

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

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

f^jyf"ki"T"

 **aziantepi**



TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası
Gaziantep Şubesi

Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

25. YIL

TİFHTTA U
I U m i A J I

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 İçersinde 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 inancını taşıyoruz.

Kongremizin sponsor kuruluşlarına, Elektrobil'99 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 sunuyoruz.

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

ENDÜSTRİYEL ÜRETİM PROSESİNDE MİKROKONTROLÖR TABANLI VERİ TOPLAMA / ARIZA İZLEME İŞLEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

*Ayhan ÖZDEMİR

*M. Server FIRAT

**Yavuz S. ANAT

*SAÜ. Mühendislik. Fak. Elektrik- Elektronik Müh. Böl. - Esentepe Kampusu/Adapazarı

**Mikrosis Otomasyon ve Kontrol Şist. San ve Tic. Ltd. Şti. Çark Cad./Adapazarı

telf: +90.264.3460353-2742535 e-mail: sfrat@esentepe.sau.edu.tr

ABSTRACT

in this study A microcontroler based system, was designed. One aim is to collect data from the system and the other is tracking faults of machine in the first section of the study the control structure and the process was introduced. in the second section the hardware and components was briefly explained.

1.GİRİŞ

Endüstriyel tesislerde üretimin sürekliliği ile mamul maddenin kalitesi ve sistemin verimliliği için, personel ve arıza takibinin iyi organize edilip bilgilerin sağlıklı bir şekilde saklanması gerekmektedir. Özellikle işverenin çalışma temposunu bizzat üretim sırasında izlemesinin mümkün olmadığı durumlarda, arıza, üretime ara verme, enerji kesilmesi, makinelerin günlük haftalık ve aylık çalışma süreleri gibi bilgilerin sürekli olarak kayıt ortamında saklanıp istendiğinde analiz edilebilmesi iyi bir otomasyon sistemi ile mümkündür. Buna benzer uygulamalar endüstrinin değişik sektörlerinde klasik metodlarla uygulanmaktadır. Klasik metodlarla gerçekleştirilen veri toplama uygulamalarında, çoğu kez, bilgiler kayıt ortamına personel aracılığı ile girilmektedir. Üretim otomasyonu ve verimlilik analizi ile uğraşan endüstri ve üretim mühendisleri, bilginin kaydedilmesinden çok veri tabanı oluşturulması ve analiz edilmesi ile ilgilenmektedirler.

Geliştirilen "Brode makinesi otomasyon sistemi (BOS)" inde, üretim sırasında brode makinelerindeki arıza ve çalışma performansı ile ilgili bilgiler sensörler ile izlenerek mikrokontrolör yardımı ile makinelerin çalışmaları sırasında meydana gelecek arıza durumunda operatör paneline ikaz işareti gönderilmektedir. Bellekteki her vardiyeye ait bilginin bir ay süre ile saklanması sağlanmakta olup, istendiğinde mikrokontrolöre bağlanacak bir kişisel bilgisayar ile de sistemin çalışması ile ilgili bilgilerin aynı anda detaylı olarak izlenmesi ve verimlilik analizi gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmanın ilk kısmında, geliştirilen "Brode makinesi Otomasyon Sistemi (BOS/)inin genel proses yapısı ve kontrol şemaları tanıtıldıktan sonra ikinci bölümde,

donanım yapısı ve kullanılan komponentler hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

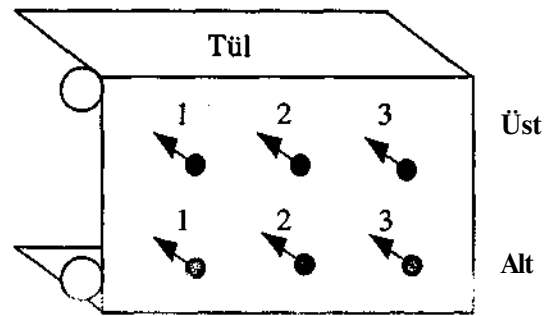
Bu çalışmada tanıtılan otomasyon sistemi (BOS).üretim yapmakta olan bir brode fabrikasında uygulanmış, deneme aşamasından başarılı sonuçlar elde edilmiş ve halen çalışmaktadır

2.ÜRETİM SİSTEMİ

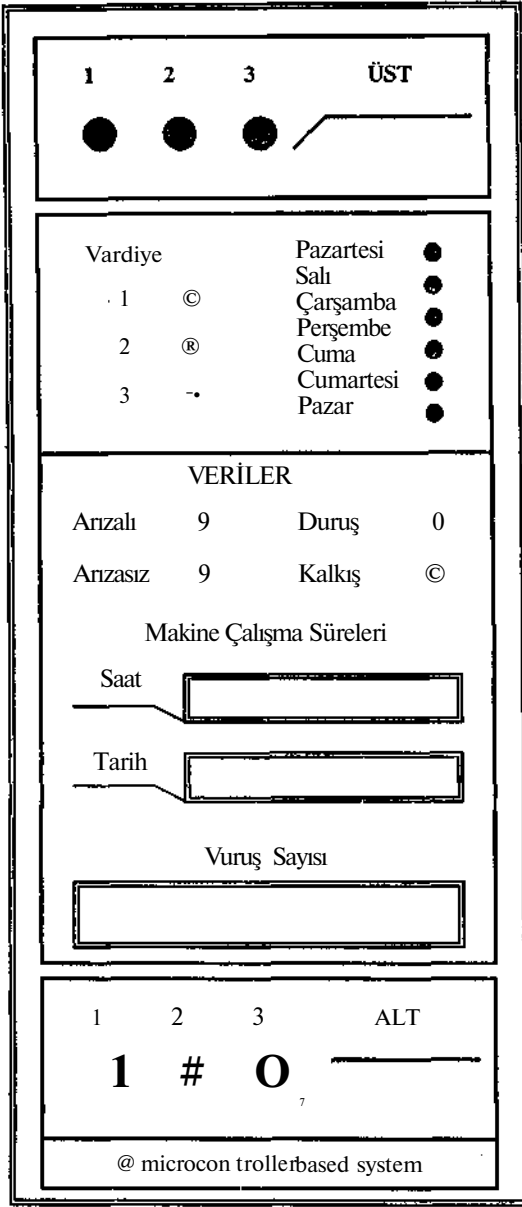
Otomasyonu gerçekleştirilen üretim sisteminde brode makinesi yardımı ile perdelik tül işlenmektedir. Brode makinesi iki katlı olup her iki katta da tül üzerinde işleme yapan üç ayrı bölüm bulunmaktadır. Her bölümde iğneler masura ve gergef üzerinden bobindeki tül ipliği ile beslenmektedir. Makine çalışmaya başladıktan sonra iğnelerin tül üzerine vuruş yapması suretiyle dokuma gerçekleştirilir. Üretim sırasında herhangi bir bölümde iğneleri besleyen ipliklerde meydana gelebilecek kopma tülün belirli bir kısmında eksik ve hatalı dokumaya neden olmaktadır.

Otomasyonu gerçekleştirilmemiş klasik brode makinelerinde, arıza izleme ile birlikte sistemin üretim hızı ve verimlilik bakımından kontrolü makine operatörleri yardımı ile yapılmaktadır. Üretim performansı ile ilgili vardiyedeki duruş- kalkış, arıza sayısı ve süreleri gibi bilgilerin sağlıklı bir şekilde kayıt edilmesi, işletme operatörlerinin dikkati, çabukluğu gibi yalnızca insan faktörüne bağlıdır.

Gerçekleştirilen mikrokontrolör tabanlı otomasyon sistemi ile üretim aşamasında arıza izleme ve veri toplama olmak üzere iki farklı işlev yerine getirilmektedir.



Şekil 1. Üretim Şeması



Şekil.2 Kontrol paneli ön yüzü

2.1 Arıza İzleme

Makinenin üst ve alt katlarındaki bölümlere ait arıza bilgileri kontrol paneli üzerindeki sinyal lambaları ile gözlenebilmektedir. Herhangi bir bölümde meydana gelecek ip kopması durumunda, Şekil.2'de görülen kontrol panelindeki o bölüme ait sinyal lambası flaş durumuna geçmekte ve aynı zamanda sesli ikaz sistemi çalışmaktadır.

Ayrıca, kontrol panelinden makinenin çalışmakta olduğu vardiye, haftanın günü, saat, tarih ve iğne vuruş sayıları gibi bilgiler çalışma sırasında izlenebildiği gibi, sürekli kaydedildiği için istendiğinde bu bilgilere bir ay süreyle de ulaşılabilmektedir.

2.2 Veri Toplama

Gerçekleştirilen brode makinesi otomasyon sisteminde, makinenin arıza ve duruş -kalkış saatleri üretim sırasında izlenmekle birlikte, ayrıca çalışma periyotları ile ilgili bütün diğer bilgiler sürekli kaydedilip bir ay süre ile saklanmaktadır. İstendiğinde değişik zaman dilimleri arasındaki makine performansı ile ilgili kaydedilmiş bilgiler çağrılmak suretiyle, günlük, haftalık ve aylık çalışma hızı gözlenebilir.

