



EMO



KTÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

Giderek gelenekselleşen Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongrelerinin beşincisinde Trabzon'da buluşuyoruz. EMO ile KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün işbirliği ve TÜBİTAK'ın kalkısıyla gerçekleşmekle olan Kongremizin başarılı ve verimli geçmesi umucludayız. Kongre sonuçlarından kıvanç duymak istiyoruz.

Kongre'üde, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim aklarabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bilindiği özetlerinin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artırılması, değerlendirme biçiminin daha da nesnelleştirilmesi, bilindiği kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışında ilginç olacağı sanılan panellerle günce! sorunların irdelenmesi ve yöresel öğelerle sosyal etkinliklerle renk kalınması amaçlanmıştır.

Kongrenin başarılı ve düzenleme çalışmalarında bazı aksaklıklar olmuştur. Öncelikle kongreye katılanların olması gerekenden daha geç alınabilmiş olması, özet değerlendirme sürecinin post-aktifite trafiğinin çok yoğun olduğu bayram dönemlerine rastlaması hem Yürütme Kurulu'nu hem de Kongre'ye katılmak isteyenleri zor durumda bırakmıştır.

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimler. ışığında sorunları çözümlenmesi için önerilerde bulunulmuştur. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'95'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir. Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre içeriği sürekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkesel katar ve yöntemleri belirlemesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise 'Yerel Düzenleme Kurulu' üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun ilki ayrılması bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

EMUK, böylesi bir yapılaşma ile başarılı sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metinlerinin değerlendirilme ve denetim sürecine girmeleri olanaklı kılınacak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulu'nun ayıntılı olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar ortadan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'le gerçekleşmiş olarak görmek dileyindoyuz.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanında bilimsel-tekniğin özgün katkıların (attıkları değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulamaya ve eğitim süreçlerindeki kişi ve kurumların birbiriyle doğrudan iletişimini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca sosyal yakınlaşma ve dayanışmaya da

katkıda bulunmaktadır. Ancak Kongre ve onunla birlikte oluşturulan sergi/fuların çok değerli bir 'Mesleki Eğitim ve Geliştirme' aracı olduğu bilincinin kişi ve kurumlarda daha çok yerleşmesi için çaba gösterme gereği de ortaya çıkmaktadır.

Kongrenin gerçekleşmesini sağlayan, hazırlık ve düzenlemeleri üstlenen KTÜ, EMO ve TÜBİTAK'a, oluşturulmuş olan kurulların üyelerine, ayrıca burada adlarını saymakla bitmeyecek kişi ve kamu - özel - akademik nitelikli kuruluşlara, yardım ve katkıları nedeniyle, Kongre'nin yararlı sonuçlarını paylaşacak olan topluluğumuz adına teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

Kongremizin başarılı ve verimli bir biçimde gerçekleşmesi, ülkemiz için bilimsel - teknolojik kazanımlar üretmesi dileğiyle Yürütme Kurulu olarak saygılarımızı iletiriz.

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (K1U)
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)
Canan TOKER (ODTÜ) Kaya DOZOKLAR (EMO)
Hasan ÜİNCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)
Abdul İlah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)
Konan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGEN (EMO)

DANIŞMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)
Teoman ALPTURK (TMMOB) Macit MUTAF (EMO)
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdiñç ÖZKAN (PTT)
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOĞUKPINAR (TETSAN)
Malik AVİRAL (ELİMKO) Sedat SİSBOT (METRONİK)
Emir BIRGUN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)
Sıtkı CİĞDEM (EMO) İ. Ata YİĞİT (EMO)
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hamit SERBEST (CU) _
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)
İsa GUNGÜR (EMO) Nusret YÜKSELER (ITU)
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (DEÜ)
Okıay KAYNAK (Boğaziçi U)

SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

Y. Nuri SEVGEN (EMO)
Necla ÇORUH (PTT) Hatice SEZGİN (KTU)
Esen DNKİBAR (TEK) Yusuf TANDOĞAN (PTT)
Abdullah SEZGİN (KTU) Ömer K. YALCIN (TELSER)

SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (ITU)
İne i AKKAYA (ITU)
A.Sefa AKPINAR (KTU)
Ayhan ALTINTAS (Bi I .U)
Fuat ANDAY (ITU)
Fahrettin ARSLAN (IU)
Murat ASKAR (ODTÜ)
Abdu I Iah ATALAR (Bi I .U)
Sel im AY (YTU)
Umit AYGÖLU (İTU)
Atalay BARKANA (Anadolu U)
Mehmet BAYRAK (Selçuk U)
Atilla BİR (İTU)
Ga I ip CANSEVER (YTU)
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U)
Ahmet ÜERVISOĞLU (İTU)
Hasan D INCER (KTU)
M.Sezai DINCER (Gazi U)
Günsel DURUSOY (ITU)
Nadia ERDOĞAN (İTU)
Aydan ERKMEN (ODTÜ)
İsmet ERKMEN (ODTÜ)
H.Bülent ERTAN (ODTÜ)
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U)
Cem GÖKNAR (İTU)
Remzi GULGUN (YTU)
Filiz GUNES (YTU)
İrfan GÜNEY (Marmara U)
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U)
Fuat GURLEYEN (İTU)
Cemi I GURUNLU (KTU)
Nurdan GUZELBEYOGLU (İTU)
Emre HARMANCI (İTU)
Al tuğ İFTAR (Anadolu U)
Kemal İNAN (ODTÜ)
Asım KASAPOGLU (YTU)
Adnan KAYPMAZ (İTU)
Ahmet H. KAYRAN (İTU)
Mehmet KESİM (Anadolu U)
Erol KOCAOGLAN (ODTÜ)
Muhammet KÖKSAL (İnönü U)
Hayrettin KÖYMEN (Bil. U)
Hakan KUNTMAN (MU)
Tamer KUTMAN (İTU)
Duran LEBLEBİCİ (ITU)
Kevork MARDİKİYAN (ITU)
A.Faik MERGEN (İTU)
Avni MORGUL (Boğaziçi U)
Güven ÖNBİLGİN (KTU)
BU I ent ÖRENCİK (İTU)
Bü I ent ÖZGUC (Bi I .U)
A.Bü I ent ÖZGÜLER (Bi I .U)
YıImaz ÖZKAN (İTU)
Muzaffer ÖZKAYA (ITU)
Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Osman PALAMUTCUOGLU (İTU)
ErdaI PANAYIRCI (İTU)
Ha I it PASTACI (YTU)
Ahmet RUMELİ (ODTÜ)
Bülent SANKUR (Boğaziçi U)
M.KemaI SARİOĞLU (IIU)
Müzeyyen SARI TAS (Gazi U)
A.Hami t SERBEST (CU)
Osman SEVAİOGLU (ODTÜ)
A.Oğuz SOYSAL (IU)
Taner SENGÖR (YTU)
Emi n TACER (İTU)
Nesrin TARKAN (İTU)
Mehmet TOLUN (ODTÜ)
Osman TONYALI (KTU)
Ersin TULUNAY (ODTÜ)
Nejat TUNCAY (ITU)
Atıf URAL (KocaeI i U)
Alper URAZ (Hacettepe U)
Gökhan UZGÖREN (IU)
Yi I dı rim UCTUG (ODTÜ)
Asaf VAROL (Fırat U)
Sıddık B. YARMAN (IU)
Mümtaz YILMAZ (KTU)
Melek YÜCEL (ODTÜ)
Nusret YUKSELER (I TU)
Selma YUNCU (Gazi U)

EŞZAMANLI ÇOKLU UYARIM VERİ TOPLAMA **SİSTEMİ**
İÇİN FIR SÜZGEÇ BANKASI TASARIMI

M.Kemal Kıymık. N. Fatma Güler. Şaban öz«r

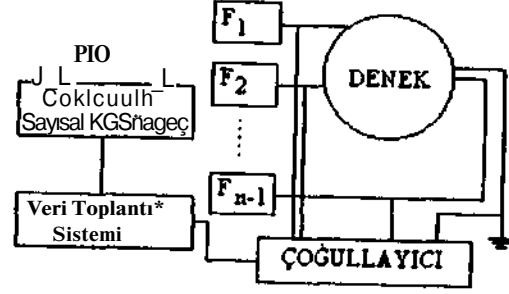
E. Ü. Mühendislik Fakültesi Elektronik Bölümü 38090-KAYSERİ

ÖZET

Bu çalışmada elektriksel empedans görüntülemesi için geliştirilen halı veri toplama «etaminin en önemli kısmı dan 6ayı6al FIR 6Üzgeç bankası tasarımı sunulmaktadır. Elektriksel empedans tomografisi, görüntüsü elde edilecek bir denek kesitinin elektriksel empedans dağılımını görüntülemek için geliştirilmiş bir tekniktir. Hızlı kesit empedans değişim oranları, aynı oranda veri toplama hızı ile mümkün olabilir. Bu problemin üstesinden gelmek için bu çalışmada tek artdışıl uyanım yerine sıklık çoğullamalı ve eş zamanlı uyanım tepkisi göz önüne alınmaktadır. Uyanım sonucu her bir etektrod üzerinden elde edilen veri. BÜperpozisyon ilkesine bağlı olarak uyanım adedince karışık işaretdir |1). Bu verinin hassas olarak analizi için uyanım işaretinin ortogonal seçilmesi ve ölçülen tepki işaretinin çoklu kuşak geçiren bir süzgeç bankasından geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, merkez sıklıkları uyarıma «kılıklarına eş gelecek şekilde sayısal FIR 6Üzgeç bankası tasarlanmıştır.

1. ÜİRİŞ

Elektriksel empedans tomografisi, görüntüsü elde edilecek bir denek kesitinin elektriksel empedans dağılımını görüntülemek için gerçekleştirilen tahrihsiz bir tekniktir. Uygulama alanı biyomedikal görüntülemeye kadar uzanmaktadır. Empedans görüntüleme, bilinen yöntemlerle kesit düzleminin hesabı, kesit görüntüsü elde edilecek denek etrafına eşit açılarla dairesel olarak yerleştirilmiş dektrodlara elektriksel işaretin (genellikle 6lnu6odial) ardışık olarak uygulanması neticesinde yapılmaktadır. Her bir etektrod uyarımı için tepki işaretinin genliği ve fazı, diğer etektrodlar üzerinden ölçülür. Daha sonra bu ölçümlerden, denek kesitinin empedans haritasını elde etmek için geri-izdüşüm veya sonlu elemanlar yöntemleri kullanılarak hesaplama yapılır. Bu alışıla gelmiş ölçüm tekniği devamlı değişim halinde bulunan empedans kesitleri (çok fazlı akışlarda) için yeterince hızlı değildir.



Şekil. 1. Veri toplama blok şeması

Yukarıda anlatılan problemin çözümü, hızlı akışlar ve değişimler için bilinen yöntemlerle imkansızdır. Netice itibarıyla, hızlı kesit empedans değişim oranları, aynı oranda veri toplama hızı ile mümkün olabilir. Bu problemin üstesinden gelmek için bu çalışmada tekdışıl uyanım yerine sıklık çoğullamalı ve eş zamanlı uyanım kullanılmaktadır. Uyanım sonucu her bir etektrod üzerinden elde edilen veri. süperpozisyon ilkesine bağlı olarak uyanım adedince karışık işaretdir. Bu verinin hassas olarak analizi için uyanım işaretinin ortogonal seçilmesi ve ölçülen tepki işaretinin çoklu kuşak geçiren bir süzgeç bankasından geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, merkez sıklıkları uyarıma sıklıklarına eş gelecek şekilde sayısal FIR süzgeç tasarlanmıştır. Tasarım sonucu gerekli şartları sağlayan sayısal FIR süzgecin yaklaşık 60. dereceden olduğu görülmüştür.

2. DOĞRUSAL FAZ FIR SÜZGEÇ

Bu çalışmada (N-1) sayıda karmaşık işaretin süzgeçtenmesi gerekir. Bu durumda sinyal birden fazla sıklıktan ibaret olduğundan süzgecin faz cevabı ile ilgilenmek gerekir. Eğer farklı sıklıklar süzgeçten geçişte farklı zaman alıyor ise, süzgeç çıkışının biçimi bozulacaktır. Bu bozulmadan

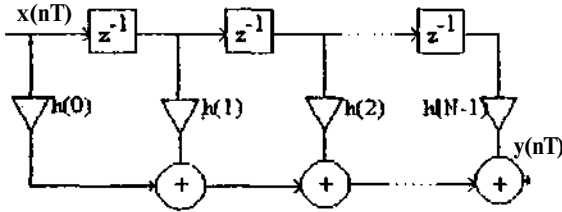
sakinmanın tek yolu faz doğrusal süzgeç kullanmaktır. Faz doğrusal sayısal süzgeci FIR süzgeçleri yapmak mümkündür. Nedensel bir FIR süzgecinin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir [2].

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)z^{-n} \quad (1)$$

Burada $h(n)$ süzgecin vuru tepkisidir. Bir FIR süzgecin fark denklemi Denklem (1) in ters z-dönüşümü alınarak elde edilir, şöyle ki

$$y(iT) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(iT-nT) \quad (2)$$

bu ifade konvolusyon toplamı olarak bilinir ve



Şekil.2. Genel FIR süzgeç blok şeması.

karşılıklı ilişkisine benzerdir. Gerçekte matematiksel olmayan manada karşılıklı ilişkisinden söz ettiğimizde, konvolusyonun tanımı yapılmış olur. Böylece matematiksel olmayan manada bir FIR süzgeci, basitçe çarpma ilintisi (cross-correlation) formunda bilinen işaret ve giriş işareti arasında değiştirilir, sadece giriş işaretinin bu kısımları ki bu işaret bilinen işaretle ilintilidir, süzgeç içinden geçerek daha uzun ömürlü olacaktır. FIR süzgeçlerinin donanım (hardware) kısmının gerçekleştirilmesi oldukça kolaydır. Veri noktaları ve bağlı oldukları katsayıları ve sonuçların toplamı kolayca üretilebilir (Şekil 2). Daha sonra, başlangıç noktaları katsayılarla bağlı olarak kaydırılır. Yeni başlangıç noktası, eski başlangıç noktası kaybolduğunda diziyeye dahil olur. Son olarak çarpma-toplama, gelecek çıkış noktasını üretmek için tekrarlanır. Donanım, depolama kaydedici setine ihtiyaç duyar ki bunlar bir veri kayan (data shift) kaydedici bir hızlı çarpıcı ve bir akümülatördür. Akümülatör ve çarpıcıdan hariç olarak bir çok mikroişlemci fazla sayıda kaydediciye ve veri kaydırıcı kaydediciye sahip değildir. Sonuç olarak mikroiş-

lemelerle çok hızlı FIR süzgeç gerçekleştirilememektedir. Bu nedenlerle bu çalışmada hızlı ve eşzamanlı süzgeçleme işlemleri için tasarım, genel amaçlı işaret işleyici olarak üretilen TMS320 yongaları göz önüne alınarak yapılmaktadır [3].

3. SÜZGEÇ BANKASI KAVRAMI

Süzgeç bankası transmultiplexerlerde olduğu gibi yan kuşak kodlamalarda geniş uygulamaya sahiptir. Bu uygulamalar farklı istekleri karşılamakla birlikte, diğer süzgeçlemelerde temel işlemleri kullandığından ortak analiz formülasyonları kullanacağı açıktır. Paralel formda birden fazla sinyal olduğunda N tane azalan örnekleme N tane orjinal sinyalin N tane örtüşen versiyonunu oluşturur. Katlı süzgeç bankaları periyodik zamanla değişen doğrusal sistem sınıfına dahildir. Bunlar bazen Ödan N-Te kadar N vuru tepkisi ile. veya $X(z)$, $X(Wz)$, ..., $X(W^{N-1}z)$ gönderilmesi ile modellenilebilir, burada $W = \exp(-j2\pi/N)$ e eşittir. Birinci model sistemin çok fazlı gösterimi, ikincisi ise katlı gösterim olarak isimlendirilir. Her ikisinde Fourier dönüşümü ile ilgilidir. Katlı süzgeç bankasında doğrusal süzgeçlemeden başka temel iki işlem N faktörü ile alt örnekleme ve üst örneklemedir. Eğer bir $Y(z)$ sinyali, $X(z)$ ' nin N alt örnekleme ile elde ediliyorsa, z-dönüşümü [4]:

$$Y(z) = \sum_{m=0}^{N-1} X(W^m z) \quad (3)$$

şeklinde elde edilir. $X(z)$ ' nin modüle edilmiş versiyonu $X(W^m z)$ olarak adlandırılmaktadır. Eğer $Y(z)$, $X(z)$ ' nin N üst örnekleme ile elde edilirse

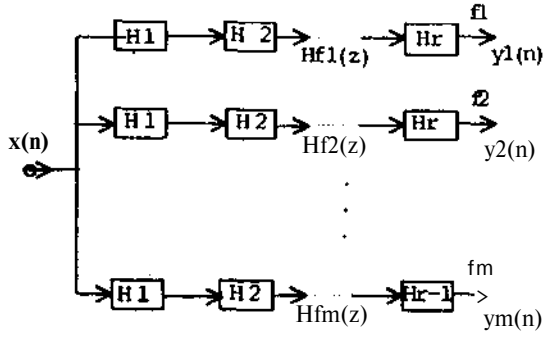
$$Y(z) = X(z^N) \quad (4)$$

olur. 3 ve 4 ilişkilerini kullanarak, temel süzgeç bankalarını göz önüne alınabilir. İlk olarak süzgeç bankası analizi N alt örnekleme ile bir sinyali M elemana böler. (3) denklemi kullanılarak çıkış sinyallerinin $y(z)$ vektörünün aşağıdaki ifadeye eşit olduğu görülür.

$$Y(z) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} X_m(z) \quad (5)$$

Burada

$$H_m(z) = \begin{bmatrix} H_0(z) & H_0(Wz) & \dots & H_0(W^{N-1}z) \\ H_1(z) & H_1(Wz) & \dots & H_1(W^{N-1}z) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{M-1}(z) & H_{M-1}(Wz) & \dots & H_{M-1}(W^{N-1}z) \end{bmatrix} \quad (6)$$



Şekil.3. Çok kuşaklı FIR süzgeç bankası modeli

$H_m(z)$ -in boyutu $N \times M^*$ dir, burada M sinyal kanal sayısı N de alt örnekleme faktörüdür. İkinci temel süzgeç bankası (sentez süzgeç bankası), tek bir sinyali, N alt örneklenmiş M tane sinyalden sentez eder. Çıkışı

$$Y(z) = [h(z)] \cdot X(z^N) \quad (7)$$

şeklinde olur, $h(z)$ ve $x(z)$ sırası ile M süzgeç ve giriş sinyalinin z -dönüşümünü içeren M vektör uzunluğudur.

