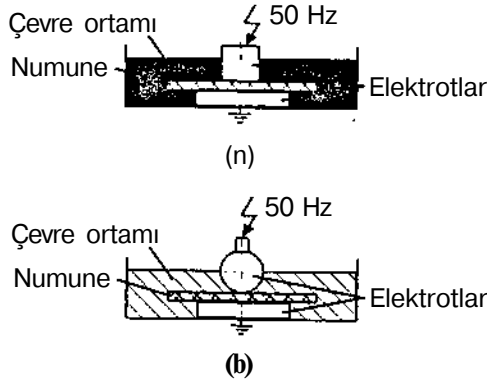
- 2) Deneyleerde kullanılan elektrot sisteminin geometrisinin etkisini incelemek ve
- 3) Delinme deneyleerinde deney ortamının veya elektrotları çevreleyen ortamın yani daldırma ortamının rolünü belirlemektir.

Aşağıda bu amaçlar doğrultusunda yapılan deneyleerle ilgili bilgiler ve deney sonuçları sunulmuştur.

2. DENEY BİLGİLERİ

Deneyleerde, yalıtkan malzeme olarak polyester kullanılmıştır. Polyester malzemeden, kalınlıkları 0.012, 0.0123, 0.036, 0.050, 0.100 ve 0.200 mm ve kenar uzunlukları 100 mm olan kare şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Numune kalınlıkları, 0.001 mm duyarlılıkla kalınlık ölçen bir düzenle ölçülmüştür. Numuneler deneyleerden önce, ön koşullandırma amacıyla, sıcaklığı 23 ± 2°C ve bağıl nemi 50 ± 5% olan bir fırın içinde yaklaşık 24 saat süreyle tutulmuştur [9-13].

Yalıtkan filmlerin delinme dayanımı ölçmelerinde elektrot sistemi geometrisinin sonuçlara etkisini incelemek amacıyla iki tür elektrot sistemi kullanılmıştır. Kullanılan elektrot sistemlerinden biri, küre-düzlem elektrot sistemi diğeri düzlem-düzlem elektrot sistemidir (Şekil 1). Küre-düzlem elektrot sisteminde, 20 mm çapında bir küre elektrot ile 75 mm çapında, 15 mm yüksekliğinde ve kenarları 3 mm eğrilik yarıçapında yuvarlatılmış, disk şeklinde bir düzlem elektrot kullanılmıştır. Eşit olmayan büyüklükteki düzlem elektrotlardan meydana gelen düzlem-düzlem elektrot sisteminde ise, 25 mm çapında ve 25 mm yüksekliğinde silindir (disk) şeklinde bir düzlem elektrot ile küre-düzlem elektrot sistemindeki düzlem elektrot kullanılmıştır. Sözü edilen tüm elektrotlar pirinç malzemeden yapılmış ve deneyleerde çeşeksenli olarak düzenlenmişlerdir.



Şekil 1. Elektrot sistemleri:
(a) Düzlem-düzlem; (b) Küre-düzlem.

Delinme sonuçlarına elektrotları ve numuneyi çevreleyen ortamın yani daldırma ortamının etkisini incelemek için üç farklı ortamda deneyleer yapılmıştır. Bu ortamlardan birincisi hava, ikincisi mineral transformatör yağı ve üçüncüsü de silikon transformatör yağıdır. Deneyleerde, yeni, temiz ve ticari kalitede yağlar kullanılmıştır. Çizelge 1'de, deneyleer-

de kullanılan yağların 50 Hz'deki bağıl dielektrik sabitleri ve dielektrik kayıp katsayıları verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan yağların dielektrik özellikleri.