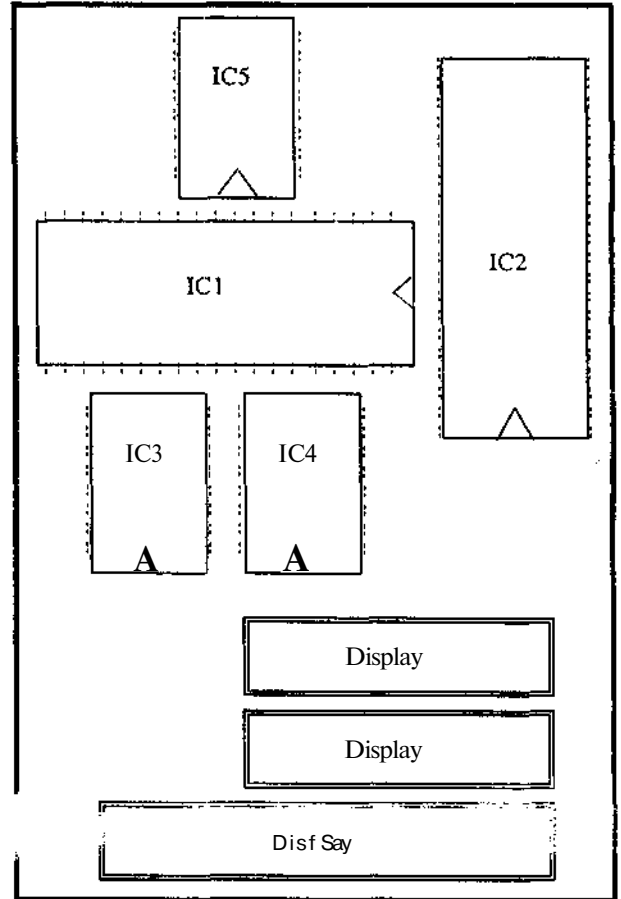
Üretim sırasında;

- . Arızalı duruş süreleri toplamı, saat ve dakika olarak,
- . Arızasız duruş süreleri toplamı, saat ve dakika olarak,
- . Duruş - kalkış anları, (duruş süresi girilen referans süresi aşıldığında),
- . Elektrik kesilme ve gelme anları,
- . Her vardiyeye ait vuruş sayıları düzenli bir şekilde, gün ve tarih ile birlikte kaydedilmektedir.

3. DONANIM

3.1 Kontrolör Ana Kartı

Geliştirilen kontrol sistemi, Şekil.3'de yerleşim şekli görülen **ana kart**, Şekil.2'deki kontrol paneli ve tuş takımı ile makineden kontrolöre bilgi girişi için kullanılan, sensörlerden oluşmaktadır.



Şekil.3 Kontrol ana kartı

Kontrolör ana kartı üzerinde bulunan komponentler ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

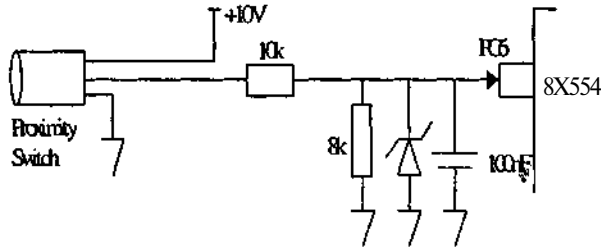
- . IC1: Dallas 5000T(mikrokontroler)
 - 8 bit,
 - %100 8051mikrokontrolör uyumlu,
 - 32KB nonvolatile program belleği,
 - RTC (Real-time clock)
 - 128 bytc RAM
- . IC2 : 82C55A (CMOS)
 - Programlanabilir paralel I/O ara devre
- IC3,IC4:74138
 - 3 giriş- 8çıkışlı çoğullayıcı ,(multiplexer)
- . IC5:4543
 - BCD/7 seçmen, gösterge kod çözücüsü.

Mikrokontrolör, BOS sistemi için geliştirilen algoritma doğrultusunda arıza ve veri izleme sistemini yürütmektedir. Mikrokontrolöre referans ve diğer bilgilerin girilebilmesi için Uç adet tuş takımı kullanılmaktadır.

3.2 Çevre Birimleri

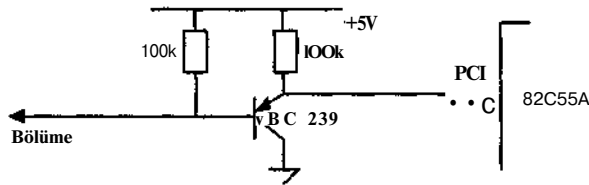
Makine güç kontaktörü bobinine seri bağlı röle, mikrokontrolör tarafından on/off yapılarak start stop edilmektedir. Diğer çevre birimleri ile ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.2.1 AlgılamaDevreleri



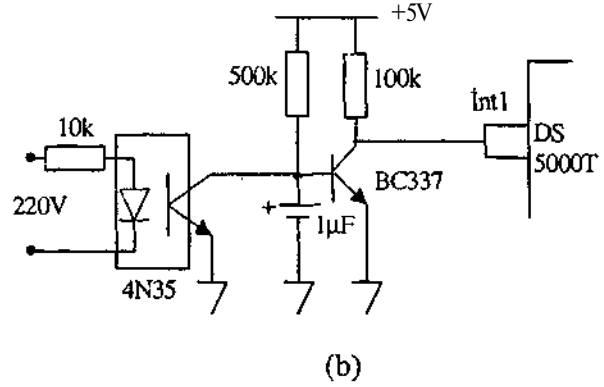
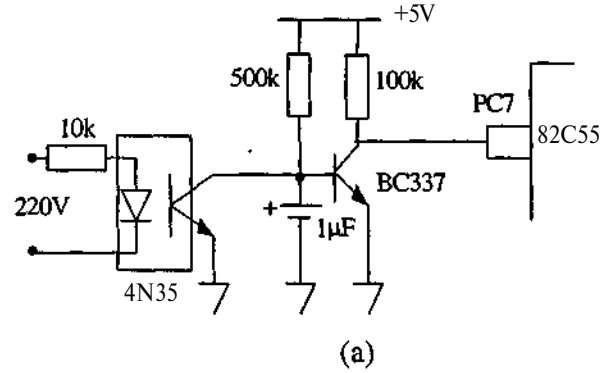
Şekil.4 İğne vuruş algılama devresi

Masura hizasına monte edilen Şekil.4' deki yaklaşım anahtarı (proximity switch) iğne gergef sisteminin tül üzerindeki gidip-gelişlerini indüktif olarak algılamaktadır. Her gidip- geliş periyodunda yaklaşım anahtarı uçlarında meydana gelen sinyal gerilim bölücü üzerinden 82C55A'nın PC6 pinine girilmektedir. Mikrokontrolör PC6 pinini yoklayarak lojik 1 algıladığında iğne vuruş sayısını 1 arttırmaktadır.



Şekil.5 İp-kopma algılama devresi

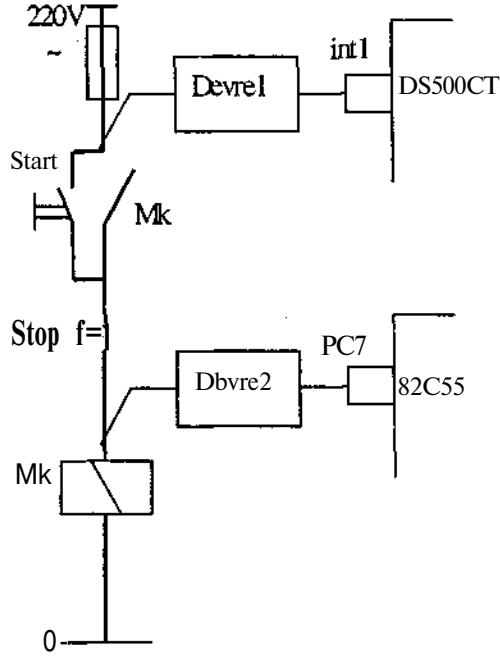
İğneyi besleyen ipin kopması durumunda , ip gergi teli boşta kalacağından, npn transistörün beyzi makine gövdesi üzerinden cihazın eksi ucu ile kısa devre olacaktır. Dolayısıyla, NPN transistörün PCI ucu lojik 0 seviyesine düşeceğinden mikrokontrolör tarafından ipin koptuğu algılanacaktır. İpin kopmasından sonra, arızalı vuruş sayısı, girilen arızalı referans vuruş sayısını geçtiğinde makine mikrokontrolör tarafından durdurulmaktadır. Eğer ip arızalı vuruş sayısı geçilmeden, operatör tarafından takılırsa, bellekteki arızalı vuruş sayısı sıfırlanarak makine çalışmaya devam etmektedir



Şekil.6 a) Makine çalışıyor-çalışmıyor,
b) Elektrik var-yok algılama devreleri

Şekil.6' daki devre Şekil.7* de kumanda şeması verilen devrede görüldüğü gibi iki farklı amaç için kullanılmaktadır. Devre 1, şebekeden BOS kumanda devresine enerji girişini, Devre2 ise makine güç kontaktörü ucundan motorun çalışıp çalışmadığını algılamaktadır.

Makinenin duruşu algılandığında, arızalı vuruş sayısı "0" dan farklı ise bekleme süresi toplam arızalı duruş süresine eklenmektedir. Bellekten okunan arızalı iğne vuruş sayısı "0" ise beklenen süre toplam arızasız duruş süresine eklenerek kaydedilir. Tüm makine duruş ve kalkış bekleme süreleri, referans değerden büyük ise kaydedilmektedir.