3.1 Katlı Süzgeç Bankasının Temel Özellikleri

Öneminden dolayı $H_m(z)$ süzgeç matrisini analiz edilecektir. Herhangi İIR süzgeci göz önüne alınırsa $F(z) = N(z)/D(z)$ transfer fonksiyonu z^N paydasına sahip bir eşdeğer süzgeçle değiştirilebilir[5].

$$F(z) = N(z)D'(z)/D(z^N) \quad D'(z) = D(z^N)/D(z) \quad (8)$$

Burada $D'(z)$ bir FIR süzgeçtir. Bundan sonra bütün süzgeçlerin denklem (8) deki gib olduğunu kabul edilecektir. Bilindiği gibi FIR süzgeci. 0'dan N -Te kadar gecikme ile N çok fazlı elemanın toplamı gibi yazmak mümkündür, şöyleki

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k z^{-k} = \sum_{k=0}^{N-1} h_k(z^{-1})^k \quad (9)$$

Çok fazlı eleman $H_m(z)$ 'nin vuru tepkisinin her bir N 'nci örneğini alarak elde edilir. Denklem (8) ve (9) kullanılarak $H_m(z)$ süzgeç matrisini aşağıdaki şekilde çarpanlara ayrılabilirliği doğrulanabilir.

$$H_m(z) = D(z^N) \cdot N_p(z^N) \cdot I(z) \cdot F \cdot J \quad (10)$$

Burada, $D(z^N)$ bir M tane süzgeç fonksiyonunun paydalarının $M \times M$ köşegen matris bileşenidir, $N_p(z^N)$. $M \times N$ boyutunda M tane süzgecin N çok fazlı elemanını içeren bir matridir. $I(z)$ z^{-N} 'e artan gecikmeli $N \times N$ köşegen matris, F Fourier matrisi (F^{-1}) ve J de değişim matrisidir (sıra veya kolon iyi N -i ile değiştirir).

Elemanları kararlı veya nedensel süzgeçler olan bir matris için kararlı veya nedensel süzgeç matrisi terimlerini kullanılacaktır. Bir süzgeç matrisinin ranki skaler duruma benzer şekilde tanımlanır. Biz dikkatimizi $N \times N$ ilk bir kare süzgeç matrisine toplayacağız. Bu durum süzgeç bankasının kritik alt örnekleme durumuna karşılık gelmesi için önemlidir. $H_m(z)$ -in tersinin daima nedensel olmadığına ve kararsız olduğuna dikkat edilirse, böylece $H^*(z)$ olarak isimlendirilen bir eşlenik tanımlayabiliriz [4,6,].

$$H^*(z) = z^{-N} \Delta(z^N) \cdot [H_m(z)]^{-1} \quad (11)$$

Burada

$$A(z) = \text{Det} | N_p(z^N) | \quad (12)$$

dir. Referans [7] da doğrulandığı gibi eğer $H_m(z)$ kararlı ve nedensel ise $H^*(z)$ daima nedensel ve karardır. Dikkat edileceği gibi eşlenik genelde süzgecin, orjinal süzgeçlerden daha karmaşık olmasına sebep olmaktadır. FIR süzgeç durumunda, örnek olarak $H_m(z)$ de L uzunluğundaki süzgeç $(N-1)L$ derece $H^*(z)$ süzgeci göstermektedir.

3.2 Minimum Gecikme Çözümleri

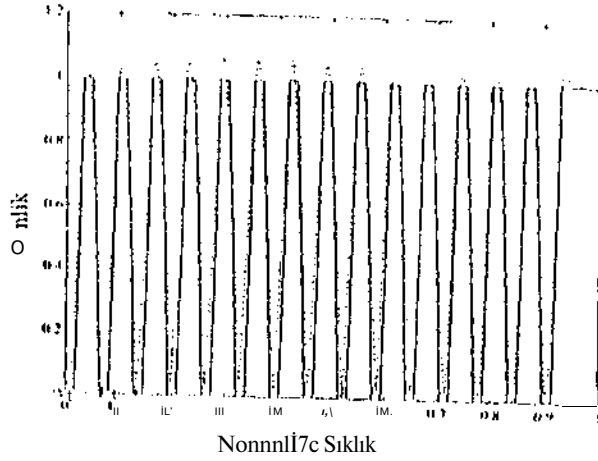
Denklem (11) daki eşlenik $H^*(z)$ ye bakarak z^{-N} ile gerçekleştirme $H^*(z)$ i nedensel yapmak için yeterlidir. Bu durumda alt yan kuşak çıkışı

$$X(z) = 1/N z^{-N} D(z^N) X(z) \quad (13)$$

Böylece N kanal sistemin gecikmesi $N-1$ ile alttan sınırlandırılır. Bu gerçekte, eğer $D(z^N)$ in bir sabite veya minimum faza eşitliğinde oluşturulabilir. Geçiş çoğultayılar için de aynı durum söz konusudur, fakat çıkıştaki faza art örnekleme için dikkat etmek gerekir. Dikkat edileceği gibi bu $N-1$ gecikme, doğrusal faz süzgeçlerle oluşturulandan daha düşüktür. Gerçekte eğer bütün süzgeçler doğrusal fazda ise bütün gecikmenin derecesi $NL/2$ dir(burada L süzgeç uzunluğudur).

4. BENZETİM SONUÇLARI VE İRDELEME

Bu çalışmada paralel formda birden fazla sinyalin



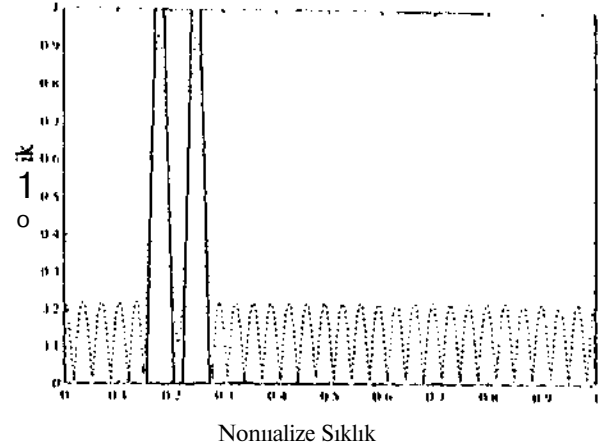
Şnkil.4. 60. dorendon çık kuşaklı FIR BÜZÇJÇÇ bankacı genlik-sıklık tepkini.

süzgeçlerince ile ilgili, periyodik /amanla deydien doğrusal sistem sınıfına dnhil katlı süzgeç baukları incelenmiştir. Büroda iki model gözönlift alınmakta, birinci modül sistemin çok fazlı gösterimi, ikincisi iee kpr.el gösterim olaiak isinlendirilmektedir. Her iki-sidf Fourier dönüşümü ile ilgilidir. Katlı süzgeç bankasında doğrusal sişageçlemeden başka temel iki işlem N foktöü ile alt örnekleme ve üst örneklemedir.

Doğrusal fo* FIR süzgeç ve çok kuşaklı süzgeç bankacı ile ilgili Kısım 2 ve 3 da verilen bilgiler gözönüne alındığında, bu çalışmanın amacına uygun nparlanamk Rüzgeç bankasının örolüğü ortaya çıkmır»Wadn. Bu amada ilgili oNak 16 elektodlu uyanın tepkisi için tn^nilarmn kuşak geçiren FIR süzgeç bankası benzetim 6nnuçlr»ı elde edilerek, goçekleştirilecek sayısal süzgeç kat^ayılını belirlenmiştir. Şekil 4 \ «5 de taçattın Bonuctı elde pdilen gonlik sıklık tepki eğrileri görölmektedir. Şekil 4 de toplam N-l süzgeç çıktısı, Şekil 5 de ise yan kuşakları bastırılmış iki komşu kuşağın genlik-sıklık tepkisi verilmektedir. Bu PM7.yeç bankner için gat^okli sıklık aralıkları eşit aralıklı ve örtüşme olmayacak şekilde seçilmiştir (t). Yeteli gnnlik ve sıklık tepkisinin 60. dereceden bir sayısal kuşak geçiren sü7geç ile elde edileceği göülinektodir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Kıymık M.K., Jonns O.C., Un J.T. Frequency Multiplexed Eycitntian in EIT for Two phase Flow Imaging CCECE 92 Vol.2, TM10.1. 14 1992Cannda.
- [2] DaFotta D.J., bınas J.Ü. , HoHqkios V^/S., Signal Processing , John WilRy and Sons İne 1988.



Sakil.5. 60. darecodon ynn kuşaklıtırnrı bnr.tırlmış FIR süzgeç t)anknsının iki komşu süzgeç genlik-sıklık tepkisi.

- (3)TMS3?O Dntamanuel Texas İntrument, 1985.
- (4) Oodıicre R.E. and Robiner LR. Mullirate Digital Silgnal Processing PrenticeHall, Engle wood Cliffs, 1983.
- [5] M. G. Bellanger. J. L Daguéd" TDM-FDM Transmultiplexor Digital poıyphaGS and FFT" . IEEE Trans. on Communication Vol. COM-22, No.9, pp. 1199-1204. sepi 1974.
- 16) T. A. Ramstad, " Analysı^/synltisies filter banks wilh ailical sampling". Intl. Conf. on DSP. Floifinco. pp. 130-134. 4 Scpt.. 1984.
- [7] M. Veltsili, "FİH«r Banks Allowing Pnıfeth Reconslıırdion", Signal Processing, April 1986.

ÖZGEÇMİŞ

IH. M. Kemal KIYMİK



1959da Gaziantep'de doğdu 1983 E.Ü. MilhondNik Faküllcrjudon Elektronik Lisans. 1906 ODTÜ don yükrek lisans ve 1989 da E.Ü. de Elektronik doktoiar,ını tamamlattı. Halen E.Ü. MübeiKislik Fakültesi Elektrortik Bölümü Devreler ve Sistemler A.B.D. da öğietim üyesi cinrak çalışmaktadır. İlgı alanı işaret işlemedir.

F.A. SAVACI^{*} J.VANDEWALLE^{**}

* Elektrik-Elektronik Fakültesi, I.T.Ü., 80626, Maslak, İSTANBUL

** Dep. Electrical Eng. Katholieke Universiteit Leuven, Belçika

Özet : Bu makalede hücresel tipli yapay sinir devrelerine (CNN) ilişkin durum matrislerinin Toeplitz yapıda olmalarından yararlanılarak ve hücreler arası pozitif bağlantılar olması şartı kabul edilerek hemen hemen bütün başlangıç koşulları için devrelerin kararlı olması şartı verilmiştir, Bu tip devrelerin hangi koşullarda denge noktalarının var olduğu ve bunların hangi çalışma bölgelerinde oldukları, simetrik yapı bozulduğunda hangi yapılarda tam kararlı oldukları üzerine bir şart elde edilmiştir.

I. GİRİŞ

Analog, hücresel tipli yapay sinir devreleri "CNN" yerel bağlantılı olması nedeniyle gerçekleştirilmesi diğer modellere göre daha kolay olduğundan son yıllarda çok önem kazanmış, görüntü ve işaret işleme, tanıma gibi konularda hızla uygulanmaya başlamıştır [1-4].

Simetrik bağlantılı CNN'lerde bütün yörüngelerin herhangi bir denge noktasına yakınsadığı (devrenin tam kararlılığı) [1]'de tanımlanmıştır, [2] 'de ise simetrik bağlantı yapısı bozulduğunda, kararlılık analizi lineer olmayan durum denklemlerinin her bir

ma bölgesinde lineerleştirilmesinden sonra bu bölgelerdeki özdeğerlerin incelenmesiyle yapılmıştır [3] 'de ise özel yapıların tam kararlılık için yeterli olmadığı ve denge noktalarının varlığının, bağlantı ağırlıklarının değerlerine bağlı olduğu gösterilmiştir.

[3]'de belirtildiği gibi tam kararlılık için denge noktalarının hangi şartlarda var olduklarının araştırılması gerekmektedir. Bu makale'nin 2 nci kısmında her bir çalışma bölgesinde (doyma, kısmi doyma ve lineer) denge noktalarının var olması için bağlantı

alırlıkları cinsinden bir gerek ve yeter koşul verilmiş ve kararlı ve kararsız denge noktalarının hangi çalışma bölgelerinde oldukları belirtilmiştir.

Bu çalışmanın üçüncü kısmında [2] de yapıldığı gibi lineer olmayan durum denklemlerini lineerleştirdikten sonra, hücreleri pozitif-bağlı ve ters işaretli şablon yapılı CNN'lerin Toeplitz yapılı durum matrislerine ilişkin özdeğerlerine ait bir formül verilip bütün ilk koşullar için kararlılık ve hemen hemen bütün ilk koşullar için kararlılık şablon değerleri cinsinden verilmiştir.

II- Denge Noktalarının Varlığı için Şart

Bu bölümde aşağıda verilen durum denklemleriyle modellenen sinir ağlarının denge noktalarının varlığı ve bunların kararlılık analizi yapılmıştır.

$$\dot{X} = -X + AF(X) \quad (1)$$

$$F(X) = [f(x_1) f(x_2) \dots f(x_n)]^t,$$

$$Z = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^t \in \mathbb{R}^n$$

$A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ ve $f(y_i)$ fonksiyonları [1]’de tanımlandığı gibidir.

[fi] roforano.ında verilen tanımlan kullanarak yukarıdaki durum modelini, her bir çalışma bölgesini açıldıkça gibi gösterdikten sonra iineerleştirebiliriz.

Oyun aralığındaki her bir m sayısı için aşağıdaki kümeleri tanımlayalım.

$$\bigwedge_m = \{ \epsilon = (\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n) \in \mathbb{R}^n : C_{\epsilon_i}(i) = 0, \$$

$$1 \leq i \leq n$$

ve

$$E_0(i) = \{ \epsilon \in \mathbb{R}^n : \epsilon_i = 0, \epsilon_j \in \{0, 1\}, j \neq i \}$$

$$A_{\epsilon} = (C_1, C_2, \dots, C_n)^{\epsilon} : C_j = C_j^{\epsilon_j}, j = 1, 2, \dots, n$$

$$I - A_{\epsilon}$$

Her bir $\epsilon \in E_0(i)$ için $C(\epsilon)$ bölgesi şöyle tanımlanır:

$$C(\epsilon) = \{ X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n : \epsilon_i = 0 \Rightarrow |x_i| < 1, \$$

$$\epsilon_i = 1 \Rightarrow x_j \geq 1, \epsilon_i = -1 \Rightarrow x_i \leq -1 \}$$

$$E_0 = \bigcup_{i=1}^n E_0(i) = \{ \epsilon \in \mathbb{R}^n : \epsilon_i \in \{0, 1, -1\}, i = 1, 2, \dots, n \}$$

\bigwedge_m kümesinin eleman sayısı 3^n , $A_0 = B^n$ dir. Her bir $\epsilon \in E_0$ için 2^n tane doyma bölgesi tanımlar:

$$C_s(\epsilon_s) = \{ X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n : x_i \epsilon_{s_i} > 1, \$$

C_{s_i}, C_s 'in i -inci elemanıdır.