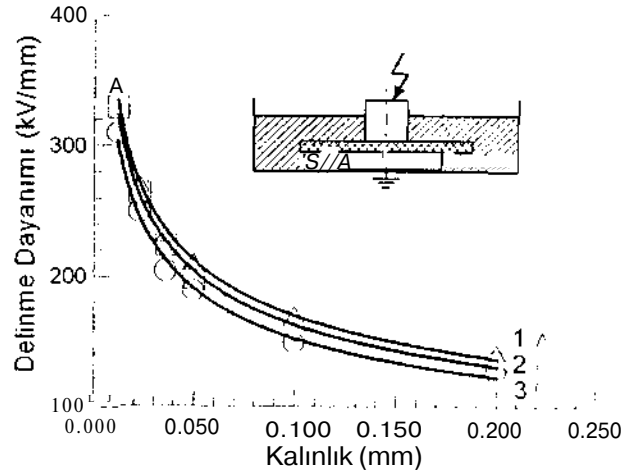
Yağ türü	Bağıl dielektrik sabiti	Dielektrik kayıp faktörü
Mineral yağ	2.24	5×10^{-4}
Silikon yağ	2.65	3×10^{-4}

Yalıtkan filmlerin endüstriyel (50 Hz) frekanslı kısa süreli delinme dayanımı ölçmelerinde 50 kV'luk bir deney transformatöründen yararlanılmıştır. Yüksek gerilimi, üst elektroda uygulanmış, alttaki elektrot topraklanmıştır. Tüm deneyleer, hava basıncı -100 kPa, sıcaklığı -22°C, bağıl nemi %50-65 arasında değişen laboratuvar koşullarında yapılmıştır.

Endüstriyel frekanslı delinme gerilimi ölçmelerinde gerilim sıfırdan başlayarak delinme olana kadar 500 V/s hızla sürekli yükseltilerek uygulanmıştır. Gerilimi değerleri, etkin değer cinsinden ölçülmüştür. Deneyle, her film kalınlığı için 10 kez tekrarlanmış ve delinme gerilimi 10 okumanın ortalamasından belirlenmiştir. Okuma değerlerindeki dağılım, ortalama değeri yaklaşık ±%5'i içinde kalmıştır. Ölçülen delinme gerilimi, tabaka (film) kalınlığına bölünerek yalıtkan filmin delinme dayanımını belirlenmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

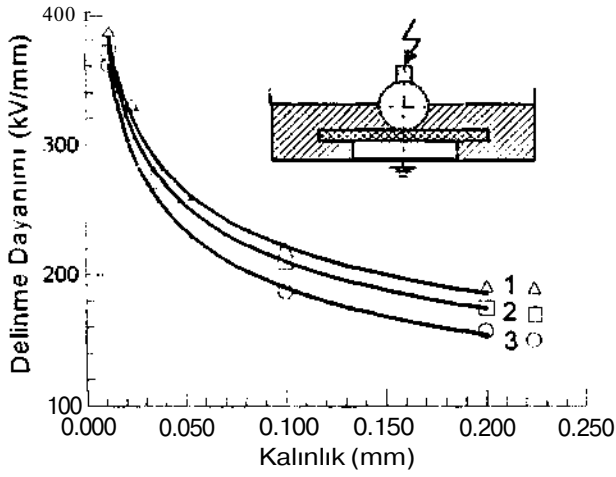
Polyester filmlerin endüstriyel frekanslı delinme dayanımı ölçmelerinin sonuçları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Bu şekillerdeki her nokta 10 okumanın ortalamasını göstermektedir. Şekil 2 ve 3'ten film kalınlığı arttıkça delinme dayanımının azaldığı görülmektedir.



Şekil 2. Film kalınlığı ile endüstriyel frekanslı delinme dayanımının değişimi.

Kullanılan elektrot sistemi: düzlem-düzlem

- (1) Silikon yağında,
- (2) Transformatör yağında.
- (3) Havada.



Şekil 3. Filin kalınlığı ile endüstriyel frekanslı delinme dayanımlarının değişimi.

Kullanılan elektrot sistemi: küre-düzlem

- (1) Silikon yağında,
- (2) Transformator yağında,
- (3) Havada.