Şekil.7 Makine elektrik kumanda devresi

4.SONUÇ

Tasarım ve dizaynı gerçekleştirilen brode makinesi kontrol sisteminde, arıza izleme ile birlikte üretim sırasında kaydedilen bilgilerin bir ay süreyle kayıt ortamında saklanması sağlanmıştır. Bu özellik, geliştirilen kontrol sisteminin, sadece arıza takibine dayalı, klasik kontrol sistemlerine göre önemli bir üstünlüğünü göstermektedir. Üretim sisteminin performans ve verimlilik analizi, duruş-kalkış anları, iğne vuruş sayıları ve arızalı-arızasız duruş süreleri gibi detaylı bilgilerin belirli bir süre kayıt ortamında saklanarak istendiğinde okunabilmesi sayesinde etkin hale gelmektedir.

Kontrol sisteminin PC ile haberleşmesini sağlamak için gereken donanım çalışmaları da sürmektedir. Kontrol sisteminin PC ile haberleşmesi sağlandığında, performans analizinin grafik ortamında gerçekleştirilmesi de mümkün olacaktır.

5.KAYNAKÇA

- [1] Linear and Interface Circuit, Product Application, Texas Instrument.
- [2] Uluslar arası Transistörler, Yüce yayınları, TD Tovvers
- 131 Optoelectronics, Power products, Databook, Harris

Semiconductor.

- [4] Sun Led, Sun Optoelectronics Components.
- [5] Digital Product Databook, Hervis Semiconductor.
- [6] Semiconductor Master Selection Guide, National Semiconductor.
- [7] Dallas 5000T, Microcontroller-User Manue.Dallas.

SERVOMOTOR TAHRİKLİ LİNEER MODÜLÜN SAYISAL PID POZİSYON KONTROL UYGULAMASI

Ömer AYDOĞDU, Ramazan AKKAYA, Nihat YILMAZ

Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Elk. Elt. Müh. Böl. 42031 KampUs/KONYA

E-mail: oaydogdu@karatay1.selcuk.cdu.tr, akkaya@karatay1.selcuk.edu.tr, Nhty1mz@hotmail.com

ABSTRACT

In this study, the modelling of a servo system which were often used in practice is involved and for the position control of the liner modüle soproduced the computer based digital control technique were implemented. At the preseni time, the practical applications of digital control techniques has been much more över yveighing the more classical analogue control system. The individual parts of the servo motors system were also inspected carefully and best regülätör structure were prepared. in the regülätör design, Proportional (P), Proportional-Integral (PI), Proportional-Derivative (PD), and Proportional-Integral-Derivative (PID) control algorithms has been successfully used. By means of these programmes, the opportunity of c.hanging the controller parameters were promptly achieved and hence the system behaviour depending upon the varying controller parameters were easily characterised. For experimental tests, a square wave command signal has been used and in each of the structure, the response of the system, control signal and error signal have been observed. The experimental results have been compared and discussed with theory requirements.

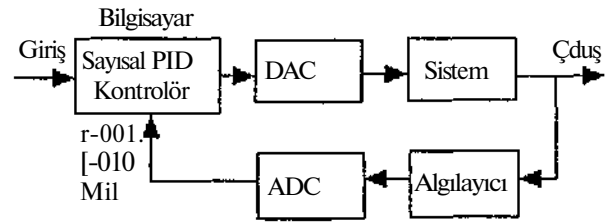
1.GİRİŞ

Son yıllarda, yarı iletken teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve yüksek hızlı işlemcilerin gerçekleştirilmesi sonucu, sayısal sistemler geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Kontrol sistemlerinde de sayısal sistemler hızlı bir şekilde yaygınlaşmakta ve özellikle robot sistemleri, otomatik sanayi tezgahları, oto pilot sistemleri gibi yerlerde sıkça rastlanmaktadır. Sayısal kontrol sistemleri analog kontrol sistemlerine göre daha hassas ve esnek bir yapıya sahiptir. Sayısal kontrol sistemlerinde kontrolör olarak mikrobilgisayarlar kullanılır ve kontrol amaçlı değişik kontrol algoritmaları uygulanabilir [1,2].

D.C Servomotorlar pozisyon kontrol sistemlerinde oldukça sık kullanılırlar. Bu nedenle matematiksel olarak ifade edilebilmeleri ve parametrelerinin iyi derecede bilinmeleri çok önemlidir [4], Bilindiği üzere D.C Servomotorlarda, moment hıza bağlı olarak değişmektedir. Pozisyon kontrol

sistemlerinde düşük hızlarda yüksek momentlere ihtiyaç duyulmaktadır. D.C Servomotorların hız- moment eğrileri geleneksel D.C motorlara göre daha iyidir. Bunun nedeni bu motorların yüksek moment oluşturmak için özel olarak tasarlanmış olmalarıdır. Bu motorlara ayrıca moment motorları da denilmektedir. Servomotorlar kullanıldıkları sistemlere doğrudan, redüktörsüz olarak bağlanmakta ve devirleri dakikada 3 ile 3000 arasında değişmektedir.

Bir sayısal kontrol sisteminin temel yapısı Şekil 1'de görülmektedir. Burada sayısal PID kontrolör ile sistem arasında ADC ve DAC elemanları bağlanmaktadır. Bu sayede sayısal-analog dönüşüm sağlanmaktadır [3]



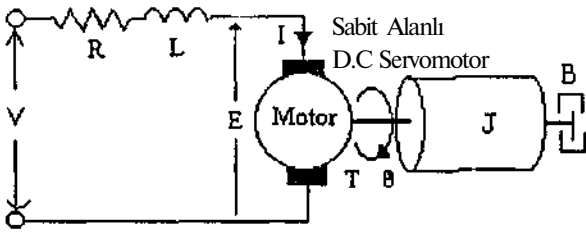
Şekil 1. Sayısal Kontrol Sistemi

Lineer modül sistemleri uygulamada pozisyon kontrolünün gerekli olduğu her yerde kullanılmaktadır. Lineer modüllerde hassasiyetin iyi olması ve pozisyon hatasının çok az olması istenir. Lineer Modüller uygulamada, özellikle hareket gerektiren sistemlerde çizgisel, düzlemsel veya üç boyutta hareket sağlayacak şekilde tasarlanırlar. PID kontrol sistemi kontrol endüstrisinde çok yaygın olarak güvenle kullanılan bir kontrol yöntemidir ve lineer zamanla değişmeyen birinci derece sistemler için uygulanmaktadır [5,6].

Bu çalışmada, pratik olarak gerçekleştirilen bir lineer modül ve bu modülü hareket ettirmek için kullanılan bir d.c servomotorun kontrolü için oluşturulan sayısal PID pozisyon kontrol algoritması sisteme uygulanarak, sistemin davranışı incelenecektir.

2. DC SERVOMOTORUN MATEMATİK MODELİ

D.C Servomotorlar, uygulamada değişik şekillerde kontrol edilmektedir. Kalıcı mıknatıs kutuplu olanlar endüvi kontrollü olarak, sargı kuluplu olanlar da manyetik alan kontrollü olarak çalıştırılır. Ayrıca bazı uygulamalarda, manyetik alan ile birlikte endüvi kontrollü olan servomotorlar kullanılır. Manyetik alan kontrollü motorlarda, alan zaman sabiti motorun dinamik cevabına bağlıdır. Bunun tersine endüvi kontrollü motorlar için manyetik alan zaman sabiti ve mıknatıslık karakteristiği sistemin dinamik cevabından bağımsızdır. Uygulamada genellikle endüvi kontrollü d.c servomotorlar kullanılmaktadır [7]. Şekil 1'de endüvi kontrollü bir dc servomotor-yük sistemi görülmektedir. Burada, R endüvi sargı direnci, L endüvi sargı indüktansı, I endüvi akımı, V endüvi gerilimi, E zıt emk, θ radyan olarak milin dönme açısı, T motor momenti, J atalet momentinin eşdeğeri ve B viskoz sürtünme katsayımı olarak verilmiştir.



Şekil 2. Motor-Yük Sistemi

Motor tarafından üretilen moment (7), Endüvi akımı I ve hava aralığı akısı θ ile orantılıdır. Moment ifadesini,

$$T = K_t I \quad (8)$$

olarak yazabiliriz. K_t terimi motora bağlı bir sabittir. Endüvi kontrollü ve kalıcı mıknatıslı servomotorlarda, alan akısı sabit olduğundan denklem (1) ile verilen motor moment ifadesi,

$$T = K_t I \quad (9)$$

şeklinde yazılır ve burada K_t terimi $K_t I$ yerine yazılan bir sabittir. Endüvi kontrollü dc servomotor sisteminde, endüvi döndüğü zaman oluşan zıt emk için,

$$e = K_b (d\theta/dt) \quad (10)$$

ifadesi yazılabilir. Burada K_b , motor döndüğü zaman oluşan motor sabitidir. Yukarıdaki sistem için gerilim denklemi,

$$L(dI/dt) + RI + e = v \quad (11)$$

olacaktır. Ayrıca sistemin mekanik davranışı için,

$$J(d^2\theta/dt^2) + B(d\theta/dt) = T \quad (12)$$

ifadesi yazılabilir. Sistemin analizinin kolay yapılabilmesi için, başlangıç şartları sıfır kabul edilerek denklem (3), (4) ve (5) ifadelerinin Laplas denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$K_b s \theta(s) = E(s) \quad (13)$$

$$(Ls + R) I(s) + E(s) = V(s) \quad (14)$$

$$(Js^2 + Bs) G(s) = T(s) = K_t I(s) \quad (15)$$

Endüvi devresi indüktansı çok küçük olduğundan ihmal edilerek ve (6), (7) ve (8) denklemlerinden sistemin transfer fonksiyonu,