Tanım 1: (1) nci denkleme ilişkin denge noktası $X_e = Af(X_e)$ veya

$$x_{ei} = a_{ii} x_{ei} + \sum_{j \neq i} a_{ij} f(x_{ej}), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(1) sisteminin doyma bölgesinde çalışması hâlindeki özdeğerlerdir,

i) $p > 1$ şartı, pozitif bir özdeğerin varlığını sağlar ve böylece bütün çözümler lineer ve kısmi doyma bölgesini terk ederek doyma bölgelerine yönelir,

ii) $p-1 > 2\sqrt{rs}$ ve $rs > 0$ ise bütün özdeğerler pozitifdir. Bu yüzden bütün yörüngeler doyma bölgelerine yönelir,

iii) $p-1 < 2/\sqrt{rs}$, $rs > 0$, $p > 1$ ve

$$\cos\left(\frac{\pi}{n+1}\right) < \frac{(p-1)}{2\sqrt{rs}}$$

ise bütün özdeğerler pozitifdir ve bütün yörüngeler doyma bölgelerindeki kararlı denge noktalarına yakınsarlar,

iv), $p < 1$, $(p-1) < 2/\sqrt{rs}$, $rs > 0$,

$$\cos\left(\frac{\pi}{n+1}\right) > \frac{-(p-1)}{2\sqrt{rs}}$$

ise bütün yörüngeler doyma bölgelerine yönelirler.

SONUÇLAR

Bu makalenin ikinci kısmındaki şartlar sadece yerel bağlantılı devreler için değil daha genel yapay sinir devreleri için de geçerlidir, üçüncü kısımda verilen şartlar lineer olmayan durum denklemlerinin lineerleştirildikten sonraki durum denklemlerinin özdeğerlerinin incelenmesiyle elde edilmiş olduklarından bu aşamada konjektür olarak verilmişlerdir, parça-parça lineer olan durum denklemlerinin tam bir analizinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] L. O. Chua and L. Yang, "Cellular neural networks: Theacy, "IEEE Trans. / Circuits Syst., Vol.35, pp.1257-1272, 1988.
- [2] L.O.Chua and T.Roska, "Stability of a class of nonreciprocal cellular neural networks, "Stability of a class of nonreciprocal cellular neural networks", IEEE Trans. Cirouits Syst.,vor:37, pp.1520-1527. 1990.
- [3] F.Zou and J.A.Nossek, "Stability of cellular neural networks with opposite-sign tempates", IEEE Trans. Circuits Syst. vol.38, pp.675-678, 1991.
- [4] F. A. Savacı and J. Vandewalle., "On the stability analysis of cellular neural natvrorks, IEEE Trans. Cirauits Syst., vol.40. No.3, March 1993.
- [5] J. H. Li, A. N. Michael and Vf.Porod, "Analysis and synthesis of a class of neural netvrorks: Linear systems operating on a closed hypercubd, "IEEE Trans. Circuits Syst., vol.36, pp.1405-1422, 1989.
- [6] L.Vanderberghe and J. Vandewalle, "Briin-stato in a box neural notworka with asymmetrio coeffioients" in Proc. Int. Joint. Con on neural networks pp. 627-630", June 19 89.
- [7] W. F. Trench, * "On the eigenvalue problem for Toeplitz band matrioea", Linear Algabra and it applications, vol 64, pp.199-214, 1985.

PARÇA-PARÇA DOĞRUSAL VEYA DIŞARDAN KONTROLLÜ ELEMANLAR
İÇEREN DEVRELERİN PERYODİK ÇÖZÜMLERİ İÇİN YENİ BİR METOD

Saadetdin HERDEM

Muhammet KOKSAL

F. Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ
İNÖNÜ Ü. Mühendislik Fakültesi, MALATYA

ÖZET

Bu çalışmada, periyodik olarak uyarıldıkları zaman periyodik olarak davranış gösteren doğrusal olmayan devrelerin periyodik sürekli hal çözümlerinin bulunması için bir metod sunulmuştur.

Sunulan metod, devrede yer alan doğrusal olmayan elemanların yerine, parça-parça doğrusallık yaklaşımı kullanılarak doğrusal RLC elemanları, sabit gerilim ve akım kaynakları ve periyodik olarak çalışan anahtarlardan oluşan eşdeğerlerinin göz önüne alınmasına dayanmaktadır.

Doğrusal olmayan elemanların sürekli halde parça-parça doğrusallık yaklaşımı yapılan karakteristiklerindeki hangi doğrusal bölgelere girdikleri ve bu bölgelerde ne kadar süreyle kaldıkları geçici rejim analizi ile belirlenmektedir. Daha sonra bulunan süreler düzeltilerek devrenin sürekli hal çözümü bulunmaktadır.

Çözüm işlemlerinde sayısal integrasyon veya optimizasyon teknikleri yerine doğrudan kesin sonuçları veren formüllerden yararlanıldığından, sonuçlar kısa sürede alınmaktadır.

1. GİRİŞ

Sistemlerde veya devrelerde (burada devre ve sistem kelimeleri aynı anlamda kullanılacaktır) eskiden beri yer alan doğrusal olmayan elemanlara son yıllarda çok sayıda elektronik ve güç elektroniği devre elemanı eklenmiştir.

Yarı iletken teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak güç elektroniği devrelerinde kullanılan diyot, tristör, triyak, GTO-tristör (Gate Turn Off-Thyristor) ve güç transistörlerine ek olarak büyük güçleri çok hızlı anahtarlayabilen güç MOSFET'leri, MegaFET" ler ve IGBT (Insulated Gate Bipolar

Transistor)' ler üretilmeye başlanmıştır.

Karakteristikleri doğrusal olmayan güç elektroniği devre elemanlarını, hızlı anahtarlama, küçük bir güçle kontrol edebilme, küçük boyut, sessiz çalışma, düşük maliyet ve uzun ömür gibi çeşitli özellikleri vazgeçilemez hale getirmiştir. Dolayısıyla bu elemanların veya genel olarak doğrusal olmayan elemanların yer aldıkları sistemlerin analizi daha fazla önem kazanmıştır ve bunun için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir.

Doğrusal olmayan bir sistemin periyodik sürekli hal çözümünü bulmak için en basit yol sistemi tanımlayan denklemlerin geçici tepkeleri sönüncüye kadar nümerik integrasyonla çözülmesidir. Bu yöntem "Brüte force" (Kaba kuvvet) olarak adlandırılır ve geçici tepkeleri çabuk sönen sistemlerde doğru ve güvenilir sonuçlar verir [1].

Doğrusal olmayan sistemler eğer doğrusal ve doğrusal olmayan parçalara bölünebiliyorsa ve doğrusal olmayan kısım daha küçükse o zaman sinyallerin Fourier serileri ile gösterimini kullanan Harmonik denge metodu kullanılabilir [2]. Serinin katsayıları sistemi tanımlayan denklemleri minimum hata ile sağlayacak şekilde belirlenir. Bunun için herhangi bir optimizasyon algoritmasından yararlanılabilir.

Üçüncü bir yöntem de "Shooting methods" olarak bilinen yöntemdir [3]. Bu yöntemin esasları iki noktalı sınır değeri problemini çözmektir. Bunun için üç yaklaşım vardır ve üçü de bir periyot sonraki başlangıç şartlarını belirlemek için uygun bir algoritma kullanır.

Periyodik olarak uyarıldıkları zaman sürekli hal davranışları periyodik olan doğrusal olmayan sistemlere her zamankinden farklı olarak ilk yaklaşım Koksall tarafından yapılmıştır [4]. Onun

yaklaşımında bu şekildeki sistemler periyodik olarak zamanla değişen sistemler olarak göz önüne alınmıştır.

Güç elektroniği devrelerinin analizi için Türkbeyler, Koksall' m yukarda bahsolunan metodundan yararlanarak bir yaklaşımda bulunmuştur [5]. Bu son yaklaşımda, analizi yapılacak olan sistemin kaç durumunun bulunduğu ve bu durumlara hangi sırayla girerek bir periyottaki aralıkları oluşturduğunun kesin olarak ve aralıklarda kalma sürelerinin de yaklaşık olarak bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca sistemin bulunacağı bütün aralıklarda aynı sayıda durum değişkenine sahip olması gerekmektedir.

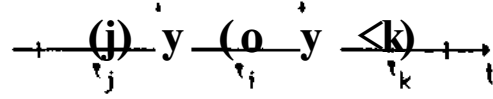
Güç elektroniği devrelerinin veya genel olarak parça parça doğrusal veya dışardan kontrollü elemanların yer aldığı devrelerin sürekli hal analizi için burada sunulan metod, yukarda bahsolunan metodu da kapsayan genel bir uygulamadır. Önce analizi yapılan sistemin sürekli halde girdiği durumlar ve bu durumlara geçiş zamanlarının yaklaşık değerleri belirlenmekte, daha sonra geçiş zamanlarının gerçek değerleri belirlenerek sürekli hal çözümü bulunmaktadır. Sürekli haldeki sistem durumları bulunurken sistemi tanımlayan denklemlerin tam (geçici hal + sürekli hal) çözümü yapılmaktadır. Bu çözümde de nümerik integrasyon kullanılmayıp her t değeri için çözüm doğrudan elde edilmektedir [1].

2. FORMÜLASYON

Peryodik olarak zamanla değişen doğrusal devrelerde zamanla değişen elemanlar sadece anahtarlar ise bu devrelerin durum ve çıkış denklemlerini bulmak, anahtarların konumlarının değişmediği her bir durum için zamanla değişmeyen doğrusal devrelerin durum ve çıkış denklemlerini bulmakla aynıdır. Bunun için metodlar literatürde geniş biçimde yer almıştır [6](7). Ancak sistemin bir durumdan diğer duruma geçmesi halinde durum değişkenlerinin yeni değerlerini tanımlayan anahtarlama denklemleri için bu referanslarda verilen teori yeterli değildir. Özellikle anahtarlama denklemleri de söz konusu olduğunda durum ve çıkış denklemlerine ilaveten anahtarlama

denklemlerini bulmak için en uygun metod Koksall tarafından geliştirilmiştir [8][9].

Peryodik olarak çalışan anahtarlar içeren doğrusal bir devrenin bir durumdan diğer duruma geçişi Şekil 1' de gösterilen zaman süresi ile anlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1 Sistemin durum değişimleri için notasyon

T_j süresince geçerli olan durum ve çıkış denklemleri,

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_i(t) \\ y_i(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i \\ C_i \end{bmatrix} x_i(t) + \sum_{k=1}^{N_f} \begin{bmatrix} B_{i,k} \\ D_{i,k} \end{bmatrix} u_k(t) \quad (1)$$

şekindedir. Burada,

$$B_{i,k} = \sum_{l=0}^{j_i} p_k^{(l)} B_{i,k,l}^{(D)}$$

$$D_{i,k} = \sum_{l=0}^{j_i} p_k^{(l)} D_{i,k,l}^{(d)}$$

$$[u_1(t) \ u_2(t) \ \dots \ u_{N_f}(t)] = [U_1 e^{j_1 t} \ \dots \ U_{N_f} e^{j_{N_f} t}]$$

şekindedir. Bu ifadelerde; j_i, i. durum için giriş fonksiyonlarının türevlerinin en yüksek mertebesini, y_j(t), çıkış vektörünü ve N_f, kaynak fonksiyonlarının sayısını göstermektedir.

Sistemin bir durumdan diğerine geçtiği anlarda durum değişkenlerinde oluşan süreksizlikler anahtarlama denklemleri yardımıyla sorun olmaktan çıkarılır. t^{j-1} daki durum değişimi için anahtarlama denklemi, i sistemin bulunduğu durum ve k sistemin geçtiği yeni durum olmak üzere,

$$X_k(t^+, k) = F_{i,k} X_i(t^-, i) + \sum_{l=0}^{N_f} G_{i,k,l} |U_l| e^{p_l^+ t} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada G_{j_k,l} bir kolon vektörü olup

$$G_{i,k,l} = \sum_{v=0}^{j_i + j_{i+1} - 1} \delta_{(i+1)v} p_l^+ G_{i,k,l}$$

ifadesiyle belirlenir [1].

S değişik duruma girebilen bir sistemde bir durumdan herhangi bir başka duruma

geçişlerin sayısı S.(S-1) tanedir. Dolayısıyla bu sistem S.(S-1) tane anahtarlama denkleminde sahip olacaktır.

Parça parça doğrusal elemanların karakteristiklerindeki her bir doğrusal parça, bir eleman durumu ve bu elemanların değişik durumlarının kombinasyonları da sistem durumu olarak tanımlanmıştır. Sistemin hangi sistem durumunda olduğunun belirlenebilmesi için elemanların ayrı ayrı eleman durumlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Bir elemanın durumunu belirlemek için en az bir eşitsizliğin olduğu varsayımıyla, değişik durumlarda bulunabilecek tüm doğrusal olmayan elemanlara ilişkin kontrol denklemleri (burada denklem, eşitsizlikleri de kapsar anlamda kullanılmıştır) topluca matris formda,

$$L^j \cdot y(t) \geq R^j$$

biçiminde yazılabilir. Bu yazılış bilgisayar programlamasına uygundur. Burada,

$$L_{i,i}^C \text{ ve } R_{i,j}^C$$

sırasıyla, değerleri durum değişimine neden olan uç büyüklüklerine (y vektörü ile gösterilmiştir) ilişkin katsayılar matrisi ve uç büyüklüklerinin durum değişimine neden olan referans değerleri vektörüdür [1J.

Sadece parça parça doğrusal olan elemanlar için buraya kadar yapılan tanımlamalar yeterlidir. Ancak bu elemanlar aynı zamanda dışarıdan da kontrol ediliyorsa o zaman eleman durumlarının belirlenmesinde bunun da dikkate alınması gerekir. Bu etkilerin zamanlarının bilinmesi ve kontrol denklemlerinin yanı sıra bu zaman değerlerinin de kontrol edilmesi gerekir. Bunun için öncelikle elemanların hangi durumlarının zamanla ilgili hangi durumlarının ilgisiz olduğunu gösteren bir N^z matrisi ve zamanla ilgili olan eleman durumlarına ilişkin zaman değerleri için de Z^z matrisi tanımlanmıştır [1J.

Sistemin sürekli halde girdiği durumlar aralık (interval) olarak adlandırılır. Toplam aralık sayısı K olmak üzere K, S' den büyük veya küçük olabileceği gibi S' ye eşit de olabilir. Sürekli haldeki n. peryot için notasyon Şekil 2' de verilmiştir.

$$\begin{matrix} y_0 & y_1 & y_{k-1} & y_{n,k} & y_{n,k+1} & y_{n,K-1} & y_{n,K} \\ \hline (n-1) & t_1 & t_k & t_{k+1} & t_K & t \end{matrix}$$

Şekil 2 n. anahtarlama peryodu için notasyon

Sürekli haldeki k. aralıkta sistem s. durumda ise s. duruma ait bütün bilgiler (As, Bs, Cs,.....) k. aralığa aktarılır (Ak, Bk, Ck,.....). Aynı şekilde (k+1). aralıkta sistem (s+1). duruma geçiyorsa s. durumdan (s+1). duruma geçiş için kullanılan anahtarlama matrisleri ($F_{s,s+1}$, $G_{s,s+1}$) de k. aralıktan (k+1). aralığa geçiş için kullanılacak olan anahtarlama matrisleri ($F|<$, $G|<$) olarak aktarılır.

(1)' deki durum denkleminin $t_{j|< t < t_{i|< k}$ aralığında $U_k(t) = U|< e^{PK}$ için çözümü,

$$x_{< k} = e^{MM_{ü}} x_{< (t_{ii})} - \sum_{k=1}^{N_r} \left[(A_i - pJ)^{-1} e^{pt} \right. \\ \left. - (A_i - pJ)^{-1} p t_v A, (M_{v,i}) \right] B_{ul} \gg$$

olarak elde edilir. Çözüme başlanırken sistemin birinci durumda olduğu kabul edilerek ve $t_{j|< = 0$ alınarak başlanır. Daha sonra zaman At adımıyla artırılarak çözüme devam edilir. Her çözüm adımından sonra (1)' deki çıkış denklemi kullanılarak çıkış büyüklüklerinin değerleri elde edilir. Bu değerlerden yararlanılarak sistemin yeni durumu belirlenir. Eğer durumda değişme yoksa At adımıyla aynı işlemlere devam edilir. Durum değişimi varsa o zaman eski ve yeni duruma uygun olan anahtarlama denklemleri kullanılarak yeni durumdaki durum değişkenlerinin başlangıç değerleri belirlenir.

Tam çözümde kullanılan zaman adımı At sayısal çözümleme yöntemlerinde olduğu gibi çok küçük bir değer değildir.

Her durum değişimi olduğunda girilen yeni durumların numaraları bir vektörde toplanır. Aynı zamanda durum değişimlerinin olduğu zaman değerleri de başka bir vektörde depolanır. Sistem sürekli hale geldiği zaman her peryotta aynı durumlar yer alacaktır. Bu sağlandığı zaman çözüm işlemine son verilir ve en son peryot için depolanan durumlar, sistemin sürekli haldeki girdiği durumlar olarak ve en son depolanan zaman değerleri de yaklaşık geçiş zamanları olarak alınır.

Yaklaşık ifadesinin kullanılması, çözüm için kullanılan At zaman adımının yeterince küçük olmamasındandır.

Yaklaşık olarak bulunan geçiş zamanları daha sonra [5]' de verilen yöntemle hassas olarak belirlenmektedir.