3.1 Yalıtkan Tabaka Kalınlığının Etkisi

Şekil 2 ve 3'ten, film kalınlığının ince yalıtkan (polyester) filmlerin delinme dayanımına belirgin bir etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Numune filmlerin kalınlıkları 0,012 mm ile 0,200 mm arasında değişmektedir. Filmlerin delinme dayanımı, film kalınlığı arttıkça azalmaktadır. Film kalınlığı 0,012 mm'den 0,200 mm'ye kadar değişirken delinme dayanımındaki azalmanın yüzdesi, küre-düzlem elektrot sistemi ile yapılan deneylerde %52, düzlem-düzlem elektrot sistemi ile yapılan deneylerde %58 civarında olmuştur.

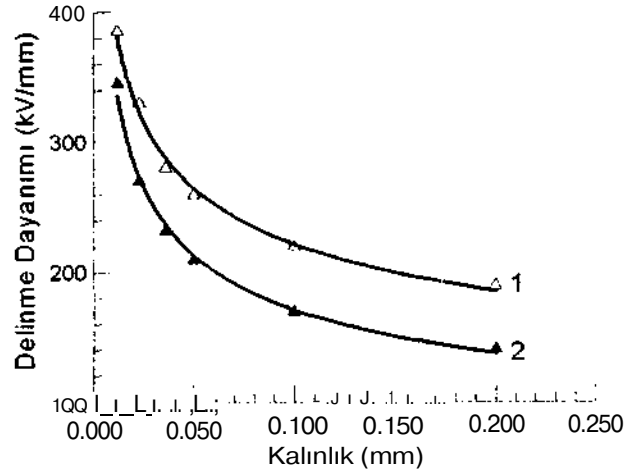
3.2 Elektrot Geometrisinin Etkisi

Elektriksel dayanım (E_j) ölçmeleri genellikle düzlem-düzlem elektrot sistemi kullanılarak yapılır. Bu uygulama, bir Standard yöntem olarak benimsenmiştir [9, 12, 13]. Bilindiği gibi elektrik alanı, elektrot geometrisine (sistemine) ve numune kalınlığına veya elektrot açıklığına bağlıdır. Sınırlı boyutlu elektrotların kenarlarında yüksek elektrik alanları ortaya çıkar. Bu alanların etkisini değerlendirmek için, elektriksel dayanım ölçmeleri, iki farklı elektrot sistemi kullanılarak yapılmıştır. Şekil 2 ve 3'ten görüleceği gibi, küre-düzlem elektrot sistemi ile yapılan deneylerde düzlem-düzlem elektrot sistemi ile yapılan deneylerdekine göre daha yüksek E_j delinme dayanımı değerleri elde edilmiştir.

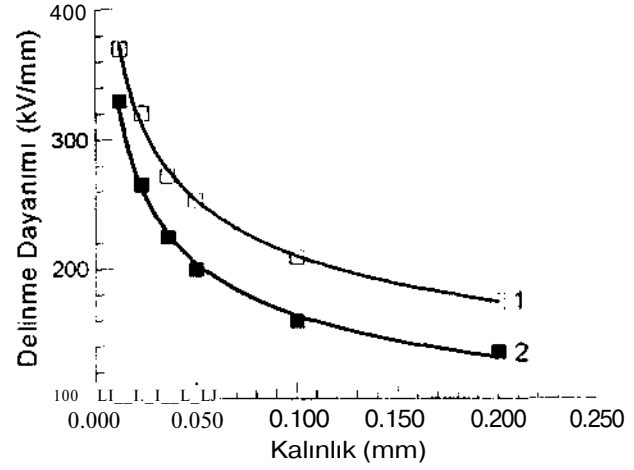
3.3 Deney Ortamının Etkisi

Delinme dayanımı, elektrotlar ve numuneyi çevreleyen ortamdan yani deney ortamından etkilenmektedir. Ortamın türüne ve özelliğine göre delinme dayanımındaki azalma %30'a kadar değişmektedir. Numune, yağ içinde denirken, E_j aynı numune havada denirkenki durumdan çok daha yüksektir. Polyester üzerindeki deneyler, küre-düzlem