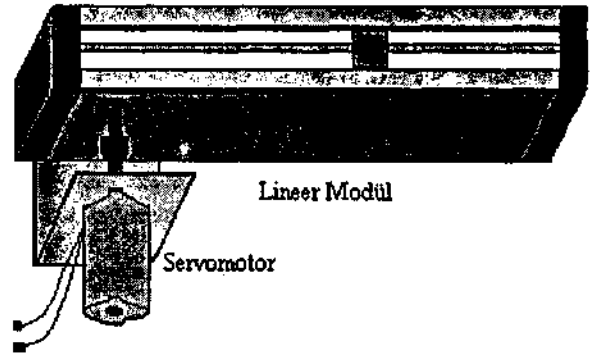
$$G(s)/V(s) = K_m/s(T_m s + 1) \quad (16)$$

şeklinde elde edilir. Burada; K_m sistemdeki B sürtünmesine bağımlı motor kazanç sabiti, T_m ise sistemin J atalet momentine ve B sürtünme katsayısına bağımlı motor zaman sabitidir. Sonuçta J çok küçük ise motor zaman sabiti sıfıra yaklaşmakta ve motor bir ideal integratör gibi davranmaktadır. Ancak sistemde Şekil 2'de gösterildiği gibi, modelin bir J atalet momenti ve B sürtünme katsayısı mevcuttur. Bu değerler motora etki eden model parametreleridir.

3. LİNEER MODÜLÜN YAPISI

Lineer Modüllerin hassasiyeti, modül yapılış şekline ve kullanılan malzemelere göre değişir. Lineer Modül yapımında birkaç farklı metot kullanılmaktadır. En çok kullanılan metotlardan birisi, hareketli parçanın metal dişli veya dişli kayış sistemi ile kontrol edildiği yöntemdir. Diğer bir metot ise, sonsuz vida tekniği ile kontrol edilen modül sistemleridir. Sonsuz vida kontrol sisteminde, modülün yataklanması ve montajı daha zor olmasına rağmen bu sistemlerin hassasiyeti vida adımı ile ilgili olduğundan çok iyidir. Birinci yöntemde ise kullanılan elemanlara ve yataklama sistemine bağlı bir hassasiyet söz konusudur.

Oluşturulan Lineer Modülün şeması Şekil 3'de verilmiştir. Modül farklı kontrol sistemlerinde de kullanılacak şekilde, hareket alanı 170 cm olacak biçimde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Lineer Modülün Mekanik Yapısı

Lineer Modül sisteminde hareketli kısım, Servomotorun her devrinde 14 cm hareket etmektedir. Bunun anlamı, her $O = 2\pi$ için yani motorun her devri için modül konumuna X dersek, $X = 14$ cm hareket edecek demektir. Buna göre sistem için K , modül sabitini,

$$K_s = X(s)/\theta(s) = 7/K \quad (17)$$

olarak tanımlayabiliriz. Denklem (9) ve (10) ifadelerinden servomotor-yük sisteminin transfer fonksiyonunu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$X(s)/V(s) = K_s K_m/s(T_m s + 1) \quad (18)$$

4. SAYISAL PID KONTROLÖRLER

ideal bir PID Kontrolörün matematiksel ifadesi,

$$m(t) = \{K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d de(t)/dt\} + m_s \quad (12)$$

şeklinde verilebilir. Burada K_p oransal kazanç, K_i integral kazancı, K_d türev kazancı ve m_s sürekli durum hatasıdır. Bu ifadede verilen türev elemanı iki değer farkı ve integral elemanı da yamukların toplamı biçiminde yazılır ve elde edilen bu ifadelerin T_o örnekleme periyodunda z-dönüşümü alınır aşağıdaki darbe transfer fonksiyonu elde edilir.

$$M(z) = K_p E(z) + \{K_i T_o E(z)(z+1)/2(z-1)\} + \{K_d E(z)(z-1)/T_o z\} \quad (13)$$

Bu denklem yeniden düzenlenip ters z-dönüşümü uygulanırsa, bilgisayar algoritmaları için kullanılacak formda adım denklemleri elde edilebilir ve bu denklemler aşağıdaki gibi verilebilir.

$$m(k) = m(k-1) + \{[K_p T_o K_i (e(k) - e(k-1)) Me(k) - e(k-1)]/2\} + \{K_d (e(k) - 2e(k-1) + e(k-2))/T_o\} \quad (14)$$

Bir sayısal kontrol sisteminde örnekleme periyodunun seçimi sistemin cevabı ile doğrudan ilgilidir. Ayrıca oluşturulan sayısal kontrol sisteminde, tüm sistemin kapalı çevrim transfer fonksiyonu elde edilir ve sistem için uygun bir örnekleme periyodu seçilirse sayısal PID kontrolör için $T_o = 1ms$ iken $K_p = 1$, $K_i = 0.1$ ve $K_d = 0.0001$ değerleri elde edilir.

4.1 PID Algoritmalarının Oluşturulması

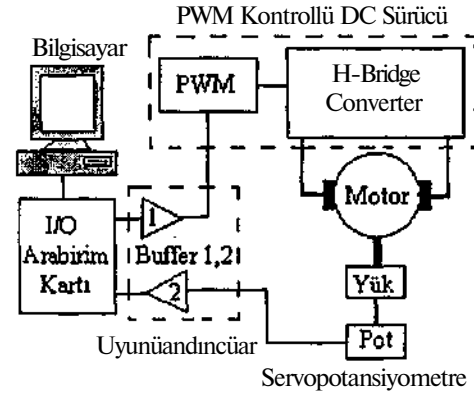
Kontrol sistemlerinde önemli bir aşama da, sistemin kontrol algoritmasının oluşturulmasıdır. Denklem (14) ile verilen darbe transfer fonksiyonundan faydalanılarak her bir kontrol yapısı için program adımları elde edilebilir. Ancak burada sadece PID kontrol için algoritma adımları örnek olarak verilmiştir. Diğer kontrol türleri için ufak değişiklikler yapılarak algoritma adımları gerçekleştirilebilir. (14) ifadesi kullanılarak sayısal PID kontrol algoritmalarının oluşturulması aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir.

- Adım 1. Sistemin örnekleme periyodunun (T_o) girilmesi
- Adım 2. K_p oran, K_i integral ve K_d türev katsayılarının girilmesi
- Adım 3. Arzu edilen konum değerlerinin girilmesi
- Adım 4. Sistemdeki katsayıların başlangıç değerlerinin sıfırlanması
- Adım 5. Arzu edilen konum-Sistem konumu fark ifadesinden hatanın bulunması
- Adım 6. $m(k)$ kontrol işaretinin denklem (14) ile üretilmesi
- Adım 7. Her örnekleme periyodunda Adım 5'den sonrasının tekrarlanması

5. GERÇEKLEŞTİRİLEN DENEYSSEL SİSTEM

Yapılan bu çalışmada kullanılan sayısal kontrol sisteminin ayrıntılı blok diyagramı ise Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, devrede bir adet Bilgisayar kullanılarak sistemden gelen bilgiler doğrultusunda kontrol işareti üretilmektedir. Bilgisayar ile diğer devreler arasında bilgi akışına sağlayan I/O Arabirim devresi kullanılmıştır.

Bilgisayar tarafından üretilen kontrol işareti, sürücü devresine iletilmektedir. Sürücü devresi gelen kontrol işaretine bağlı olarak motor için bir çıkış gerilimi üretmektedir. Motor, sürücü devresinden aldığı gerilimle gerilim v'ya ileri doğru hareket etmektedir.



Şekil 4 . Sistemin Blok Diyagramı

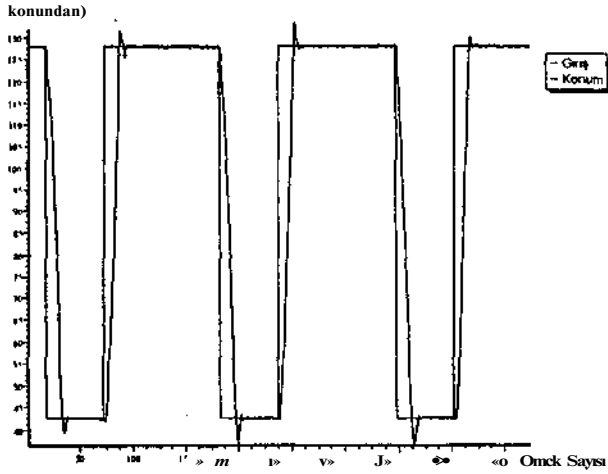
Motorun hareketi ile birlikte, motor miline tutturulmuş olan çok turlu Servopotansiyometre de hareket etmekte, ve hareket miktarına göre çıkışından bir işaret üretmektedir. Bu işaret konum ile orantılıdır. Potansiyometre çıkışı I/O devresi yardımı ile bilgisayara aktarılmaktadır. Bu bilgi ile bilgisayar modül konumunu tespit ederek gerekli kontrol işaretini üretmektedir.