Son kısımdaki çözüm işlemlerinde Koksall tarafından türetilen sürekli hal analizi sonuçları kullanılmıştır. Bununla ilgili geniş bilgi [8] ve [10]' da bulunabilir. Şimdi kullanılan bu sonuçlar kısaca verilecektir.

n. peyrot için geçerli olan durum, çıkış ve anahtarlama denklemleri,

$$X_{n,k}(t) = A_k X_{n,k}(t) + B_k U(t)$$

$$y_{n,k}(t) = C_k X_{n,k}(t) + D_k U(t)$$

$$X_{n,k+1}(t_{n,k}) = F_k X_{n,k}(t_{n,k}) + G_k U(t_{n,k})$$

$t_{n,k-1} < t < t_{n,k}$ ve $k=1,2,\dots,K$ için

şeklindedir. $u(t) = U e^{p't}$ için bu denklemlerin sürekli hal zaman domeni çözümü,

$$y(t) = H(p, t) U e^{p't}$$

olarak elde edilir ve burada,

$$H(p,t) = C_k | e^{p_k t} - (A_k - pI) B_k | + D_k$$

$t_k < t < t_{k+1}$ için

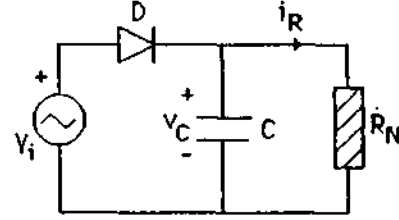
şeklindedir [1].

Giriş fonksiyonlarının birden fazla olması durumunda daha önce tam çözüm yapılırken uygulandığı gibi yukarıdaki sonuçlara da süperpozisyon uygulanmaktadır.

3. UYGULAMA

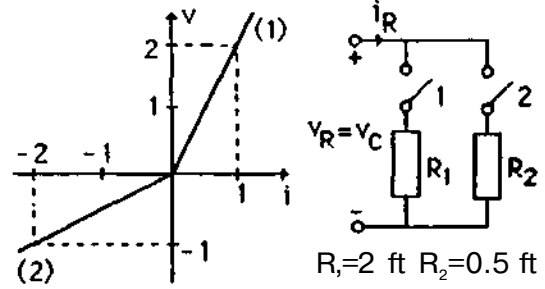
Burada sunulan metod, Şekil 3' de verilen ve bir diyotla bir doğrusal olmayan direnç ihtiva eden basit yapılı devreye uygulanmıştır. Devrede yer alan doğrusal olmayan dirençin karakteristiği ve eşdeğer devresi Şekil 4" de verilmiştir. Bu elemanın ve diyotun ikişer durumları olduğu için sistemin girebileceği durum sayısı dört olmaktadır. Bu durumlara ilişkin eşdeğer devreler birbirinden çok az farklı olduğu için birinci duruma ilişkin devre ve tüm durumlara ilişkin denklemler aşağıda verilmiştir.

Metoda ilişkin bilgisayar programı hazırlanırken sistemde en az bir durum değişkeninin olacağı kabul edilmiştir. Halbuki sistemde yer alan anahtarların pozisyonlarına göre bazı durumlarda durum değişkeni olmayabilir (örneğin bu örnekteki diyotun iletimde olduğu durumlar).



$$v \wedge 10 \sin 2t \quad C=1 \text{ F}$$

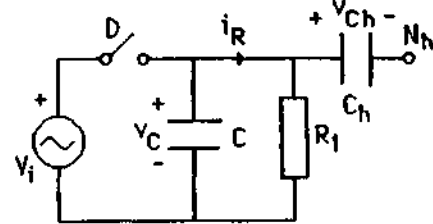
Şekil 3 Uygulamaya ilişkin devre



Şekil 4 Doğrusal olmayan dirençin karakteristiği ve eşdeğer devresi

Bu durumlarda programa yeni kontrol komutları eklemek yerine devreye hayali bir kapasitans ve hayali bir düğüm noktası eklenmiştir. Bu ekleme, devrenin yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Sadece devrede her zaman en az bir durum değişkeni olmasını garanti etmektedir.

1. Durum (Di açık, R_N 1. bölgede):



Şekil 4.30 Sistemin 1. durumu için eşdeğer devre

$$\begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1/R_1 C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{ch} \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} [v_i]$$

$$\begin{bmatrix} v_e \\ i_R \\ v_o \\ i_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1/R_1 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M \\ VC \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} [V]$$

2. Durum (Di açık, RN 2. bölgede):

$$\begin{bmatrix} v_{\phi} \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1/R_2C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{\phi} \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} H$$

$$\begin{bmatrix} v_c \\ in \\ VD \\ ID \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1/R_2 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{\phi} \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} [v_i]$$

3. Durum (Di kapalı, RN 1. bölgede):

$$\dot{v}_{\phi} = [0]v_{\phi} + [0]v_i$$

$$\begin{bmatrix} v_c \\ in \\ VD \\ ID \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [v_{\phi}] + \begin{bmatrix} 1 \\ 1/R_1 \\ 0 \\ 1/R_1 \end{bmatrix} [v_i] + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ C \end{bmatrix} [\dot{v}_i]$$

4. Durum (Di kapalı, RN 2. bölgede):

$$\dot{v}_i = [0]v_{\phi} + [0]v_i$$

$$\begin{bmatrix} v_c \\ in \\ VD \\ ID \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [v_{\phi}] + \begin{bmatrix} 1 \\ 1/R_2 \\ 0 \\ 1/R_s \end{bmatrix} [v_i] + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ C \end{bmatrix} [\dot{v}_i]$$

(2)' de verilen anahtarlama denklemlerinin katsayı matrisleri ve elemanlara ilişkin kontrol denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$F_{1,3}=F_{1,4}=F_{2,3}=F_{2,4}=[1 \ 0] \quad F_{3,4}=F_{4,3}=[1 \ 0]$$

$$F_{1,2} = F_{2,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$F_{3,1} = F_{3,2} = F_{4,1} = F_{4,2} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{1,3}=G_{1,4}=G_{2,3}=G_{2,4}=G_{3,4}=G_{4,3}=[0 \ 0]$$

$$G_{3,1} = G_{3,2} = G_{4,1} = G_{4,2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$G_{1,2} = G_{2,1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

1.Eleman:

$$\begin{bmatrix} u & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} [y] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_{i,j} - 1 \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

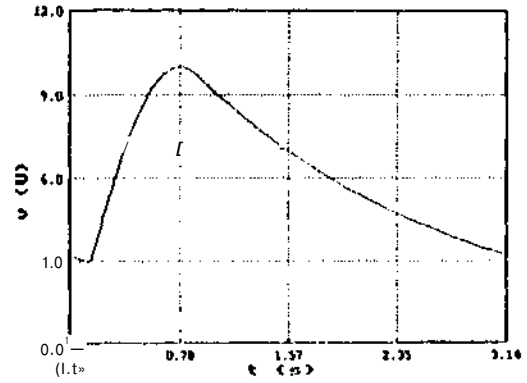
2. Eleman:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} [y] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

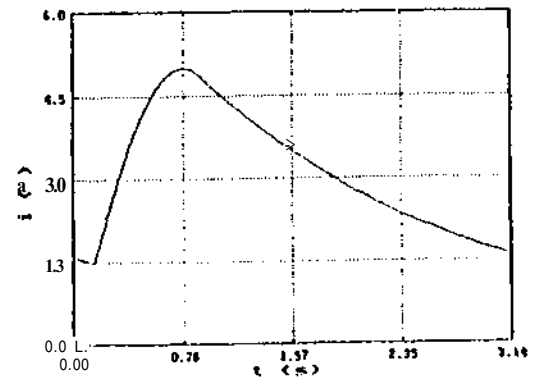
Yukarıda verilen denklemler ve datalar kullanılarak sistemin sürekli halde girdiği durumlar ve yaklaşık geçiş zamanları şu şekilde belirlenmiştir [i].

Sistem durumu	Yaklaşık geçiş zamanı
1	$\eta_1=0.0$
3	$T_{12}=0.44$
1 113	= 0.911

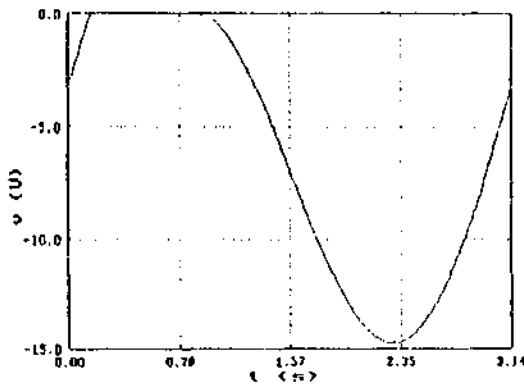
Bu durumlara ve yaklaşık geçiş zamanlarına göre programın ikinci kısmında yapılan sürekli hal çözümü sonuçları Şekil 5, 6, 7 ve 8' de verilmiştir.



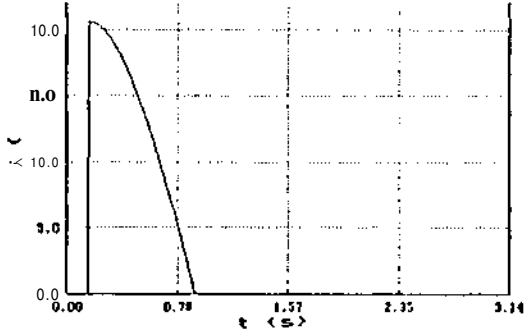
Şekil 5 Kondansatör geriliminin değişimi



Şekil 6 Doğrusal olmayan direnç akımının değişimi



Şekil 7 Diyot geriliminin değişimi



Şekil 8 Diyot akımının değişimi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, parça parça doğrusal ve dışardan kontrollü elemanlar içeren sistemlerin sürekli hal çözümlerini elde etmek için genel bir metod verilmiştir.

Verilen metotla parça parça doğrusallık yaklaşımı yapılabilecek karakteristiğe sahip olan elemanlar içeren herhangi bir devrenin sürekli hal analizi yapılabilmektedir. Metod, bilgisayarda çok kısa sürede doğru sonuçlar vermektedir. Çünkü, doğrusal olmayan devrelerin yerine bunların eşdeğerleri olacak şekilde periyodik olarak çalışan anahtarlar içeren devreler kullanılmakta ve bu devrelerin çözümleri de kesin çözüm sonuçlarını veren formüller yardımıyla yapılmaktadır.

Birden fazla girişe (kaynağa) sahip olan veya durum ve çıkış denklemlerinde kaynak fonksiyonlarının türevleri yer alan sistemlerin birden fazla çıkış büyüklüğü için çözümü yapılabilmektedir.

Yukarda söz edilen bu avantajlara rağmen bütün analiz tekniklerinde olduğu gibi bu metodun da bazı sınırlayıcı yanları vardır. Bunlardan en önemlisi, analizi yapılan sistemin periyodik girişe sahip olduğu ve

bütün çıkışların sürekli hal cevaplarının periyodik olduğunun kabul ediliyor olmasıdır. Ama bu kabul metodun temelini oluşturduğu için vazgeçilemez bir sınırlamadır.

KAYNAKLAR

- [1] HERDEM, S., Parça-parça Doğrusal veya Dışardan Kontrollü Elemanlar İçeren Devrelerin Periyodik Çözümlerinin Bulunması, Doktora Tezi, F.Ü., Elazığ, 1993.
- [2] FILICORI, F., MONACO, V. A. ve NALDI, C, Simulation and Design of Microwave Class-C Amplifiers Through Harmonic Analysis, Proc. IEEE/MIT-S, Orlando, USA, 1979.
- [3] SKELBOE, S., Computation of The Periodic Steady - state Responce of Nonlinear Systems by Extrapolation Methods, IEEE Trans. on Circuits and Systems, Vol. CAS - 27 : 161-175, 1980.
- [4] KOKSAL, M., Lineer Olmayan Sistemlerin Periyodik Çözümlerinin Bilgisayar Kullanarak Bulunması, 1. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Semp. Tebliğleri, 431-442, İzmir, 1984.
- [5] TÜRKBEYLER, E., A New Approach for The Analysis of Power Electronic Networks by Treating such Networks as Linear Circuits Containing POS, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Gaziantep, 1987.
- [6] DESOER, C. A., Notes for a Second Course on Linear Systems, Van Nostrand Reinhold, New York, 1970.
- [7] DERVİŞOĞLU, A., Steate Equations and Initial Values in Active RLC Networks, IEEE Trans. Circuits Theory (Corresp.), Vol. CT-18: 544-547, 1971.
- [8] KOKSAL, M., 1975. Analysis and Applications of linear Circuits Containing Periodically Operated Switches, Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara, 1975.
- [9] KOKSAL, M. ve TOKAD, Y., State Space Formulation of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches, Circuits Theory and Appl., Vol. 5: 155-170, 1977.
- [10] KOKSAL, M., A Computer Program for The General Solutions of Periodically Time - varying Systems, ODTÜ Gaziantep Elekt. - Elektrn. Müh. Böl., Tek. Rap., No. GEEE/CAS-84/2, 1984.

LATTICE ARMA MODELİ İLE LİNEER SİSTEMLERİN ADAPTİF MODELLENMESİ

Şaban Özer

M.Kemal Kıymık

Elektronik Mühendisliği Bölümü , Erciyes Üniversitesi 38090 Kayseri

ÖZET

Bu çalışmada, sistem giriş ve çıkışlarının örneklenmiş verileri kullanılarak, lineer zamanla değişen sistemlerin ayrık-zamanlı modelleri belirlenmiştir. Lineer sistemlerin modellenmesinde en etkili yöntemlerden birisi olan ve denklem hata formülasyonu olarak adlandırılan model yaklaşımı kullanılarak hatanın karesinin ortalamasını minimize edecek şekilde model parametrelerini adaptif olarak ayarlayan Lattice ARMA (Autoregressive Moving Average) modeli geliştirilmiştir.

Neticede, geliştirilen Adaptif Lattice ARMA modeli simülasyon programı geliştirilerek, 1., 2., 3. ve 4. dereceden lineer sistemlere uygulanmış ve kesine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

1. GİRİŞ

Bir sistemin modellenmesindeki amaç, sistemi karakterize eden transfer fonksiyonu parametrelerini bulmaktır. Modellemede kullanılan en etkili yöntem, denklem hata formülasyonu olarak adlandırılan bir model yaklaşımıdır [1]. Bu yaklaşıma dayanan ARMA modeli ile, ayrık zamanlı lineer sistemlerin adaptif olarak modellenmesi etkin bir şekilde yapılabilmektedir. ARMA modeli, AR (Autoregressive) ve MA (Moving Average) modellerinin birleştirilmesiyle oluşur [2].

AR modeli, sadece kutuplardan oluşan sistemleri modellemede, MA modeli ise sadece sıfırlardan oluşan sistemleri modellemede kullanılır. Fiziksel sistemler hem kutuplara hem de sıfırlara sahip olduğu için, AR ve MA modelleri yalnız başlarına yetersiz kalmaktadır. AR modelinde tüm sıfırlar z düzlemi orijininde bulunurken, MA modelinde ise tüm kutuplar z düzlemi orijininde bulunmaktadırlar. ARMA modeli AR ve MA modellerinin birleştirilmiş şekli olduğu için, bu sınırlamaları ortadan kaldırır.

Bu çalışmada, geliştirilen Adaptif Lattice ARMA modeli simülasyon programı geliştirilerek, 1., 2., 3. ve 4. dereceden lineer sistemlere uygulanmış ve kesine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

2. LATTICE ARMA MODELİ

ARMA model çözümü, iki kanallı AR çözümünden Lattice tekniği kullanılarak yapılabilir [2]. Bir sistemin transfer fonksiyonu, aşağıdaki şekilde verilir .

$$H(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{\sum_{n=0}^N a(n)z^{-n}}{1 - \sum_{n=1}^N b(n)z^{-n}} = \frac{A(z)}{B(z)} \quad d)$$

ARMA model çıkışı $y(k)$,

$$\hat{y}(k) = \sum_{n=0}^N a(n) u(k-n) + \sum_{n=1}^N b(n) y(k-n) \\ = \left[\frac{b}{a} \right] \quad (2)$$

ile verilir, Burada N, sistemin derecesidir. ARMA hatası ise,

$$e_o(k) = y(k) - \left[\frac{b}{a} \right] \quad (3)$$

şekindedir . Hatanın karesinin ortalaması alınarak ARMA modeli denklemi aşağıdaki şekilde verilebilir [3] .

$$\begin{bmatrix} R_{yy}(0) & \dots & R_{yy}(1-N) & R_{yu}(0) & \dots & R_{yu}(1-N) \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{yy}(N-1) & R_{yy}(0) & R_{yy}(N-1) & R_{yu}(0) & \dots & R_{yu}(1-N) \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{uy}(0) & \dots & R_{uy}(1-N) & R_{uu}(0) & \dots & R_{uu}(1-N) \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{uy}(N-1) & R_{uy}(0) & R_{uy}(N-1) & R_{uu}(0) & \dots & R_{uu}(1-N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b(1) \\ \vdots \\ b(N) \\ a(1) \\ \vdots \\ a(N) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R_{yy} & (D) \\ \vdots & \\ R_{yy} & (N) \\ p_{uy} & (D) \\ \vdots & \\ p_{uy} & (N) \end{bmatrix} - a(0) \begin{bmatrix} R_{yu} & (1) \\ \vdots & \\ R_{yu} & (N) \\ R_{uu} & (0) \\ \vdots & \\ R_{uu} & (N) \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) ifadesi kısaltılmış şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$\begin{bmatrix} R_{yy} & R_{yu} \\ R_{uy} & R_{uu} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{b} \\ \underline{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{-yy} & r_{-yu} \\ r_{uy} & r_{uu} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -a(0) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Burada R^{\wedge} çıkışın otokorelasyon matrisi ; R_{yy} ve R_{yu} giriş ile çıkışın çapraz korelasyon matrisi ; R_{uy} ise girişin otokorelasyon matrisidir. ARMA model kazancı $a(0)$ ise.

$$a(0) = \frac{E[y(k)u(k)]}{E[u(k)u(k)]} \quad (6)$$

şeklindedir [2] . Ayrıca, lattice yapı kullanılarak

$$e_o(k) = y(k) - a(0)u(k) - [y^T(k)u^T(k)]^{\wedge} \quad (7)$$

ARMA hatası elde edilir. Hatanın karesinin ortalaması $a(0)$ 'a göre minimize edilerek de.

$$a(0) = \frac{E[e_y(k)]}{E[e_u(k)]} \quad (8)$$

bulunur . Burada $e_y(k)$ 'nı taliminde yapılan hata işareti ve $e_u(k)$ ise $y(k)$ 'nın tahmininde yapılan hata işareti olarak yorumlanmaktadır.