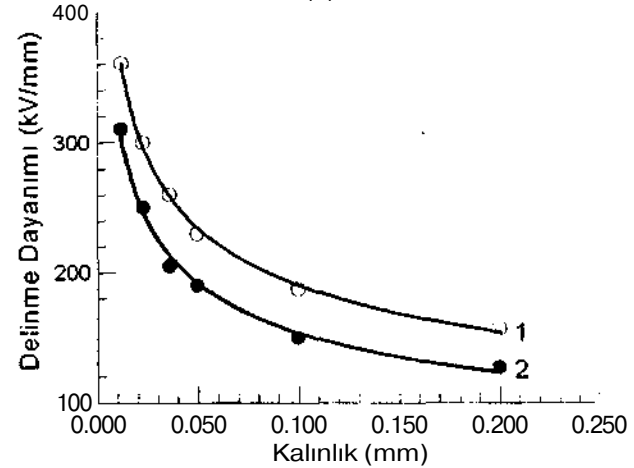
elektrot sistemi ile, ve sıvı içindeki elektriksel zorlanmayı küçük tutmak için polyester filmden



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. Film kalınlığı ile endüstriyel frekanslı delinme dayanımlarının değişimi.

- (a) Silikon yağında,
- (b) Transformator yağında,
- (c) Havada.

- 1: Küre-düzlem elektrot sistemi ile.
- 2: Düzlem-düzlem elektrot sistemi ile.

daha yüksek dielektrik katsayılı sıvı içinde yapılmıştır. 50 Hz alternatif gerilimde. 0,2 mm kalınlığında polyester numuneleri üzerindeki deneylerde Ed delinme dayanımı, bağıl dielektrik katsayısı $\epsilon_r=2.24$ olan yağ içinde yapılan deneylerde 180 kV/mm. bağıl dielektrik katsayısı $\epsilon_r=2.65$ olan yağ içinde yapılan deneylerde ise 195 kV/mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4). Bununla birlikte, bağıl dielektrik katsayısı K_r 2.24'ten 2.65'e değişen yağlar içindeki Ej değişimi, delinmeye yağdaki boşalmaların sebep olduğunu göstermektedir.

Bağıl dielektrik katsayısı ϵ_r olan numuneler, yağ içindeki zorlanmayı azaltmak ve yağdaki yüzeysel boşalmaları önlemek için mineral yarıkinden daha yüksek bağıl dielektrik katsayılı sıvılar içinde denirken, kalın filmin Ej değerinde, daha ince filmlerinkine göre daha büyük artış görülmüştür.

Çevre ortamın hava olması durumunda, atmosfer basıncında havadaki boşalmalar nedeniyle ortamı etkisi artmaktadır. Uygulanan gerilim dolayısıyla uygulanan elektrik alan şiddeti yükseldikçe yüzeysel boşalmaların genliğinin ve enerjisinin büyük oranda artması nedeniyle, yüzeysel boşalmalara maruz numunelerin, bozucu ısınmalara maruz kalması ve iç boşalmalara maruz aynı kalınlıktaki numunelerden daha düşük gerilimlerde delinmesi beklenebilir.

4. SONUÇ

IEC 24.1'e göre. polimerlerin kısa süreli elektriksel dayanımı (Ed) belirlenirken, delinmeye genellikle yüzeysel boşalmalar sebep olur. Kaba yalıtım kusurları bulunmadıkça. E d delinme dayanımı, numunenin yüzey alanından çok kalınlığına bağlıdır. Ej denenen yalıtkanı çevreleyen ortamın veya daldırma ortamının elektriksel dayanımından ve dielektrik sabitinden etkilenir.