5.1 Deneysel Sonuçlar

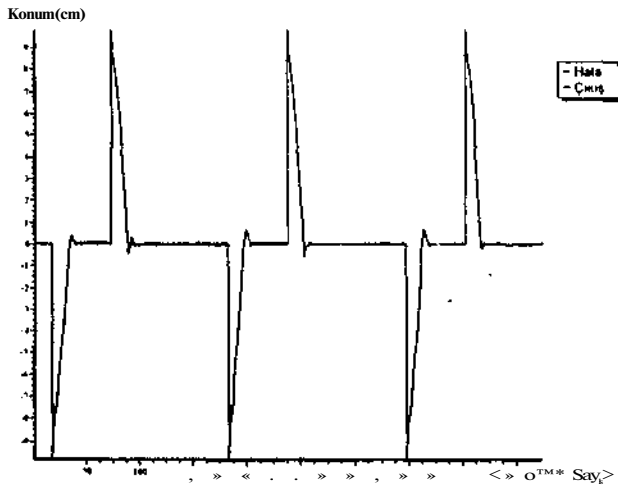
Tasarlanan Lineer Modül sisteminde, öncelikle daha önceden hesaplanmış olan parametreler kullanılarak sistemin PID kontrol cevabı elde edilmiştir. Daha sonra tüm parametreler sırayla artırılıp azaltılarak sistem cevabı gözlenmiş ve parametrelerin etkisi incelenmiştir. Daha sonra işlemler P, PI, PD kontrol sistemleri için tekrarlanmıştır. Bilindiği gibi bir sistemi incelemenin en iyi yolu, sisteme kare dalga formunda bilgi vermek ve sistemin tepkisini elde etmektir. Bu nedenle deneysel sonuçlar için, her kontrol durumunda sistemin belirlenen süre ile 50 cm ve 100 cm değerlerine otomatik olarak yerleşmesi istenmiştir. PID Kontrol Algoritması için $T_o = 1ms$ iken $K_p = 1$, $K_i = 0.1$ ve $K_d = 0.0001$ değerleri uygulandığında, verilen referans girişe karşı sistemin tepkisi Şekil 5'te ve hata değerleri ise Şekil 6'da verilmiştir. Şekillerde verilen deney sonuçları dikkatle incelenirse, sistemin oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

Burada verilemeyen ancak yukarıda da belirtildiği gibi P, PI, PD kontrol ve değişik örnekleme periyotlarında birçok değişim elde edilmiştir. Bu şekillerde göz önüne alınarak aşağıdaki açıklamaları yapabiliriz. Bir sisteme yalnızca P kontrol uygulandığı zaman, sistemde sürekli durum hatası ve geçici durum hatası oluşmaktadır. Ancak P kontrol sistemlerini tek başına kullanmak kolay ve ucuzdur. P kontrol sistemine bir İntegral eleman (I) ilave edilirse sistemin sürekli durum hatası azalmaktadır. Ancak

maksimum aşma değeri yükselmektedir. P kontrol sistemine bir türev elemanın (D) ilavesi ise sistemin geçici durum hatasını düzeltmektedir. Ancak D elemanın parametresinin çok küçük değişimi bile sistemi kararsızlığa götürmektedir. Her üç elemanın birlikte kullanılması en ideal durumdur. Çünkü I elemanın oluşturduğu maksimum aşma hatasını D elemanı yok etmektedir. Böylece kontrol sisteminin geçici ve sürekli durumdaki hatası en az düzeye inmektedir.



Şekil 5. $K_p=1$, $K_i=0.1$, $K_d=0.0001$ ve $T_o=lms$ İçin Giriş ve Sistemin Tepkisi



Şekil 6. $K_p=1$, $K_i=0.1$, $K_d=0.0001$ ve $T_o=lms$ İçin Giriş ve Sistemin Hata Cevabı

örnekleme periyodunun çok büyük veya çok küçük seçilmesi durumunda sistemin kararsız çalıştığı gözlenmiş ve bu değerin bir kontrol sisteminde kararlılık için ne kadar önemli olduğu tespit edilmiştir. Kontrol parametrelerinin iyi seçilmesi durumunda konum hatası oldukça düşük olmaktadır.

6. SONUÇ

Gerçekleştirilen program sayesinde kurulan lineer modül sistemine, çeşitli kontrol algoritmaları • kolayca uygulanabilir. Sistemin kontrol parametrelerinin otomatik olarak elde edilebilmesi için kullanılan parametre tespit algoritmaları kolayca uygulanabilir. Modüldeki hareketli kısmın ağırlığının zamanla değişen bir forma sokulması halinde lineer olmayan bir sistem meydana gelir. Örneğin lineer modül sistemine yerleştirilen ufak donanımlarla "Ters Sarkaç" gibi lineer olmayan bir sistem oluşturulabilir ve bu süitinin kontrolü için algoritmalar geliştirilebilir ve kolayca uygulanabilir.

Gerçekleştirilen servo sistem uygulamada birçok yerde karşımıza çıkmaktadır. Robot sistemlerinde, Otomatik CNC ve NC tezgahlarında, hassas pozisyon kontrolü istenilen birçok yerde buna benzer sistemler bulunmaktadır. Bu gibi yerlerde, oluşturulan sistem rahatlıkla uygulanabilir. Ayrıca sisteme ait veriler bilgisayar vasıtası ile sürekli olarak izlenebilir ve daha sonra değerlendirilmek üzere saklanabilir.

Yapılan çalışmada kullanılan PWM sürücü devresi, özel olarak devir yönü ve devir sayısı değişen sistemler için tasarlanmıştır. Çok iyi bir performansa sahiptir. Bu nedenle uygulamada gereken yerlerde rahatlıkla ve güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

Son olarak, yapılan çalışma ile, teorik olarak okutulan birçok kontrol yasası uygulama şeklinde eğitim amaçlı kullanılabilir. Görsel programlar sayesinde sistemin davranışları takip edilebilir.

7. KAYNAKÇA

- [1] Shahian, B., *Control System Design Using Mallab*, Prentice Hall Internatioanal, Inc., Englewood Cliffs, 1992.
- [2] Sarioğlu, M., K., *Dijital Kontrol Sistemleri*, Sistem Yayıncılık, Ekim, 1992.
- [3] Franklyn, G. F., Powell, J.,D.,Workman, L.,M., *Digital Control of Dynamics Systems*, Addison-Wesley, 1990.
- [4] Chesmond, C.J., *Control System Tecnology*, Adward Arnold, 1986.
- [5] Johnson, C., *Process Control Instrumentation Tecnology*, Prentice Hall Internatioanal, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1993.
- [6] Gerişkovan, İ., "PID, Fuzzy ve Fuzzy-PID Kontrol Algoritmalarına Genel Bir Bakış," *Otomasyon Dergisi*, Sayı 36, Sayfa 68-72, Haziran, 1995.
- [7] Martins De Carvolho, J., L., *Dynamics Systems and Automatic Control*, Prentice Hall Internatioanal, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1993.

OPTİMAL POLİNOMSAK ÇÖZÜMLÜ LQG KONTROL: Frekans Bağımlı Dinamik Yükleme Fonksiyonlarının Seçimi

İlyas EKER

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Gaziantep Üniversitesi

273 10 Gaziantep

E-mail: ilyas@alpha.bim.gantep.edu.tr

ABSTRACT

Choice of dynamic weighting functions of multivariable polynomial Linear Quadratic Gaussian (LQG) control theory is presented for single-input single-output (SISO), single-input multi-output (SIMO) and multi-input multi-output (MIMO) feedback control systems. The dynamic weighting functions of the design method are parametrized and their effect is described using time and frequency responses. Industry derived data is used in the Case Studies. Results show that polynomial LQG design method has satisfactory robustness properties and its dynamic weighting functions have direct effect on the system performance.

1. GİRİŞ

Klasik kontrolör tasarım metodları (Zeigler-Nichols, Root-locus, Bode, Nyquist) zaman ve frekans aralığında istenilen sonuçları elde etmede kullanılır. Fakat bu metodlardaki bazı sınırlamalar istenilen karakteristikleri her zaman sağlamayabiliyor [1]. Örneğin, Bode ve Sustained Oscillation metodları frekans aralığında gerekli faz ve kazanç değerlerini sağlamakta fakat sistem parametrelerindeki değişimlere ve değişik çalışma noktalarından kaynaklanan bazı belirsizliklere özellikle çok girişli çok çıkışlı (MIMO) sistemlerde kararlılık ve performans gübüzlüğü yeteri ölçüde sağlanamamaktadır. Yeterli sonuçlar elde etmek için optimizasyon gerekli olup, kuadratik ortamda kost indeks'i minimum hale getirilerek optimizasyon sağlanır. Polinomsal çözüm sistemiyle frekans aralığı kullanılarak *Linear Quadratic Gaussian (LQG)* kontrolör tasarım metodu ile zaman ve frekans aralığında istenilen sonuçlar elde edilir [2]. *LQG* metodu tasarım esnasında *dinamik yükleme (frekans bağımlı) fonksiyonlarını* kullanarak SISO ve MIMO sistemler için çözüm sağlar.

2. LQG ve DİNAMİK YÜKLEME FONKSİYONLARI

SISO sistemlerin kontrolör dizaynında klasik metodlar genellikle kararlılık gübüzlüğü'nün belirlenmesinde

frekans aralığındaki kazanç ve faz bölgelerini kullanır. Sistem MIMO olduğu zaman çözüm klasik metodlarla güçleşir çünkü bu metodlar MIMO sistemlerin çözümü için elverişli değildir. Zaman aralığında (state-space) MIMO sistem çözümü 1960' larda elde edildi. Kuadratik ortamda performans kost indeks'leri minimum hale getirilerek optimal kontrol için standart çözüm algoritmaları çıkartıldı. Kullanılan yükleme fonksiyonları ilk optimal kontrol metodlarında sabit değerler (frekans bağı olmayan) olarak alınmış ve zaman aralığında sağlanan çözümle bu fonksiyonların etkisi çıkış, kontrol ve ara değişkenler üzerinde gözlenmiştir [3].