ARMA Lattice yapısını oluşturmak için bu tahmin hala işaretleri,

$$\begin{bmatrix} e_y(k) \\ e_u(k) \end{bmatrix}^{(n+1)} = \begin{bmatrix} e_y(k) \\ e_u(k) \end{bmatrix}^{(n)} - \begin{bmatrix} k_{11} & k_{21} \\ k_{12} & k_{22} \end{bmatrix}^{(n+1)} \begin{bmatrix} \tilde{e}_y(k-1) \\ \tilde{e}_u(k-1) \end{bmatrix}^{(n)} \quad (9)$$

şeklinde verilir. Burada,

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{21} \\ k_{12} & k_{22} \end{bmatrix} = \underline{K}^T \quad (10)$$

yansıma katsayısı matrisinin transpozesi olarak tanımlanmaktadır ve yukarıda verilen tahmin hala işaretlerinin karesinin ortalamasının \underline{K} 'ya göre türevi alınarak bulunan \underline{K} değerleri modelin hatasını minimuma indirir . Bunlar,

$$\underline{K}^{(n+1)} = \frac{E[\tilde{e}^{(n)}(k)\tilde{e}^{(n)}(k-1)^T]}{E[\tilde{e}^{(n)}(k)\tilde{e}^{(n)}(k)^T]} \quad (11)$$

ve.

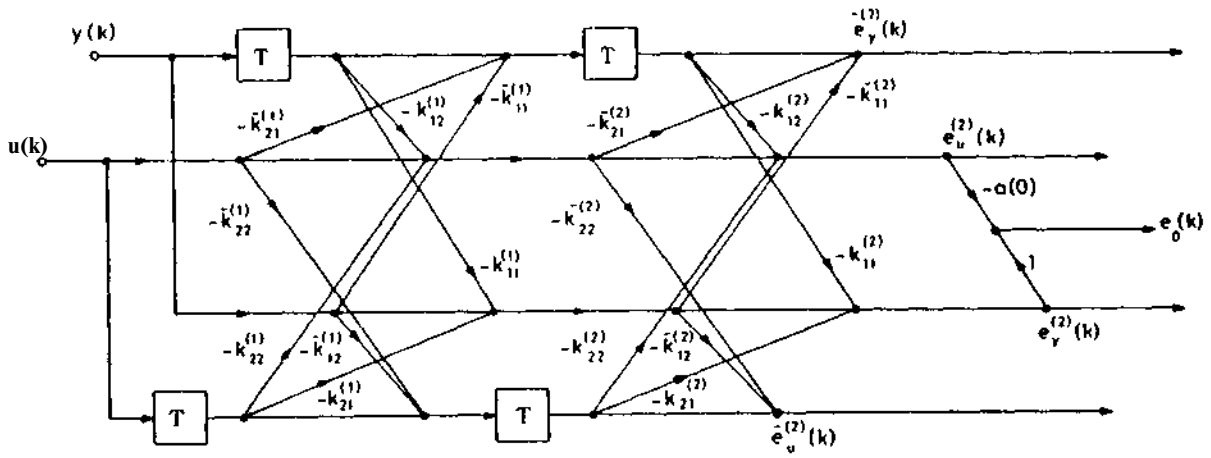
$$\underline{K}^{(n+1)} = \frac{E[\tilde{e}^{(n)}(k)\tilde{e}^{(n)}(k-1)^T]}{E[e^{(n)}(k)e^{(n)}(k)^T]} \quad (12)$$

olarak bulunur [4]. İlgili analiz modeli Şekil 1' de gösterilmiştir. (9) eşitliğinden,

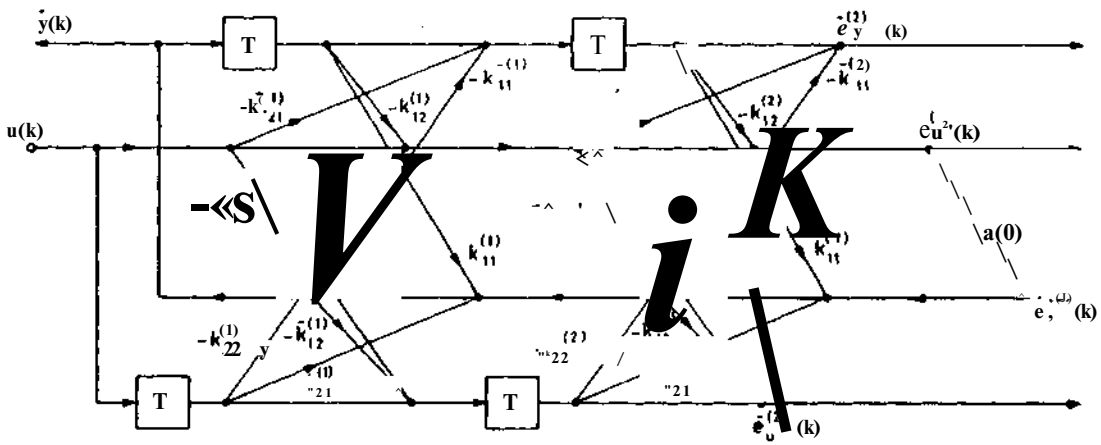
$$e_y^{(n)}(k) = e_y^{(n+1)}(k) + k_{11}^{(n+1)}\tilde{e}_y^{(n)}(k-1) + k_{21}^{(n+1)}\tilde{e}_u^{(n)}(k-1) \quad (13)$$

$$e_u^{(n)}(k) = e_u^{(n+1)}(k) + k_{12}^{(n+1)}\tilde{e}_y^{(n)}(k-1) + k_{22}^{(n+1)}\tilde{e}_u^{(n)}(k-1) \quad (14)$$

yazılabilir. Bunlar ise sentez modeline ilişkin denklemler olup Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 1. ARMA Lattice Yapı Analiz Modeli



Şekil 2. ARMA Lattice Yapı Senlez Modeli

3. ADAPTİF LATTICE ARIMA MODELİ

Adaptif teknikler, Latlice ARMA modeline GrifTilhs tararından uygulanarak,

$$\underline{K}^{(n+1)}(k+1) = \underline{K}^{(m)}(k) + 2\mu^{(n+1)} \underline{\bar{e}}^{(n)}(k-1) + \underline{e}^{(n+1)}(k)^T \quad (15)$$

$$\underline{\bar{K}}^{(n+1)}(k+1) = \underline{\bar{K}}^{(n)}(k) + 2\mu^{(n+1)} \underline{e}^{(n)}(k) \underline{f} \underline{\bar{e}}^{(n+1)}(k)^T \quad (16)$$

şeklinde yansıma katsayı matrisleri elde edilmiştir. Burada, μ bir orantı sabiti veya adaptif kazanç, a nomialize edilmiş adaptif adını boyutu, σ giriş işareti vektörlerinin güç tahminleri olmak üzere.

$$\mu^{(n+1)}(k) = \frac{a}{\sigma_{(n+1)}^2(k)} \quad (17)$$

$$\bar{\mu}^{(n+1)}(k) = \frac{a}{\bar{\sigma}_{(n+1)}^2(k)} \quad (18)$$

ve.

$$\sigma_{n+1}^2(k+1) = [1-\alpha]\sigma_{n+1}^2(k) + \alpha \bar{e}^{(m)}(k-1)^T \bar{e}^{(m)}(k-1) \quad (19)$$

$$\hat{\sigma}_{n+1}^2(k+1) = [1-a]\sigma_{n+1}^2(k) + a \underline{e}^{(n)}(k)^T \underline{e}^{(n)}(k) \quad (20)$$

elde edilmiştir [5], [6], [7]. Bu eşitlikler ile birlikte, Lattice ARMA modelini adaptif hale getirmek için, sadece, $a(0)$ kazanç ifadesini düzenlemek yeterlidir. Bu terimin k anındaki zamanla değişen adaptif tahmini $a_0(k)$ ile ifade edilerek, karışıklıklar önlenmektedir. Bir LMS adaptif algoritması uygulanarak,

$$a_0(k+1) - a_0(k) - \eta_0 V(k) \quad (21)$$

elde edilir [8], [9]. V gradyantının bir anlık tahminini oluşturabilmek için, hatanın tek bir örneğinin karesinin ortalamasının $a_0(k)$ 'ya göre türevi sıfıra eşitlenerek.

$$\begin{aligned} \bar{V}(k) &= -2e_u(k) \{e_y(k) - a_0(k)e_u(k)\} \\ &= -2e_u(k)e_0(k) \end{aligned} \quad (22)$$

bulunabilir ve böylece.

$$a_0(k+1) - a_0(k) + 2\eta_0 e_0(k)e_0(k) \quad (23)$$

elde edilir. Kararlılığın sağlanması için μ_0 ,

$$0 < \mu < \frac{1}{E\{\bar{e}_u^2(k)\}} \quad (24)$$

şartını sağlamalıdır. Bununla birlikte, $e_u(k)$ 'nin karesinin ortalaması zamana bağlı olarak adımdan adıma değişebilir. Bu durumda.

$$\mu_n(k) = \frac{a}{\sigma_{n+1}^2(k)} \quad (25)$$

$$\sigma_n(k) = (1-\alpha)\sigma_n(k-1) + a e_u^2(k) \quad (26)$$

elde edilir [10].

4. ADAPTİF LATTİCE ARMA MODELİNİN UYGULAMALARI

Bu çalışmada, Adaptif Lattice ARMA modeli, 1. 2. 3. ve 4. dereceden lineer sistemlerin modellenmesinde uygulanmıştır. 1. dereceden kararlı bir transfer fonksiyonu.

$$H(z) = \frac{2 + 3z^{-1} - a(0)z^{-1}}{1 - 0.5z^{-1} - b(1)z^{-1}}$$

şeklinde seçildiğinde sistem katsayıları ile bilgisayar simülasyonu sonucu bulunan model katsayıları Tablo 1 de verilmiştir. Model katsayıları ile sistem katsayıları karşılaştırıldığında, elde edilen simülasyon sonuçlarının sistem katsayıları ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

	a(0)	a(1)	b(1)
Sistem Katsayıları	2	3	0.5
Model Katsayıları	2.000	2.998	0.500

Tablo 1. Birinci dereceden seçilen sistem katsayıları ile model katsayıları.

2. dereceden kararlı bir transfer fonksiyonu,

$$H(z) = \frac{2 + 3z^{-1} + 4z^{-2}}{1 - (0.8z^{-1} - 0.15z^{-2})} - \frac{a(0)fa(1)z^{-1} + a(2)z^{-2}}{1 - b(1)z^{-1} - b(2)z^{-2}}$$

şeklinde seçildiğinde, sistem katsayıları ile bilgisayar simülasyonu sonucu bulunan model katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Model katsayıları ile sistem katsayıları karşılaştırıldığında, elde edilen simülasyon sonuçlarının sistem katsayıları ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

	a(0)	a(1)	a(2)	b(1)	b(2)
Sistem Katsayıları	2	3	4	0.8	-0.15
Model Katsayıları	2.005	2.934	3.967	0.805	-0.154

Tablo 2. İkinci dereceden seçilen sistem katsayıları ile model katsayıları .

3. dereceden karatlı bir transfer fonksiyonu,

$$H(z) = \frac{2 - t \cdot 3z^{-1} - 1 \cdot 4z^{-2} - f \cdot 5z^{-3}}{1 - (0.8z^{-1} - 0.5z^{-2} - 0.15z^{-3})}$$

$$= \frac{a(0) + a(1)z^{-1} + a(2)z^{-2} + a(3)z^{-3}}{1 - b(1)z^{-1} - b(2)z^{-2} - b(3)z^{-3}}$$

şeklinde seçildiğinde, sistem katsayıları ile bilgisayar simülasyonu sonucu bulunan model katsayıları Tablo-3 de verilmiştir. Model katsayıları ile sistem katsayıları karşılaştırıldığında, elde edilen simülasyon sonuçlarının sistem katsayıları ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

	a(0)	a(1)	a(2)	a(3)	b(1)	b(2)	b(3)
S. Kats.	2	3	4	5	0.8	-0.5	-0.15
M. Kats.	2.03	3.12	3.81	4.90	0.79	-0.49	-0.14

Tablo 3. Üçüncü dereceden seçilen sistem katsayıları ile model katsayıları .

4. dereceden kararlı bir transfer fonksiyonu.

$$H(z) = \frac{2 - 1 \cdot 3z^{-1} + 4z^{-2} + 5z^{-3} - t \cdot 6z^{-4}}{1 - (0.8z^{-1} - 0.5z^{-2} - 0.3z^{-3} + 0.08z^{-4})}$$

$$= \frac{a(0) + a(1)z^{-1} + a(2)z^{-2} + a(3)z^{-3} + a(4)z^{-4}}{1 - b(1)z^{-1} - b(2)z^{-2} - b(3)z^{-3} - b(4)z^{-4}}$$

şeklinde seçildiğinde, sistem katsayıları ile bilgisayar simülasyonu sonucu bulunan model katsayıları Tablo-4 de verilmiştir. Model katsayıları ile sistem katsayıları karşılaştırıldığında, elde edilen simülasyon sonuçlarının sistem katsayıları ile hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

	a(0)	a(1)	a(2)	a(3)	a(4)
Sistem Katsayıları	2	3	4	5	6
Model Katsayıları	1.92	2.92	3.79	4.90	5.79

	b(1)	b(2)	b(3)	b(4)
Sistem Katsayıları	0.8	-0.5	-0.3	0.08
Model Katsayıları	0.80	-0.50	-0.31	0.06

Tablo 4. Dördüncü dereceden seçilen sistem katsayıları ile model katsayıları.

5. SONUÇ

Zamanla değişen ayrık zamanlı lineer sistemlerin modellenmesinde kullanılan Adaptif Lattice ARMA modelinin oldukça etkili bir model olduğu görülmektedir . I. , 2.. 3. ve 4. dereceden sistemlere uygulanarak hemen hemen doğru sonuçlar veren bu model N. dereceden sistemlere de uygulanabilir.

Model derecesinin bir fonksiyonu olan halanın karesinin ortalamasının değeri, model derecesine ulaşana kadar hızlı bir şekilde azalmıştır. Bu olumlu özelliklerine rağmen Lattice yöntemi oldukça uzun hesaplama zamanı gerektiren bir yöntemdir. Sistem giriş ve çıkış dizileri, tahmin hata dizilerini depolama ihtiyacından dolayı işlemler çok fazladır. Ayrıca, giriş işaretinin güç spektrümünü önemli rol oynamaktadır.

Kontrol ve haberleşme alanında, tıpta EEG işaretlerinin ve kan dolaşım sisteminin analizinde Adaptif Lattice ARMA modeli kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] KALMAN RE.. "Design of a Seir-Optimiz.ing Control Systems", Transaction AS.M.E.. Vol.80. 468-478, February 1958.
- [2] PERRY F. A., "Parametric Modelling of Linear and Nonlinear Systems". Ph. D. Disserlation. Naval Postgrad. School. Montcrey. CA, June 1980.
- [3] PERRY F. A. and PARKER, S. R., "Transition Formulas for Zero-Pole Modelling ", IEEE Trans. on A.S.S.P.. Vol . 32. 178-180. February 1984.
- [4] LEE. Y. C. and PARKER, S. R., "On the Identification of Systems from Data Measurements Using ARMA Lattice Models". IEEE Trans. on A.S.S.P., Vol. A.S.S.P-34, No:4, pp. 824-828, August 1986.
- [5] GRIFFITHS, L. J., " A Continuously - Adaptive Filter Implemented as a Lattice Structures", Proc. of the 1977 IEEE Int. Conf. on A.S.S.P..pp. 87-90
- [6] GRIFFITHS, L. J., " An Adaptive Lattice Structures for Noise Cancelling Applications". Proc. of the 1978 IEEE Int. Conf. on A.S.S.P..pp. 87-90
- [7] GRIFFITHS. L. J., " Adaptive Structures for Multiple Input Noise Cancelling Applications". Proc. of the 1979 IEEE Int. Conf. on A.S.S.P.,pp. 925-928.
- [8] WIDROW, B.. " Adaptive Filters from Aspects of Network and Systems Theory". Edited by R. E. Kalman and N. DeClaris. Holl. Reinhat and Winston Inc.. 1970.