Bu çalışmada, ince yalıtkan tabakaların kısa süreli delinme dayanımına, yalıtkan tabaka kalınlığının, deneyin yapıldığı elektrot sisteminin ve daldırma ortamının etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deney sonuçları, delinme gerilimi ve delinme dayanımı değerlerine, kalınlığın etkisini açıkça göstermiştir. Genel olarak, delinme dayanımı hacim etkisi olarak söylenen etki nedeniyle numune kalınlığının artması ile azalmaktadır. Yağ içinde, polyesterin delinme dayanımı, numune kalınlığı azaldıkça hızla artmaktadır.

Eğer polyester filmler, yüksek dielektrik katsayılı bir yağ içine konmuşsa. delinme dayanımı belirgin bir şekilde yükselir. İnce polyester filmlerin delinme dayanımı, havadaki deneylerle karşılaştırılırsa. yağ içindeki deneylerde daha yüksektir.

Deneyler yüzeysel boşalmaları önleyici koşullarda yapılsa bile. polimerlerin endüstriyel frekansı't delinme dayanımı, elektrot alanından çok, numune kabalığına büyük bağlılık gösterebilir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Mason. J. H.. "Effects of thickness and area on the electric strength of polymers". *IEEE Transactions on Electrical Insulation*. Vol. 26. No. 2. pp. 3 18-322. April 1991.
- [2] Mason. J. H.. Hclgce, B.. "Electric breakdo\vn strength of aromatic polymers. Dependence on film thickness an chemical structure". *IEEE Trans. on Electrical Insulation*. Vol. 27. No. 5. pp. 1(161-1062. October 1991.
- [3] Mason. J. H.. "Effects of frequency on electric strength of polymers". *IEEE Trans. on Electrical Insulation*. Vol. 27. No. 6. pp. 1213-1216. April 1992.
- [4] Yılmaz. G.. Kalcnderli. Ö.. "The effect of thickness and area on the electric strength of thin dielectric films", *1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation*. Vol. 2. pp. 478 - 481. Montréal. Québec, Canada. 16-19 June 1996.
- [5] Mazzanti. G.. Montanari. G. C. Peruzzotti. F.. Zaopo. A.. "Some remarks regarding the test cells used for electric strength measurements". *1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation*. Vol. 2. pp. 474 - 477. Montréal. Québec. Canada. 16 - M June 1996.[4] IEC 674. "Specification for plastic films for electrical purpose". 1974
- [6] Cygan. S.. Laghari. J. R. "Dependence of the electric strength on the thickness. area and volume of polypropylene". *IEEE Trans. on Electrical Insulation*. Vol. 22. No. 4. pp. 835-837. 1987.
- [7] Morton. V. M.. Stannett. A. W.. "Volume dependence of electric strength of polymers". *Proceedings IEE*. Vol. 115. pp. 185-187. 1968
- [8] Hclgce, B.. Bjellheim, P.. "Electric breakdo\vn strength of aromatic polymers. Dependence on film thickness an chemical structure". *IEEE Trans. on Electrical Insulation*. Vol. 26. No. 6. pp. 1147-1152. December 1991.
- [9] TS 5119. Katı elektrik yalıtım malzemelerinin şebeke frekansındaki elektrik dayanımının belirlenmesi için deney metotları. Mart 1987.
- [10] TS 5120. Katı elektrik yalıtım malzemelerinin deneylerinden önce ve deneyleri sırasında uyulması gerekli Standard şartlar. Mart 1987.
- [11] IEC 212. "Standard condition;; for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials". 1971.
- [12] IEC 243-1. "Methods of test for electric strength of solid insulating Materials. Part 1: Tests at power frequency". 1988.
- [13] ANSI/ASTM D 149-75. "Standard test methods for dielectric strength of electrical insulating materials at commercial power frequencies", July 1975.