LQG kontrolör tasarım metodu frekans bağı dengeli yükleme fonksiyonları ile sistem değişkenlerini değişik *frekanslarda* yükleme imkanı sağlamıştır [1,4,5]. İstenilen kapalı devre kontrolü değişik frekanslarda hata ve kontrol sinyallerini yükleyerek elde edilir. Sistemdeki bütün bozucuların (düşük frekanslı, yüksek frekanslı, modelleşmemiş belirsizlikler, ölçümden kaynaklanan hatalar) etkileri tasarımda göz önüne alınır. *Dinamik yükleme fonksiyonları* ile birçok kontrol aktivitesi sağlanır. Örneğin, kontrolörün düşük frekanslarda yüksek kazancı (integral kontrol) düşük frekanslı bozucuları, yüksek frekanslarda düşük kazanç (roll-off) sahip olması ise sistemdeki çıkış ve yüksek frekanslı bozucuların etkisini yok eder. Polinomsal çözümlü MIMO LQG [6] performans kost indeks'i:

$$J_{LQG} = \frac{1}{2\pi j} \int_{-\infty}^{j\infty} (\text{tr}(Q_c \Phi_{cc} Q_c^*) + \text{tr}(R_c \Phi_{uu} R_c^*)) ds \quad d)$$

Denklemin 'dc' //•' matrisin köşegen elementlerinin toplamını ifade eder, γ_r terimi kaldırıldığında sistem SISO'a dönüşür. $O_c(s)$ ve $R_{uu}(s)$ hata ve kontrol sinyallerinin spectral yoğunluğunu, $Q_c(s)$ ve $R_c(s)$ minimum faz kararlı hata ve kontrol dinamik yükleme fonksiyonları olup parametrelendirildiğinde:

$$R_c(s) = p \frac{B_c(s)}{A_c(s)} = p \frac{s+k_{e1}}{k_{e2}s+k_{e3}} \quad Q_e(s) = \frac{B(s)}{s+k_{e1}} \quad (2)$$

Denklem (2)'de k_{e1} , k_{e2} , k_{e3} , k_{c1} , k_{c2} , k_{c3} ve p pozitif değişkenler olup, e ise nümerik çözümde herhangi bir hataya meydan vermemek için çok küçük pozitif sabitedir. Optifrai LQG kontrolör:

$$\tilde{C}_{LQG}^{-1}(s) = \frac{C_c(s)}{A_c(s)} = \frac{A_c(s)G(s)}{A_c(s)H(s)} \quad (3)$$

Denklem (3)'teki $G(s)$ ve $H(s)$ polinomları tasarım algoritmasındaki diophantine denklemlerinin çözümüyle elde edilir [1]. Kontrol yüklemesi ve hata yüklemesi fonksiyonlarındaki $A_c(s)$ ve $A_e(s)$ polinomları kontrolörün pay ve payda kısmında bulunmaktadır. Çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- p kontrol sinyalinin aktivitesini değiştirir.
- Kontrolörde (3) bulunan kontrol yüklemesi polinomu $A_c(s)$ sisteme ihtiyaca göre türevsel kontrol sağlar. Fakat kontrolörün pay kısmında derecesini artıracığından $k_{e2}=0$ ve k_{e3} ise pozitif bir değer alınır.
- Kontrolörün payda kısmında görülen $A_e(s)$ polinomu ile integral kontrol elde edilir ve k_e integralin miktarını belirler. $e=W^{-2}$ gibi küçük pozitif değeri alınır. k_{e2} kontrolör kazancını da değiştireceğinden dikkat edilmesi gerekir.
- I/s polinomu kontrolörün yüksek frekanslarda kazancının düşmesini sağlayarak, kontrolörün payda kısmında polinomsal derecesi artırır. Aynı zamanda k_{e3} değişkeninin artırılması kapalı devre sisteminin çalışma frekans genişliğini artırır [7].
- Hata yüklemesi polinomu $B_e(s)$ hata sinyalini belirli frekans aralığında yükleyerek geçici osilasyonu söndürüp performansını artırır, bu k_{e1} pozitif değişkenini artırarak elde edilir.

3. UYGULAMA: İkili Tank Sistemi

Endüstriyel olarak modellenmiş [8] ikili tank sistemi, Şekil 1'de görüldüğü gibi, uygulamada kullanılacaktır. Yapılan çalışma dinamik fonksiyonların seçimi üzerine yoğunlaşmıştır. $h_1(t)$ ve $h_2(t)$ tanklardaki sıvı seviyelerini, $u(t)$ ise giriş değişkenini göstermektedir.

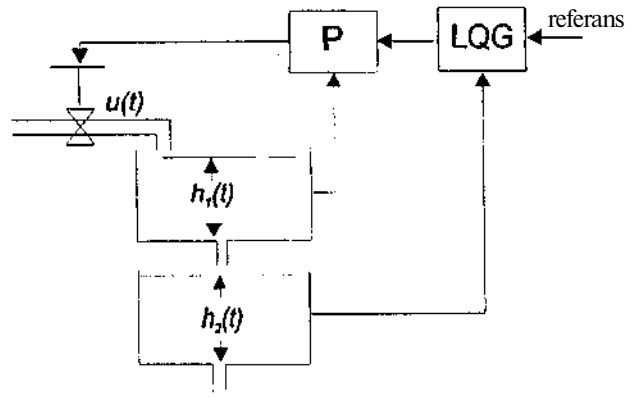
Sistemin lineer modeli:

$$H_{1(v)} = G_1(s)U(s) = K/(T_s + I)U(s) \quad (4)$$

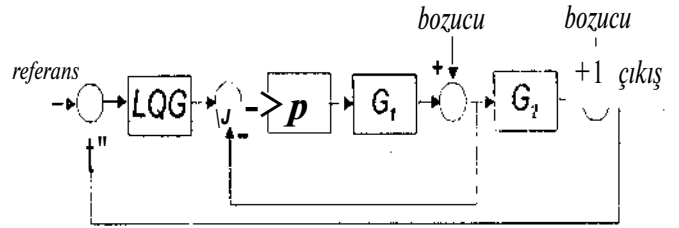
$$H_{2(v)} = G_2(s)H_1(s) = K/(T_s + I)H_1(s) \quad (5)$$

$$K_1 = K_2 = J, \quad T_1 = T_2 = 5 \quad (4a, 5a)$$

Şekil 2'de sistemin kapalı devre kontrol diyagramı iç içe iki döngülü olup (cascade control) performansı artırmak, bozucuların etkisini daha fazla oranda azaltmak (özellikle iç döngüdeki bozucuları) ve lineer olmayan belirsizlikleri azaltıp sistemi daha güvenilir hale getirmek için düşünülmüştür. P oransal iç kontrolörü, LQG ise dış kontrolörü ifade eder.



Şekil 1. İkili tank sistemi



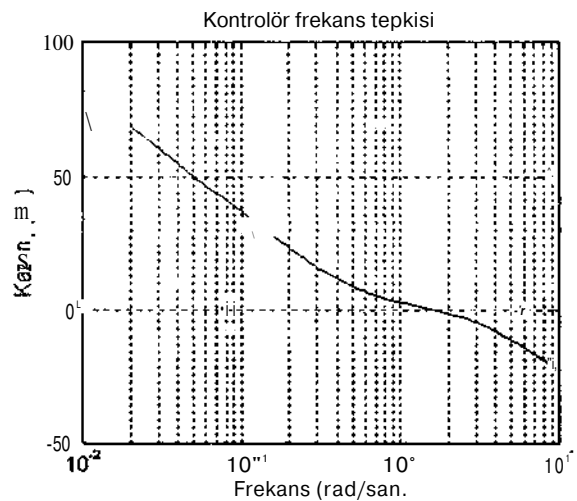
Şekil 2. Tank sistemi kontrol blok diyagramı

TEST 1. Çalışmalar sonucunda fonksiyonlar ve hesaplanan kontrolör:

$$Q_e(s) = 1/(s+10^{-12}) \quad R_c(s) = 1*(s+0.8)/1$$

$$C_{LQG} = (1 \dot{s}^2 + 135 + 2.5) / (\sqrt{5} \dot{s}^2 + 1 \dot{s} + 4)$$

Beklediği gibi kontrolörde integral kontrol ve roll-off elde edilmiştir. Kontrolörün frekans aralığındaki tepkisi Şekil 3'de görülmektedir. Düşük frekanslarda yüksek kazancı düşük frekanslı bozucuları ortadan kaldıracak ve yüksek frekanslarda düşük kazancı ise yüksek frekanslı modellemeyen ve ölçümden kaynaklanan bozucuların etkisini ortadan kaldırmak içindir.