[9] WIDKOW. H. and olicis. "A<Inp(i)c Noise Cancelling Principles and Applications". Proc. of the IEEE. Vol. (1. No : 12. Dec. IV75.

[10] WHWOW. H and otlicrs. "Stationary a IKI Nonsinlonry Learning Characteristics of Ilic I.MS Adnptke Fikci", Proc. of the IFF.P.. Vol. fil. No:S. pp : 1151-1162. ARIHISI 1970.



Şabnu Özor. 1958 yılında Kn\scri'de doğdu. 1977-78 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi. Elektronik ve Habercisine hõliiniinc pirdi. 1982-81 ö^iclin yılında mc/.mı oldn 19H4 yılında Erciyos Üniversitesi. Mühcnrtislik Fakültesi. Elektronik Bölününde Araştırma Görevlisi

olarak başladı. 1985 yılında t.T.Ü. Yabancı Diller Okulunda 1 yıl İngilizce öğrenimi yaptıktan sonra. Yüksek Lisans öğrenimini İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elektronik ve Haberleşme programıyla tamamladı 1988 yılında Erciyos Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elektronik Anabilim Dalı'nda l>oktora öğrenimine başladı. Halen aynı üniversitede Devreler ve Sistemler ABD. da öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Çalıştığı konular ; sayısal işaret işleme ve modellerle ilgili uygulamalıdır.



M. Kemal Kıymık, 1959da Gaziantep'te doğdu. 19X* de E. Ü. Mühendislik Fakültesinden Elektronik Lisans. 1986 ODTÜ den yüksek lisans ve 1989 (1. Eİ). de Elektronik doktora tamamladı. Halen E. Ü. Devreler ve Sistemler ABD), da öğretim üyesi olarak çalışmaktadır İlgili alan işaret işlemeyle ilişkin konulardır.

OTOMATİK UÇUŞ KONTROL SİSTEMLERİNDE YATAY SINIR AĞLARI

Şeref Naci ENGİN, Galip CANSEVER, Ö. Faruk ÖZGÜVEN

*Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi
80750 Yıldız-İSTANBUL*

ÖZET:

Yapay sinir ağları konusu son yıllarla giderek artan bir şekilde hem üniversite araştırma laboratuvarlarında , hem ticari pazarda kullanma alanı bulmaktadır. Bilgisayar bilimlerinde, nöropsikolojide , otomatik kontrolde , haberleşmede , fizik, kimya, fizyoloji ve diğer birçok sahada bu konuyla ilgili yeni buluşlar ve araştırmalar birbirini takip etmektedir.

Yapay sinir ağları yeni veri-işleme örnekleri ile " hesabı çok güç ve iyi izaha muhtaç " birçok probleme çözüm sunmalarıyla büyük bir gelecek vaat etmektedirler. Mevcut bilgisayarların yeteneklerini geliştirmede kullanılan yapay zeka gibi ileri teknikler insan nedenlendirmede işlemlerini yazılım seviyesinde taklit etmeye çalışırken ; yapay sinir ağları, kendisini oluşturan her bir nöronun geniş bir enterekte ağ oluşturması halinde insan beyninin işleme yeteneklerini donanım seviyesinde taklit etme yöntemidir. Otomatik Uçuş Kontrol Sistemlerinin dizaynında, yapay sinir ağları teknikleri kullanılarak bu kontrol sistemlerinin kabiliyetleri geliştirilebilir.

Hemen bütün geri beslemeli otomatik kontrol sistemleri durumu teşhis ve tayin , hareket hedeflerinin tanımlanması , optimum veya kabul edilebilir çözümler üretilmesi, karar oluşturma , planlama ve nihayet, hareketi yapma ve monitörleme fonksiyonlarını gerektirir.

Bir kontrol probleminin elimizdeki bilgisayarlarla (PC'lerle) çözümü için bir algoritma , bir prosedür ve bir takım kurallar geliştirmek ve bunları yazılıma yani bir komutlar dizisine dönüştürmek zorunluluğu vardır. Bu komutlar bilgisayar tarafından sırasıyla icra edilecektir.

Halbuki, yapay sinir ağları programlanmaz , aynen biyolojik örnekleri olan beyin gibi eğitilir, öğretilir. Bu , işlemci elemanları arasındaki bağlantı yoğunluğunu değiştirmek ve yapısal bağlantılar üretmek veya ortadan

kaldırmak suretiyle yapılır. Böylece, bir yapay sinir ağının "bilgi"si topolojisinde ve bağlantılarının yoğunluğunda yani işlemci elemanları arasındaki ağırlıklarının kuvvetinde yatar.

GİRİŞ:

Günümü/, toplununum arlan teknolojik talepleri, kontrol sistem problemlerine yeni yaklaşımlar gerektirmektedir. Bunlardan yapay sinir ağları yüksek derecedeki paralellikleri ve öğrenme (eğitilme) yetenekleri ile bazı kontrol problemlerine daha iyi çözümler sunarlar.

Sinir ağları, çok karmaşık davranışları olan sistemler için bir çözüm potansiyeline sahiptir. Birçok enlerkonekte (karşılıklı bağlanmış), basit, doğrusal olmayan sistemlerden oluşan yapay sinir ağları sigmoid fonksiyonuyla modellenir. Çoğu teknolojik buluş ve yöntemin çıkışında olduğu gibi bunda da canlı organizmalar örnek alınmış ve insan beynini oluşturan basit nöronların çok sayıda karşılıklı bağlantılar yoluyla öğrenme ve karar verme gibi yetenekleri taklit edilmiştir. Bu yüzden orijinal örnekleri olan biyolojik sinir ağlarını hatırlatması için "yapay sinir ağları (YSA)" ve "bağlantılı modeller" terimleri kullanılır.

Bir sinir ağında , düğüm veya nöronlar olarak adlandırılan basit doğrusal olmayan elemanlar karşılıklı bağlantılıdır ve bu karşılıklı bağlantıların kuvvetleri ağırlık parametreleri ile belirlenir(1). Bu ağırlıklar , performansı artırmak için ele alınan işe bağlı olarak ayarlanır. Ağırlıklar iki yolla yeni değerlere tayin edilirler : Bu değerler , ya bazı önceden tanımlanmış offline algoritmalar yoluyla belirlenirler (işlem sırasında sabit kalarak) ya da bir öğrenme işlemi vasıtasıyla ayarlanırlar. Öğrenme . önce bu ağırlıkları adım adım ayarlamak (tipik olarak bazı ilgili fonksiyonları en aza indirmek için) ve daha sonra elde edilen en iyi değerleri karşılıklı bağlantıların gerçek kuvveti olarak depolamak

suretiyle sağlanır. Karşılıklı bağlantılar ve bunların kuvvetleri , bir öğrenme işleminde gerekli olan hafızayı meydana getirirler.

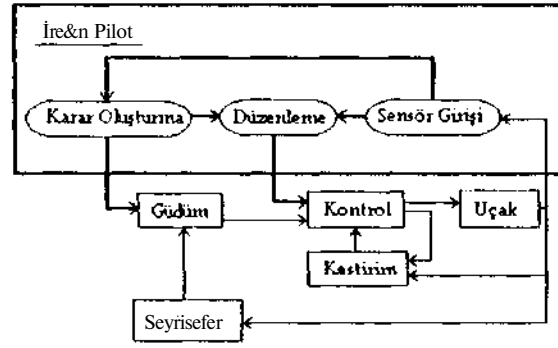
Öğrenme yeteneği sinir ağlarını cazip kılan temel üstünlüklerden biridir. Ayrıca komutların ardışık icra edildiği klasik sayısal bilgisayarların (von Neumann makinaları) aksine , onlar, yoğun paralel işleme yeteneğine sahiptirler. Sinir ağlarının başka bir üstünlüğü de sisteme önemli bir arıza toleransı kazandırmasıdır; zira birkaç bağlantının hasar görmesi, genel performansta önemli bir zayıflamaya yol açmaz. Sağlanacak faydalar çok sayıda düğümün kullanılması halinde daha fazla olacaktır. Sinir ağlarının donanımına sokulması halen son derece cazip bir araştırma sahasıdır.

Kontrol Teknolojisi ve Gerekli oldukleri

Kontrol sistemlerinde YSA'nın kullanılması, kontrol edilecek sistemlerdeki yeniliklere cevap verebilecek kontrol metodlarının gelişmesinde beklenen bir adımdır. Zira kontrol teknolojisinin gelişim safhalarına bakacak olursak üç ana sebebin belirleyici faktör olduğunu görürüz: **Gittikçe** karmaşık hale gelen sistemlerle çalışma ihtiyacı , bununla birlikte gelen yeni tasarım değişikliklerini gerçekleştirme ihtiyacı ve bu şartları , kontrol edilecek sistem ve çevresi ile ilgili fazla hassas olmayan bilgilerle elde etme ihtiyacıdır. Bu ihtiyaç , arlan belirsizlik şartları altında kontrol etme zorunludur. Günümüzde, daha iyi kontrol etme ihtiyacı , önemli belirsizlikleri olan karmaşık dinamik sistemler için klasik kontrol metodlarının yeniden değerlendirilmesini gerektirmekle ve yeni yöntemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca daha genel kontrol kavramları gündeme gelmiştir. Bunlardan birisi , yüksek derecede sistem otonomisi arzu edilen yerlerde gerekecek, yüksek seviyeli karar oluşturma , planlama ve öğrenme yeteneklerine sahip olan YSA olacaktır (4).

Uçak Uçuş Kaliteleri ve Uçuş Kontrolü

Bir uçak, görevini (misyonusunu) yerine getirmek için güdüm , seyrüsefer ve kontrol aletlerini gerektirir. Şekil 1'de sunulduğu gibi bir insan pilot,



Şekil 1 Güdüm, Seyrüsefer ve Kontrolün Yapısı

uçakla çeşitli seviyelerde irtibat kurar ve fonksiyonları elektrömekanik teçhizatla desteklenir.

Pilot, üç belirgin fonksiyon icra eder: Algılama, düzenleme ve karar oluşturma. Bu fonksiyonlar muhtelif insan karakteristiklerini devreye sokar: Görme ve hissetme yeteneği , arzu edilen durumla o anki (gerçek) durum arasındaki farkı teşhis etme ve doğrulama yeteneği ve akabinde ne yapılacağına karar verme yeteneğidir. Bunlardan ilki vücut sensörlerine ve bunları beyne bağlayan sinir sistemine (ağına) dayanır, ikincisi, uyarımlarla islenen hareketler arasında ilişki kurmayı öğrenmiş nöro-masküler (sinir-kas) sisteminin aktivasyonu ile icra edilen motor fonksiyonlarına dayanır. Üçüncüsü, yani karar verme ise, beynin derin hafızasından önemli yöntem ve verileri çağrışımla şekillendirerek yapılacak hareketin sebepleri hakkında daha formal ve iç gözlemlenir (ımtakabekli) düşüncelere dayanır. Derin düşünce için kısa zamana izin veren algılama ve düzenleme yüksek band genişlikli işlemlerdir. Konsantrasyon gerektiren karar-oluşturma bir alçak-band genişlikli işlemdir. Bu işlemlerin herbiri pilota ağır bir iş yükü getirir.

Pilot iş yükü, sistem karmaşıklığı arttıkça ve bütün uçuş zarfı çerçevesinde yüksek uçuş kalitesi bir zorunluk haline geldikçe, kritik bir hal almaktadır. Özellikle istenmeyen yahut beklenmeyen durumlarda, pilota bu durumların üstesinden gelmek için zaman kazandırmak maksadıyla yüksek band genişlikli otomatik fonksiyonların icra edilmesine olan ihtiyacın azaltılması istenir. Gelecekte, insan pilotları tehlikeli görevlerden korumak amacıyla uzaktan işletimli veya otonom sistemler geniş bir uygulama alan bulacaklardır.

Bütün bu gelişmeler,

- * uçağı , uçuş ve görevi yerine gelirmede insan pilota daha a/, bağımlı kılmak,
- * uçağın görev yeteneğini geliştirmek,
- * tecrübeye dayalı (iğrenmeyle performansı arttırmak,
- * uçuş güvenilirlik ve emniyetini arttırmak,
- * düşük maliyet ve ağırlıklı uçak sistemleri elde etmek amacıyla uçak kontrolünün insanı neredeyse büUinüy'e taklit edebileek sistemlerle (akıllı kontrolle) gerçekleştirileceğine işaet etmektedir

Sinir Ağlan Temelli Kontrol Sistemleri

YSA; kontrol, kestirim. sistem tanıma ve İl/iki model İçmede, yukarıda sözü edilen özelliklerinden dolayı kullanım alanı bulur.

Şekil 2 'de tek giriş / tek çıkışlı basit iki ileli beslemeli YSA verilmiştir.

Şekil 2'deki her daire keyfi, skalar, doğrusal olmayan toplayıcı bir fonksiyonu temsil ederler. Bir gizli katmanlı dört düğümden ve bunlara paralel bir birim eşik elemanından oluşan bu YSA 'nın (Ş. 2a) çıkışı seriler şeklinde yazılabilir:

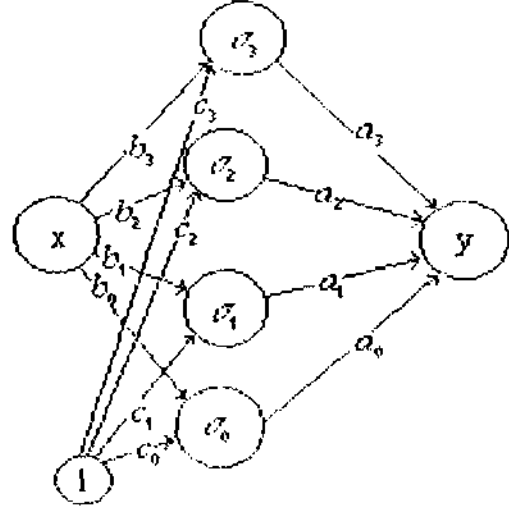
$$y = a_0 a_1 b_1 \left(\frac{1}{1 + c_0} \right) + \left(\frac{1}{1 + a_1} \right) \left(\frac{1}{1 + c_1} \right) + \left(\frac{1}{1 + c_2} \right) i \left(\frac{1}{1 + c_3} \right) v + e_2$$

Bu denklem paralel ve seri işlemin denk olabileceğini gösterir. Bağlanlılardaki a,b,e ağırlıkları bağımsız/, büyüklükler değildir. Buradan, birden fazla sayıda ağırlıklar kümesi x ve. y arasında aynı fonksiyonel ilişkiyi verebilir sonucu çıkar. Farklı noktalardan başlayan eğilme dönemleri, aynı çıkışları üreten farklı ağırlık(lar) kümeleri verebilir. Bu basit örnek ayrıca, yapılanmamış ileli beslemeli ağırlık kompakt desteğe sahip olmayabileceğine de işaret eder (yani ağırlıkları global etkilere sahip olabilir - eğer leinel fonksiyonları argümanlarının büyük büyüklükleri için ortadan kaybolmuyorsa -). YSA genellikle sigmoid fonksiyonları ile modellenir.

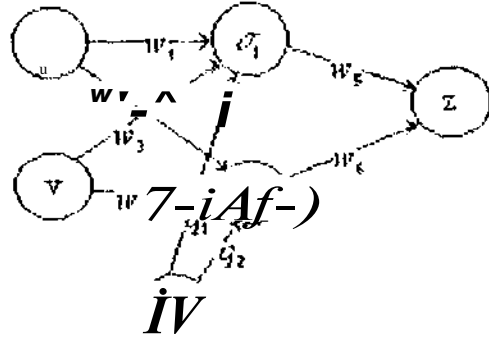
Sigmoid bir doyma fonksiyonudur:

$$a(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad \text{Çıkış } (0,1) \text{ arasında}$$

$$o(t) = \frac{1 - e^{-t}}{1 + e^{-t}} = \tanh \left(\frac{t}{2} \right) \quad \text{çıkış } (-1,1) \text{ arasında}$$



a) Tek Giriş-Tek Çıkışlı Ağ



b) Çift Giriş-Tek Çıkışlı Ağ

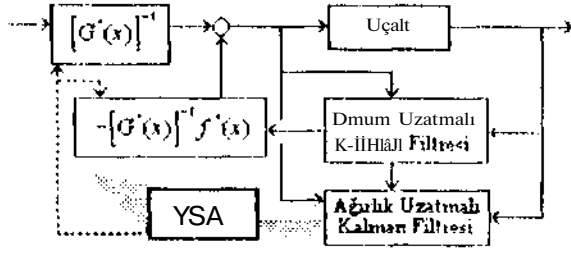
Şekil 2. İki İki-İli İU-slaneli Sinir Ağı

Kontrol uygulamalarında YSA kazanç ayarlaması ve doğrusal olmayan kontrole benzer fonksiyonlar icra eder. Örneğin, şekil 2b 'deki basit iki girişli ağı ele alalım. Birim ağırlıklı bir tek sigmoidin skalar çıkışı ve türevi şekil 3 'le verilmiştir. Giriş değişkenlerinden u. hızlı ve v, yavaş değişkenler ise girişlerde ve eşikteki ağırlıkları uygun seçerek, bir bölgede yaklaşık doğrusal; başka bir bölgede doğrusal olmayan (bir büküm noktasıyla) bir kazanç ayarlaması yapılabilir. Eğer hem u , hem v hızlı değişkense, sigmoid bunların doğrusal olmayan

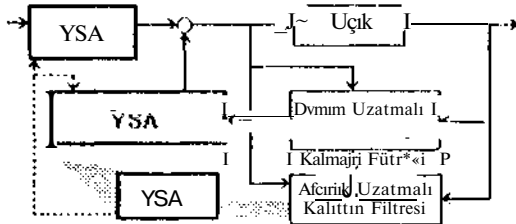
Üst düzey kontrol fonksiyonları, bilinçli ve ön bilinçli düşüncelerle birleştirilir ve bilinçli, sinirsel ve refleks benzeri aktivite yoluyla daha açık

ağları geliştirilmiştir. Akıllı kontrolde, uzman sistemler karar oluşturmayı daha etkin organize ederler: stokastik denetleyiciler kestirir ve kontrolü optimize ederler; ve sinir ağları (YSA) ise hızlı, lineer olmayan giriş çıkış fonksiyonları sağlarlar.

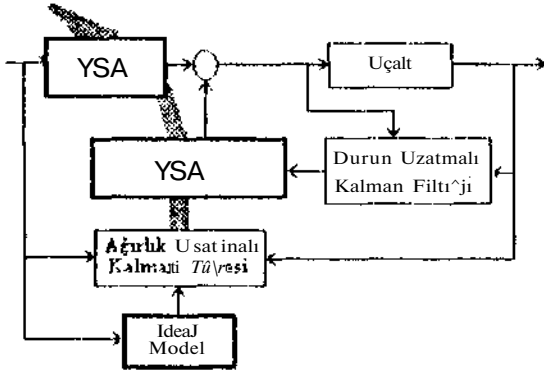
Çeşitli seviyelerdeki birçok fonksiyon sinir ağlarıyla uygulanabilir. Klasik ardışık işlemcilerin kullanılması her zaman gerekli değilken, hatta istenmezken, yazılı ve işlem suali, fonksiyonların sinir ağları olarak şekillendirilmesi, geleceğin yoğun paralel işlemcilerinin yeni algoritmalarının geliştirilmesinde büyük faydaları olabilir. Bu da özellikle lineer olmayan modellerinin kurulması çok uzun işlemler gerektiren uçakların uçuş kontrolünde YSA'nın büyük gelecek vaatlediğinin bir göstergesidir.



a) Modelleme ve Adaptasyon İçin Sinir Ağları



b) Modelleme, Adaptasyon ve Kontrol için YSA



c) Sadece Kontrol İçin YSA'lar

Şekil 4. YSA'ların Kullanıldığı Kontrol Yapıları

seviyeli sistemlere aktarılırlar. İnsan idrak ve biyolojisi ayrıca sadece çalışmaya sırasında değil, aktivite periyotları arasında da öğrenme ve adaptasyonu için modeller teklif eder.

Bu üç kavramsal/biyolojik örnek temel alınarak, insan sistemler, stokastik denetleyiciler ve sinir

Referanslar

- (1) CAUDILL, Maureen & BUTLER Charles, "Understanding Neural Networks: Computer Explorations", MIT Press, 1992
- (2) ANTSAKLIS, P.J., "Neural Networks in Control Systems" IRFHCSM April 1990
- (3) STUFVENS, B.L., LFWIS, F.L. "Aircraft Control and Simulation", J.W. Publication, 1992
- (4) WILLS, Gordon "An Introduction to Neural Networks" Summer Seminars on Intelligent Control, London, 1992
- (5) STUNGFL, R.F., "Intelligent Flight Control Systems" IMA Conference on Aerospace Vehicle Dynamics and Control, 1992
- (6) BERKNER, Ilanid "Fuzzy Logic And Neural Networks" IFFIZ Education Series Notes, 1992



Şeref Naci ENGİN,

15.08.1964 'de Erzurum'da doğdu. Yıldız Üniversitesi Müh. Fak. Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden 1985, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Yüksek Lisans Programından PKK 'de mezun oldu. Kasım 1991 - Kasım 1992 arasında İspanya'da SSM - CASA Uçak Projesi "U"

katıldı. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Müh. Bölümü'nde Araklımın Görevlisi olarak çalışan Şeref Naci Fıjın aynı üniversitenin İleri Bilimleri Enstitüsü'nde Doktora programına devam etmektedir. İlgilendiği bilim.scl konular Aviyonik, Otomatik Uçuş Kontrol Sistemleri, Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Lojik Kontrol'dür.



Galip CANSEVER,

16.05.1952 'de Adapazarı 'uda doğdu. İ.D.M.M.A. 'dan 1976 'da Fik.Müh., 197X 'de de Yük.Blk. Müh. olarak mezun oldu. 19X4 'de Yıldız Üniversitesi 'nden Doktor unvanını aldı. Halen Y.T.Ü.

Elektrik - Elektronik Fakültesi Fik.Müh. Bölümü 'nde Doç.Dr. olarak görev yapmaktadır. İlgilendiği çalışına alanları şunlardır: Sistem Proses Kontrol , Fuzzy Lojik Kontrol , PLC ler , Bioelektronik, Yapay Sinir Ağları , Modelleme ve Simülasyon.



J. Faruk ÖZGÜVEN,

1955 yılında Malatya 'da doğdu." 19X5 yılında Y.Ü. Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü 'nü bildirdi. 1987 'de Yük. Müh. unvanını aldı.Aynı yıl Y.Ü. Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü

'nde Ar. (İTH. olarak göreve başladı. 19SS 'den itibaren Y.Ü.'nde İ.Ö. konularına çalışması yapmaktadır, ilgilendiği konular: Kontrol sistemleri, Mikroişlemciler ve Fuzzy Kontrol.

Bilgilendirme

Bu çalışına Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 92-B-(M-())2-(I) no.lu proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

Metnin ve çizimlerin hazırlanmasında Ar.Ör. Şenol Alkan.Ar.Gör. M.Sinan Yardım ve Ar.Gör. Vasfi İnan Ömürlü 'nin değerli katkıları olmuştur.

KONTROL SİSTEMLERİNDE BULANIK LOJİK : BULANIK LOJİK DENETLEYİCİ*

**Galip CAN S EV ER , Ö.Faruk ÖZGÜVEN,
Murat UZAM , Şeref Naci ENGİN**

**Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik - Elektronik Fak.
80750 Yıldız - Beşiktaş İSTANBUL**

ÖZET:

Geçtiğimiz birkaç yıl boyunca bulanık kontrol; bilgi eksikliğinden dolayı geleneksel inetodlarla kontrol edilemeyen endüstriyel işlemlerle ilgili sahada .bulanık küme teorisi (Fuzzy Set lheniy) uygulamalarıyla araştırma için en aktif ve verimli alanlardan biri olarak ortaya çıkmıştır. **Bulanık kontrol, insan düşüncesini ve doğal dili geleneksel lojik sistemlerden daha iyi bir şekilde canlandıran bulanık lojik temelinde dayanmaktadır. Bulanık lojik denetleyici (Fuzzy Logic Controller-FLC) uzman bilgiye dayalı bir sözel kontrol stratejisinden , otomatik kontrol stratejisine dönüşüme vasıta olan bulanık lojik temelinde dayanır. FLC ile ilgili araştırmalara gözatılırsa FLC'nin yapısı ve performansı ile ilgili genel bir metodun tanımlanmış olduğu görülür. Hali hazırda FLC ile ilgili üzerinde durulan problemler şunlardır : Bulanıklığın tanımlanması , bulanıklığın nedensellik mekanizmasının analizi, veri tabanı ve bulanık kontrol kurallarının açıklanması , bulanıklaştırma (Fuzzification) ve netleştirme (Defuzzification) stratejilerinin müzakeresidir.**

1.GİRİŞ

Gencide kontrol algoritmalarınınla sistemin matematiksel olarak modellenmesi gerekir. Fakat ha/cn sistemin modellenmesi mümkün olmayabilir. Bu durumda bazı kontrol algoritmalarını böyle karışık sistemlere uygulamak mümkün olmayacaktır. Bulanık Lojik Kontrol uygulanırken sistemin modellenmesi şart değildir. Bu kontrol metodunda

***Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 92-B-04-02-01 notu proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.**

sistem hakkında bilgi sahibi olan uzman bir kişiye ihtiyaç vardır. Uzman kişi sislerni kontrol ederken alışa geldiği bir lakını kuralları uygular. Bu kural dizisi sözel ifadelerden oluşmuştur. Bu ifadeler bilgisayara transfer edilirse uzman kişiye ihtiyaç kalmayacaktır. Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel Bulanık Kümeler Teorisi ve buna dayanan Bulanık Lojiktir. Bulanık Lojik alışageldiğimiz klasik lojik gibi iki seviyeli değil çok seviyeli işlemleri ifade eder.

Bu konu ilk defa L. A. ZADEH tarafından 1965 yılında yazılan bir makalede sunulmuştur. Daha sonra MAMDANI , GUPTA ve SUGENÜ gibi diğer bilim adamları bu konuda araştırma ve uygulamalar yapmışlardır. Son yıllarda Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Lojik bir arada kullanılarak konunun kapasami genişletilmiştir.

Bu konunun matematiğini anlatan bir çok kitaplar yazılmıştır ve geniş bir alanı tarar. Biz Bu bildiride sadece kontrol bölümü ile ilgili olan matematiksel ifadelerden bahsedeceğiz. Önce Bulanık Kümeler Teorisi ve Bulanık Lojik kısa olarak anlatılacak ve son olarak bu kontrol algoritmasıyla ilgili bir simülasyon sonuçları verilecektir.

2.BULANIK KÜMELER TEORİSİ

Bir E evrensel kümesi;

$$E=\{x_1,x_2,x_3,x_4\} \text{ olsun.}$$

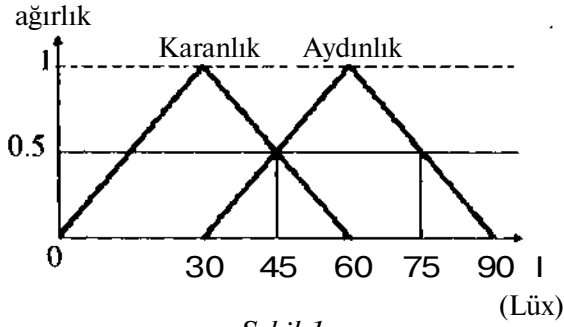
Bu kümenin alt kümesi

$$A= 0.1/x_1 + ().5/x_2 + ().7/x_3 + 0/x_4 \text{ 'dir.}$$

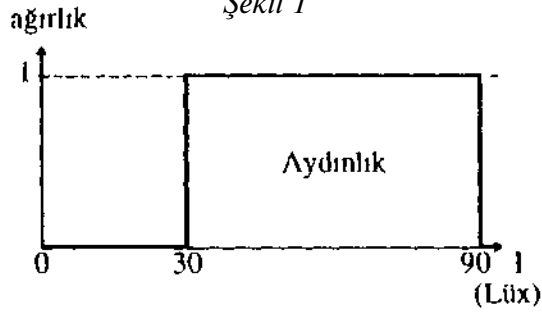
Bu küme sadece ağırlıklarıyla gösterilebilir.

$$f_A(x)=\{0.1,0.5,0.7,0\}$$

ifadesine A kümesinin üyelik fonksiyonu denir.



Şekil 1



Şekil 2

Bir evrensel kümenin alt kümesinin üyelik fonksiyonunu (Şekil 1) grafik olarak ifade edebiliriz. Bu grafikte ışık şiddeti 0 ile 90 Lüx arasında değişmektedir. Bu iki değer arasındaki her ışık şiddeti evrensel kümenin elemanı olmaktadır, dolayısıyla evrensel kümenin elemanları 0-90 Lüx arasıdır. Bu aralıktaki her ışık şiddetinin bir üyelik ağırlığı mevcuttur. Grafikte 30 - 90 Lüx arası her değer için 0 olmayan bir ağırlığı vardır. Bu eğriye "Aydınlık" üyelik fonksiyonu denir ve ortamın ışık şiddeti hakkında bilgi verir. Bu ifade ;

$$\text{Aydınlık} = \begin{cases} \mu_1 \cdot I + \mu_2 & 30 < I < 60 \\ \mu_2 \cdot I + \mu_1 & 60 < I < 90 \end{cases}$$

şeklinde gösterilebilir. Yukarıdaki örnekle 60 Lüx tam aydınlık kabul edilmiştir. Çünkü üyelik ağırlığı 1'e eşittir. 45 veya 75 Lüx ışık şiddetinin üyelik ağırlığı 0.5'tir. Yani bu kıyaslamaya göre bu iki değer aydınlık olma ağırlıkları 0.5 oranındadır. 45 Lüx tam aydınlıktan biraz daha az, ve 75 Lüx tam aydınlıktan biraz daha fazladır. Böylece ortamın aydınlığı hakkında kıyaslama yapılmış olur. Şekil 2'de bu kıyaslama mevcut değildir. Çünkü 30 - 90 Lüx arası üyelik ağırlığı 1'e eşittir. Bu iki değer arasında ortam tam aydınlık sayılır. 30 - 90 Lüx dışında üyelik ağırlığı sıfırdır. Ortam karanlık sayılır. Yani bu üyelik fonksiyonu kes-

kin kümeyi ifade eder. Şekil 1'e istenilirse ikinci bir üyelik fonksiyonu eklenebilir. Burada "Karanlık" üyelik fonksiyonu olarak çizilmiştir. Bu eğrileri çizmek kişinin yorumuna güredir.

2. BULANIK KÜMELERLE İLGİLİ BAZI İFADELER

A ve B, E evrensel kümesinin iki alt kümesi olsun. Buna göre;

a) Birleşme Özelliği (OR İşlemi)

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

b) Kesişim Özelliği (AND İşlemi)

$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

c) Değilleme Özelliği (NOT İşlemi)

$$\sim \mu_A = 1 - \mu_A$$

d) Bulanık Bağını

$$E_1 = \{x_1, x_2\} \text{ ve } E_2 = \{y_1, y_2\}$$

$$E_1 \times E_2 = \{(x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_2, y_1), (x_2, y_2)\}$$

Bu ifade bulanık grafitir. Ağırlıkları ile beraber ;

$$G = 0.1/x_1, y_1 + 0.2/x_1, y_2 + 1/x_2, y_1 + 0.7/x_2, y_2$$

ifadesi "Bulanık Bağını" dır. Bu bağının üyelik fonksiyonu

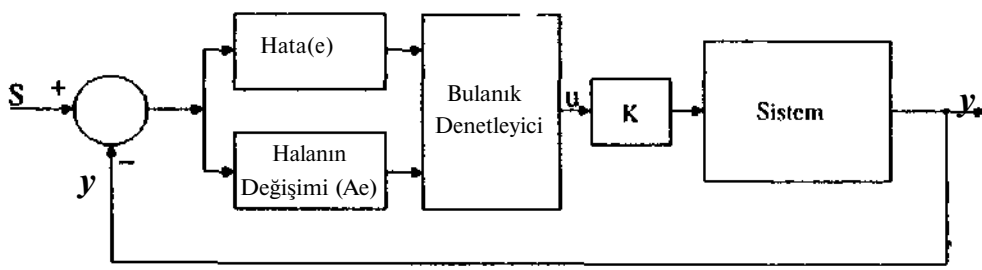
$$f_{R}(x, y) = \{0.1, 0.2, 1, 0.7\}'dir.$$

e) İki Bulanık Bağının Birleşimi

$R_1 \rightarrow X$ ve Y , $R_2 \rightarrow Y$ ve Z arasında bağını olsun. X ve Z arasındaki bağını ;

$$H_{R_1 \circ R_2}(x) = \text{MAXIMIN}\{H_{B_1}(x, y), M_m(x, y)\}$$

f) Bulanık Bağından Başka Bir Üyelik Fonksiyonuna Geçiş



Şekil 3

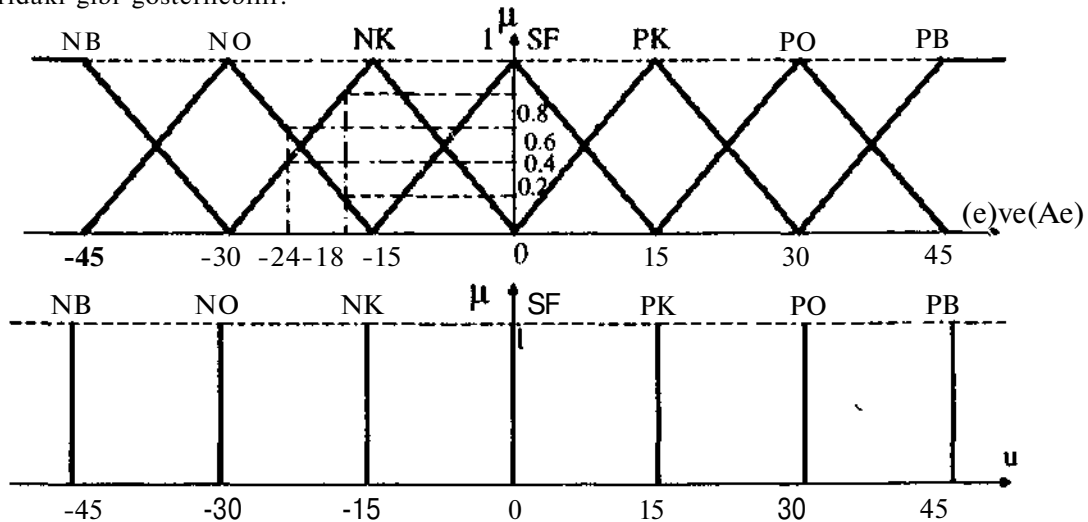
$x \in E_1$, $y \in E_2$ olsun; x ve y arasındaki bulanık bağıntı $[X_B(y \text{ II } x)]$, ayrıca $A \in E_1$, $B \in E_2$ ise

$$m(y) = \text{MAX} [\text{MIN} \{ \mu_B(y \text{ II } x), \mu_A(x) \}] \text{ olur.}$$

g) Bulanık Bağıntının IF - THEN ile İfadesi;

$E_1 \backslash E_2$	y_1	y_2	y_3	
x_1	0	1	0	if $x = x_1$, then $y = y_2$
x_2	0	0	1	if $x = x_2$, then $y = y_3$
x_3	1	0	0	if $x = x_3$, then $y = y_1$
x_4	0	1	0	if $x = x_4$, then $y = y_2$

yukarıdaki gibi gösterilebilir.