Şekil 3. Kontrolörün frekans aralığındaki tepkisi

TEST 2. Bu testte kontrolörde sadece integral kontrol amaçlanmış ve elde edilmiştir. Yükleme fonksiyonları ve kontrolör:

$$Q_c(s) = 1/(s+10^{-12}) \quad R_c(s) = 1 \cdot 1/1$$

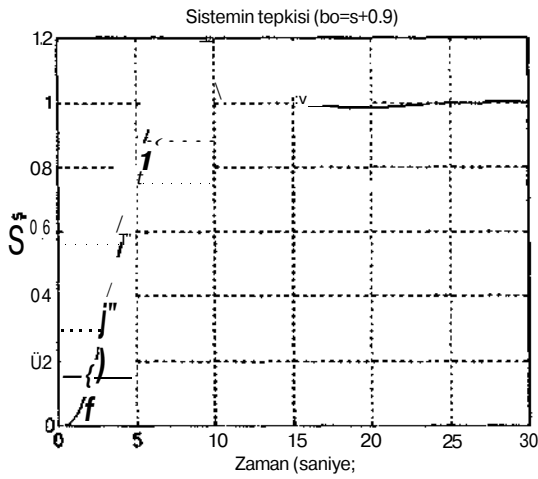
$$C_{LQG}(s) = (16.75s^3 + 13.5s + 2.5)/(s(5s + 2.5))$$

TEST 3. $B_c(s)$ polinomunu ile geçici osilasyonların azaltılması amaçlanmış ve bu aşağıdaki yükleme fonksiyonları ile sağlanmıştır :

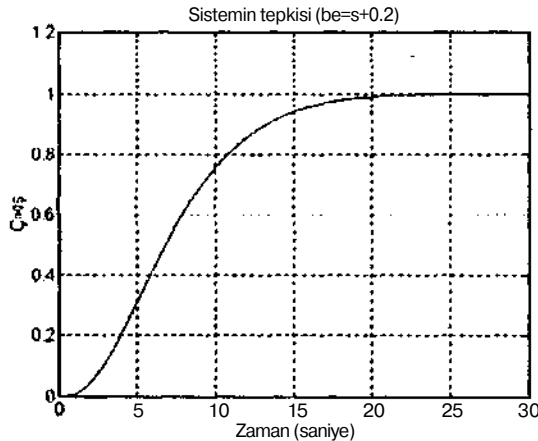
(i) $Q_c(s) = (s+0.5)/(s+10^{-2}) \quad R_c(s) = 1 \cdot (s+0.5)/1$
 $C_{LQG}(s) = (14.6s^3 + 11.3s + 2)/(s(5s^2 + 7s + 3.6))$

(ii) $Q_c(s) = (s+0.2)/(s+10^{-12}) \quad R_c(s) = 1 \cdot (s+0.5)/1$
 $C_{LQG}(s) = (5s^2 + 3.5s + 0.5)/(s(5s^2 + 5.9s + 2.3))$

Sistemin zaman aralığındaki tepkisi Şekil 4'de ve Şekil 5'de görüldüğü gibi, k, j 0.8 den 0.2 ye azaltıldığında başlangıçtaki geçici osilasyonu azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4. Sistemin tepkisi



Şekil 5. Sistemin tepkisi

4. MIMO LQG: FONKSİYONLARIN SEÇİMİ

MIMO sistemler için denklemde (1) verilen LQG kost indeksi göz önüne alındığında LQG çok değişkenli kontrolör:

$$\mathcal{C}(s) = C_{ad}^{-1} C_{om} = (HD_1^{-1} A_c^{-1})^{-1} (GD_1^{-1} A_c^{-1}) \quad (6)$$

Denklem 6'da C_{om} ve C_j polinomsul matrislerdir. //, G , D_1 ve O_x polinom matrisleri tasanın algoritması içerisinde hesaplanırlar. Yükleme fonksiyonları ise:

$$Q_c(s) \cdot A_c^{-1}(s) B_c(s) = \text{diag}(a_{wi}(s)/b_{wi}(s)) \quad (7)$$

$$R_c(s) \cdot A_c^{-1}(s) B_c(s) = \text{diag}(a_{wj}(s)/b_{wj}(s)) \quad (8)$$

$i=1 \dots r \quad j=1 \dots m$

Denklem (7) ve (8) deki fonksiyonların köşegen polinomsal matris olarak seçilmesindeki amaç, döngüler arasındaki ilişkiyi bu fonksiyonlarla daha kompleks hale getirmemek, her döngüye hangi fonksiyonun daha etkili olabileceğinin kolaylıkla anlaşılmasını sağlamak, nümerik çözümü kolaylaştırarak özellikle on-line uygulamalarda algoritmayı daha kullanılabilir hale getinektir [9]. $A_c(s)$ ve $A_c(s)$ kontrolöre doğrudan etki eden fonksiyonlar olup, denklem (6)'ya bakıldığında $A_c(s)$ fonksiyonunun elemanları sadece köşegenlerin payda'sında ve $A_c(s)$ fonksiyonunun elemanları ise sadece köşegenlerin pay'ında yer almak tadır. Köşegen $B_c(s)$ fonksiyonunun elemanları ilgili döngünün geçici osilasyonunu azaltır, $B_c(s)$ fonksiyonunun elemanları ise ilgili döngüye roll-off özelliği kazandırır. Bütün bu fonksiyonların köşegen elementleri denklemdeki (2) gibi parametrelendirilirler.

4.1 Uygulama 1: Endüstriyel *sprey kurutma* sistemi 2-giriş 2-çıkış'ı olarak modellenmiş [10] ve bu model kullanılarak tasarımı yapılan sistemde ve yükleme fonksiyonları:

$$A_c^{-1}(s) B_c(s) = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} s+1 & 0 \\ 0 & s+1 \end{bmatrix}$$

$$A_c^{-1}(s) B_c(s) = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Kontrolörde integral kontrol elde edilmiştir. Fakat kontrol yükleme fonksiyonları tasarımı gereği sabit değerler alınmıştır. Yapılan on-line çalışmada olumlu sonuç elde edilmiştir [10].

4.2 Uygulama 2. SIMO sistemler

Endüstriden çıkarılan bilgilerle bir hidroelektrik santralının jeneratörü modellenmiş giriş değişkeni uyartım gerilimi, çıkış değişkenleri ise jeneratör terminal gerilimi, shaft hızı ve çıkış gücüdür [4,11,12]. Dolayısıyla SIMO (1-giriş 3-çıkış) bir yapıya sahip olup tasarımı sonunda istenilen özellikleri göz önüne alındığında yükleme fonksiyonları:

$$A_c(s) = \text{diag}(0.02s, (0.051s + 0.12), (0.051s + 0.25))$$

$$B_c(s) = \text{diag}((5s + 10), (10s + 20), (201s + 30))$$

$$A_c(s)=1 \quad B_c(s)=s+0.5$$

Üçlü-döngükontrolörleri ise:

$$C_n(s) = \frac{8721s^3 + 4701s^2 + 71233.2 + 17555}{s(s^2 + 4701s^2 + 414.8 + 1913)}$$

$$C_{i2w}(s) = \frac{8721s^3 + 4701s^2 + 71233.2 + 17555}{s^3 + 4701s^2 + 414.8 + 1913}$$

$$C_{ix}(s) = \frac{-(5>J^4 + 0.85 + 35)}{s^3 + 49.v^2 + 235 + 471}$$

Üçlü-döngü kontrolörü transfer fonksiyon matrisi olup, (i) $C_n(s)$ integral kontrol ve roll-off, (ii) $C_{i2w}(s)$ ve $C_{ix}(s)$ sadece roll-off özelliğine sahiptir. Çözüm gereği ikinci ve üçüncü kontrolörlerde integral kontrol yoktur.

5. SONUÇLAR

Genel olarak aşağıdaki sonuçlar yapılan çalışmalarla gösterilmiş ve izah edilmiştir:

- (i) Polinomsal çözümlü optimal LQG kontrol teorisinin kapalı devre kontrol sisteminde çeşitli kontrol fonksiyonlarını yerine getirebilmesi açısından dinamik yüklem fonksiyonlarının seçimi incelenmiş, endüstriyel örneklerle fonksiyonların seçimi açıklanmıştır.
- (ii) SISO sistemler için dinamik yüklem fonksiyonları skaler fonksiyonlar şeklindedir. Fakat sistem MIMO ise bu dinamik yüklem fonksiyonları köşegen elementlerden oluştuğu ve köşegen olmayan elementler sıfır olarak alınması dikkate değer olup fonksiyonların seçimini kolaylaştırmaktadır.
- (iii) SISO ve MIMO sistemler göz önüne alınmış LQG kontrol teorisinin yüklem fonksiyonları parametrelerle ifade edilerek bu parametrelerin etkileri örneklerle gösterilmiştir. LQG tasarım metodu aynı zamanda diğer birçok metotlardan farklı olarak kontrolöre istenilen esnekliği kazandırmaktadır. Bunlar özellikle düşük frekanslı bozucuların yok edilmesi için integral kontrolün sağlanması, yüksek frekanslı bozucuların yok edilmesi için roll-off özelliğidir. Orta frekanslardaki bozucular için yine birçok uygulamada bu fonksiyonlar kullanılmıştır [1].
- (iv) Dinamik fonksiyonlar mümkün olduğu kadar basit seçilmeli ve çözümde sistemi daha kompleks duruma getirmemelidir, zorunlu haller dışında bu fonksiyonların polinomsal dereceleri artırınamazdır. Bazen kontrolörün roll-off olması için $B_c(s)$ polinomuun ikinci derece polinomsal fonksiyon alınabilir. Eğer sistem MIMO ise $B_c(s)$ polinomsal matrisi ikinci derece polinomsal köşegen fonksiyonlar alınabilir. Bir farklılıkta uygulama 2'de olduğu gibi $A_c(s)$ köşegen fonksiyonlardan bazdan izah edilen parametrelendirilmiş formdan farklıdır. Bu gibi durumlar tasarım gereği nadiren olmaktadır.
- (v) Uygulamalardan da anlaşıldığı üzere hem SISO hem de MIMO sistemler için LQG dinamik yüklem

fonksiyonlarının seçimi sistemin ihtiyacı doğrultusunda kolayca seçilebilmekte ve bazı yüklem fonksiyonlarının da sise-vs tepkisi açısından direk bağlantılı olduğu açık olarak izah edilmiştir.