Şekil 4

3. BULANIK KONTROL ALGORİTMASI

Şekil 3 bir sistemin Bulanık Denetleyici ile kontrolünü göstermektedir. Çıkıştan alınan geri besleme ile;

Hata(e) = İstenen konum(S) - O andaki konum (y)

Hat. Değ. (Ae) = Şimdiki hata(e) - Önceki hata(e)

değerleri elde edilir. Bu değerler Bulanık Denetle-

yicinin giriş değerleridir, (e) ve (Ae) değerleri iki ayrı evrensel kümeyi oluştururlar. Bu iki kümeye ait bulanık alt kümeler ve bunların üyelik fonksiyonları Şekil 4'teki gibidir. Şekildeki etiketler şöyledir; PB: Pozitif Büyük, PO: Pozitif orta, PK: Pozitif Küçük, SF: Sıfır, NK: Negatif Küçük, NO: Negatif Orta, NB: Negatif Büyük:

Üyelik fonksiyonları belirli bir anda hata(e_k) ve hatanın değişimi (Ae_k) değerine karşılık düşen iki ayrı üyelik ağırlığını belirlerler. Yine bu fonksiyonlar IF - THEN kurallarındaki şart bölümünü oluştururlar.

IF $e = \text{NB}$ AND $Ae = \text{PB}$ THEN $u = \text{NB}$
IF $e = \text{SF}$ AND $Ae = \text{SF}$ THEN $u = \text{SF}$

(e) ve (Ae) üyelik fonksiyonları üçgen şeklinde olabilir. Bu durum kontrolü gerçekleştiren kişinin tercihinin ve en iyi sonucu verecek şartlara göre dir. Aslında u çıkışı sisteme uygulanacak giriştir, u'ya ait üyelik fonksiyonunun neden dikey çizgi (singleton) şeklinde alındığı ilendeki kısımlarda izah edilmiştir.

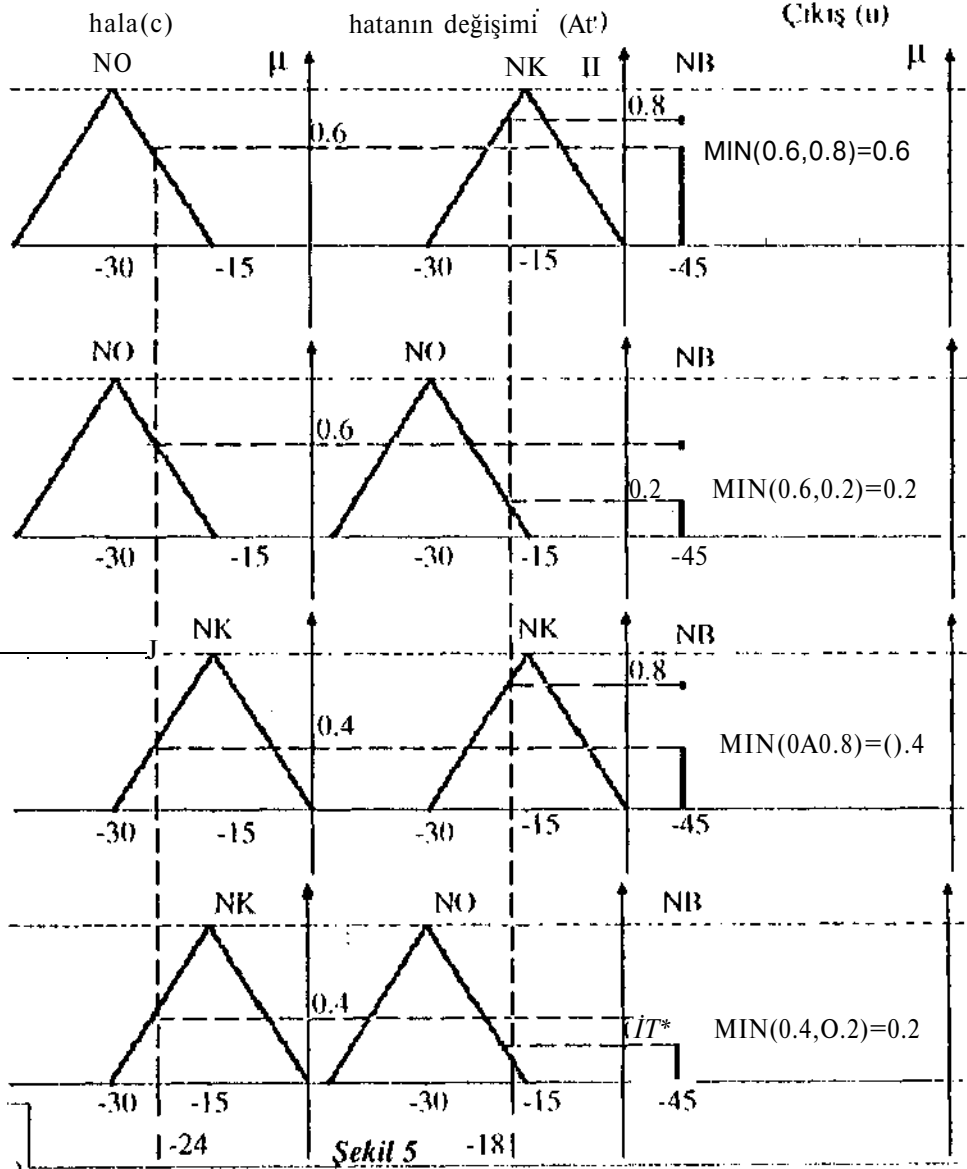
(e) ve (Ae) için ayrı ayrı yedi iane üyelik fonksiyonu okluğu için 49 iane kural yazılabilir. Daha önce belirtildiği gibi önemli olan bu kuallarm sistemi bilen ve konioluuy yapmış olan kişinin kuralları istenilen amaca göre çıkarmış olmasıdır. Tablo I "de bir servo motor için kuallar yazılmıştır, (e) ve (Ae) 'ye karşılık gelen tablodaki her kare, bir bulanık çıkış üyelik fonksiyonunun bir etiketini temsil eder.

Ae \ e	NR	NO	NK	SF	PK	PO	PB
PR	NR	PO	PR	PR	PR	PR	PR
PO	NR	+	PR	PR	PR	PR	vn
PK	NR	*	*	PK	PR	PR	PR
SF	NR	NR	NK	SF	PK	PR	PR
NK	Ni	NR	NR	NK	*	*	PR
NO	NR	NR	NR	NR	NR	+	PR
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	PR

Tablo I Ae

Rulanıklaştırma (ü./ilication) ve Nelleştine ((lefızzilicalion):
 $e = -24$ ve $Ae = -18$ için u çıkışını bulalım.

$e = -24$ için NO ve NR üyelik fonksiyonu bir ağırlığa sahiptir (Şekil 4). $c = -24$ için NO üyelik fonksiyonu ağırlığı $NO = 0.6/(-24)$ 'dir. NK için ağırlık $0.4/(-24)$ 'tür. Ben/er şekilde $Ae = -18$ için üyelik fonksiyonu NO ve NB'dir (Şekil 4). $NO = 0.2/(-18)$ ve $NK = 0.4/(-18)$ 'dir. Dolayısıyla e ve Ae arasında 4 kural oluşur (Şekil 5) ve çıkışla u için 4 sonuç mevcuttur. Şekil 5'le yapılan işleme bulanıklaştırma denir. Oysa h/e yalnız bir u değeri gereklidir, u değerini bulmak için aşağıdaki netleştirme formülü kullanılır.



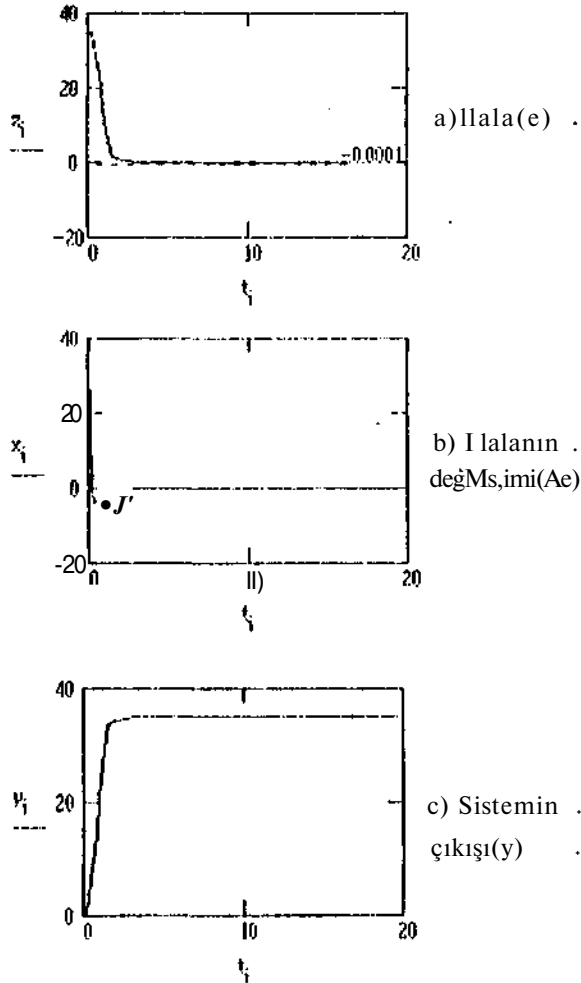
$$I = \frac{0.6 * (-45) + 0.2 * (-45) + 0.4 * (-45) + 0.2 * (-45)}{0.6 + 0.2 + 0.4 + 0.2} = -45 \text{ (Ağırlık merkezini bulma metodü)}$$

Hu hilelnde yapılan simülyasyon çalışmasında OMKON-r/. 3000 Fu/zy chip'i, I B -3 Fuz/y Logic C'ontrol kaili. (Juick Basic paket programı ve grafikleri çi/dirmek ivin de MCA!) lor Windows 3.0 paket programları kullanılmıştır.

Bir servomotor ivin önceden belirlenmiş olan Şekil 4 üyelik fonksiyonu ve kural dizisi olarak Tablo I kullanılmıştır. $(j(s)-1/s(s)-5)$ servo motorun transfer fonksiyonu olarak alınmıştır. T örnekleme periyodu ivin;

$$(1/z) = (1/5) \cdot (1 - e^{-st}) / (z^2 - z(1 - 1/v^w)) \approx e^{-tr}$$

olarak hesaplanmıştır. Buna göre örnekleme /amanı 20 sn, örnekleme. periyodu 0.2 sn ve islenen konum(S) olarak 35" olarak alınmış ve Şekil 6'da verilen grafikler elde edilmiştir.



Şekil 6

Kualitelerin ve üyelik fonksiyonlarının iyi bir şekilde sivilmesi sistem, islenen konuma ulaşırken oluşan aşırı salınımları belirli bir oramla önlenmiştir. Yazılan program ile transfer fonksiyonu bilinen bir sistemin bulanık kontrol ile simülyasyonu kolaylıkla gerçekleştirilebilir. L'gm üyeli fonksiyonu bilinmiyorsa aynı program kullanılarak deneysel olarak sistemin kontrol yapılabılır. FB - 3 bulanık kontrol kuralı kullanılarak bulanıklaştırma ve belleştirme işlemlerini hızlı attılmıştır. I B - 3 kuralını destekleyen yazılımın kullanılmasından dolayı kontrol programı daha da kısalmıştır.

REFERANSLAR

- [1] KAUFMANN, A. , " Introduction to The Theory of Fuzzy Subsets", Vol. I London (1975).
- [2] PI'DRYCZ, W.. " Fuzzy Control and Fuzzy Systems ", Englam, (1989).
- [3] Liaw, C.M., Wang, J., B. ." Design and Implementation of a Fuzzy Controller for a High Performance Induction Motor Drive ". IFFITrans. on Sys., Man and Cyber. . Vol. 21, No:4, pp. M21 - 929 July / Aug. IWI
- [4] Huang, L., Tomizuka, M.. " A Self-Paced fuzzy Tracking Controller for Two-Dimensional Motion Control", IFFITrans. on Sys., Man and Cyber. , Vol. 20, No:5 , pp. 1115-1124 , Sept. / Oct. 1990.
- [5] U, Y., F., Lau, C., C., " Development of Fuzzy Algorithms for Servo Systems ". IFFITrans. on Sys., Man and Cyber. , pp. 65-72, April 1989.
- [6] SUCIFN(), M., " A Survey of Fuzzy Logic Control", IFFITrans. on Sys., Man and Cyber. , Vol. 36, Iss. 1-2, 59 - X3 (1985).
- [6] LIU, C. C., " Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller Part 1 + Part 2 ", IFFITrans. on Sys., Man and Cyber., Vol. 20, No:2 . pp. 404 - 435 , March / April 1990.



Galip CANSEVER,
16.5.1952'de Adapa-
zarında doğdu. İ.D.M-
.M.A. 'dan 1976'da Elk.
Müh. ,1978'de de Yük.
Elk.Müh. olarak mezun
oldu. 1984'te Yıldız

Üniversitesi'nden Doktor unvanı
aldı. Halen Y.T.O. Elektrik Müh.
Bölümünde Doç. Dr. olarak görev
yapmaktadır.İlgilendiği çalışma
alanları şunlardır: Sistem Pro-
ses Kontrol, Fuzzy Lojik Kontrol,
PLC'ler, Bioelektronik ,Yapay
Sinir Ağları, Modelleme ve Simi-
lasyon.



Ö. Faruk ÖZGÜVEN,
1963 yılında Malat-
ya'da doğdu. 1985
yılında Y.Ü. Elektro-
nik ve Haberleşme Müh.
Bölümü'nü bitirdi.
1987'de Yük. Müh.
unvanı aldı. Aynı yıl

Y,Ü. Elektronik ve Hab. Müll.
Bölümünde Ar. Gör. olarak göreve
başladı. 1988'den beri Y.O.'de
doktora çalışması yapmaktadır.-
İlgilendiği konular: Kontrol
sistemleri, mikrodenetleyiciler
ve Fuzzy Kontrol.



Murat UZAM,
01.05.1968 de Söke'-
de doğdu. Yıldız Üni-
versitesi Elektrik
Müh. Bölümünden 1989
'da, Fen Bil. Ens.
Yüksek Lisans Prog-
ramı Elektrik Bölümünden 1991
' de mezun oldu. Halen Yıldız
Ünv. Fen Bil. Ens. Doktora Prog-
ramında tez aşamasındadır. Ayrıca
1990 Şubat ayından beri Yıldız
Teknik Üniversitesi Elektrik
Bölümünde Araştırma Görevlisi ola-
rak çalışmaktadır. İlgilendiği
çalışma alanları şunlardır: Kont-

rol Sistemleri, PLC'l^r ,Yapay
Sinir Ağları, Fuzzy Lojik Kont-
rol .



Şeref Naci ENGİN,
15.08.1964 'de Erzu-
rum'da doğdu. Yıldız
Üniversitesi Müh.
Fak. Elektrik Mühen-
disliği Bölümü'nden
1985, Fen Bilimleri
Enstitüsü Elektrik Müh. Yüksek
Lisans Programından 1988 'de mezun
oldu. Kasım 1991 - Kasım 1992
arasında İspanya 'da SSM - CASA
Uçak Projesi 'ne katıldı. Halen
Yıldız Teknik Üniversitesi Elekt-
rik-Elektronik Fakültesi., Elekt-
rik Müh. Bölümü 'nde araştırma
görevlisi olarak çalışmaktadır.
İlgilendiği bilimsel konular
Aviyonik, Otomatik Uçuş Kontrol
Sistemleri, Yapay Sinir Ağları ve
Bulanık Lojik Kontrolüdür.