- (vi) öncriler: Yüklem fonksiyonlarının frekans aralığındaki tepkilerinin kesiştiği nokta sistemin çalışma frekansına yakın olması analitik ve teorik olarak çalışılması gereklidir

6. KAYNAKÇA

- [1] Grimble, M. 1, "Industrial Robust Control", Prentice-Hall Inc., U.K., 1994.
- [2] Grimble, M.J. and Johnson, M.A., "Optimal Multivariable Control and ksunmtion Theory Theory and Applications, Vol 1-11", Wiley, Chichester, U.K., 1988.
- [3] Athans, M., "The role and use of the stochastic LQG problem in control system design", *IEEE Trans. Vol.AC-16*, No.6, pp 529-555, 1971.
- [4] Eker, İ., "Robust Multi-loop Control Design with Industrial Applications", I.D Thesis, Industrial Control Centre, University of Strathclyde, Glasgow, UK., 1995.
- [5] Eker, I. And Johnson, M.A., "New aspects of cascade and multi-loop process control", *Transactions of The Institution of Chemical Engineers- Chemical Engineering Research and Design, IChemE, Special topic issue- Process Operations and Control*, Vol 74, Part A, U.K., pp 38-54, 1996.
- [6] Grimble, M.J., "Multivariable controllers for LQG self-tuning applications with coloured measurement noise and dynamic cost weighting", *Int. J. Sys. Sc./.*, Vol. 17, 4, pp 543-557, 1986.
- [7] Eker, İ., Jonhson, M.A. and Grimble, M.J., "Robust cascade control design for process control", *AMST'94 Application of Multivariable Systems Technicjues*, 29-30 March, Bradford, U.K., pp 119-131, 1994.
- [8] Tsang, T.T.C., "The Application of Predictive Control to Flexible Robot Arms" \ Ph.D Thesis, Department of Engineering Science, University of Oxford, Oxford, U.K., 1989.
- [9] Eker, İ., "Self-tuning robust multi-loop AVRs for synchronous generators in primary regulation for power systems", *Adaptive Computing in Engineering Design and Control- '6 Conferrnce.* University of Plymouth Plymouth, UK., pp 220-227, 1996.
- [10] Fairbairn, N.A. and Grimble, M.J., "H_∞ robust controller for self-tuning control applications, Part 3: Self-tuning controller implementation", *Int. J. Cont.*, Vol.52, No.1, pp 15-36, 1990
- [11] Eker, İ. and Johnson, MA, "Robust multi-loop AVRs for synchronous generator voltage control: Multivariable Polynomial LQG Approach", *IDSPCC95 6th Irish Digital Signal Processing and Control Conference*, 19-20 June, The Queen's University of Belfast, Belfast, UK, pp 163-170, 1995.
- [12] Eker, L, "Robust multivariable H_∞ AVR design for synchronous generators", *30th Universities Pov/ev Engineering Conference (UPEC'95)*, University of Greenwich, Greenwich, 5-7 Sep., London, UK., pp 473-476, 1995.

Bulanık Denetim Algoritmalarının PLC Komutlarıyla Gerçekleştirilmesi

Serhat YILMAZ¹, Adem GEDİK¹, Hasan DİNÇER¹, Bekir ÇAKIR²

¹KOÜ. Elektronik ve Haberleşme Sistemleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (EHSAM), İzmit

²KOÜ. Müh. Fak. Elektrik Bölümü , İzmit

E-mail: serhaty@kou.edu.tr

ABSTRACT

Programmable Logic Controllers are microprocessor based control systems which manage a machine or an industrial foundation by means of change of situations and a program edited before .. Application of fuzzy logic theory in control systems proved to be superior to the conventional control systems . Fuzzy logic controllers can infer coherent results in uncertain conditions when it is necessary to control a complex system which is impossible to model using mathematical ways . in this paper, the realization of fuzzy control algorithms such as fuzzification, fuzzy decision making and defuzzification by means of PLC instructions were investigated. The control method has been applied to improve an industrial control training system.

1. GİRİŞ

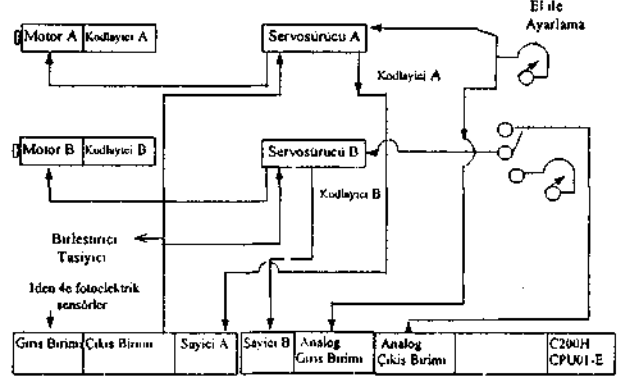
PLC'ler, endüstriyel denetimde mikroşlemci uygulamalarının en hızlı yaygınlaşan alanıdır. Analog giriş/çıkış modülleri aracılığıyla hız , sıcaklık gibi ayrık olmayan veriler PLC'ler tarafından kolaylıkla işlenebilmektedir.

Bulanık Küme Kuramının otomatik kontroldeki uygulama alanı olan bulanık denetleyici tasarımında dinamik sürme sisteminin modeli gerekli olmadığından ve bulanık denetleyicinin performansı parametre değişimlerine duyarlı olmadığından motor sürücü sistemi uygulamaları için oldukça uygundur.

2. TAŞIYICI BAND DENETİM SİSTEMİ

Bu örnek uygulamada , ürün paketlemede kullanılan iki taşıyıcı bandın denetiminde Bulanık denetim yöntemi kullanılmaktadır. Ürünler A taşıyıcısı üzerinde rastgele aralıklarla fakat sabit bir hızda taşınır. Paketler ise A taşıyıcısına paralel çalışan ve hızı yüklenen bulanık denetim için PLC ye yüklenen merdiven programı tarafından kontrol edilen B taşıyıcısı ile düzgün aralıklarla taşınır .

Bulanık denetim programı B taşıyıcısının hızını ayarlayarak ürünlerle paketlerle aynı anda birleşme noktasına gelmesini sağlar. Gerekli olan bilgi, ürünle paketi arasındaki mesafe farkı ve bu farktaki değişimin hızıdır.



Sekili. Taşıyıcı Band Denetim Sistemi

2.1. Sistemin Çalışması:

Taşıyıcı A üzerindeki ilk fotoelektrik sensörden (PH 1) ürün geçene kadarki süre zarfında ondan önce taşıyıcı 15 üzerindeki ilk fotoelektrik sensörden (PH2) geçen paketin aldığı mesafe hesaplanabilir. Bunu yapmak için taşıyıcı motorlarının arkasına dönen kodlayıcılar ve hızlı sayıcılar bağlanır. Bu mesafeye ürün/paket farkı adı verilir. Bulanık Denetimde bu ilk kurallar bu fark temel alınarak belirlenir:

" Eğer ürün/paket farkı büyükse taşıyıcı B yi yavaşlat"
" Eğer ürün/paket farkı küçükse taşıyıcı B nin hızını fazla değiştirme "

Bu kuralları ve ürün/paket mesafesinin değişim hızını baz alan kuralları kullanarak bulanık mantık işlem yapılması , taşıyıcı B'nin hızının çok hassas ve kolay olarak ayarlanmasını sağlar.

2.2. Bilgi Tabanının Oluşturulması:

Giriş Verisi: Ürün/paket farkı için giriş verisi aşağıda görüldüğü gibi ürünün pakete bağlı olarak konumu (E) alınarak hesaplanır.

$$E = (\text{dönen kodlayıcı A dan gelen sayı}) - (\text{dönen kodlayıcı B den gelen sayı}) \dots \dots \dots (1)$$

Farkın değişim hızı için giriş verisi (A E), kısaca E nin en son değeri (E_n) ile bir önceki değeri (E_{n-1}) arasındaki farktır

$$\Delta E = (E_n) - (E_{n-1}) \dots \dots \dots (2)$$

2.3. Kuralların Oluşturulması

Kuralların İfade Edilmesi: Kurallar , sistemle ilgili bilgi ve geçmiş tecrübelerinizin her gün kullandığımız ifadelerle düzenlenmesi ile oluşturulur. Bu ifadelerin düzenlenmesi için aşağıdaki gibi bir yol izlenebilir.

Tablo 1. Kural Tablosu

E	Kutu önde		Eşit gibi		Ürün önde
A E					
Paket daha hızlı	Paketi çok yavaşlat	Paketi çok yavaşlat	Paketi biraz yavaşlat	Paketi biraz hızlandır	Paketi hızlandır
Eşit Gibi	Paketi çok yavaşlat	Paketi yavaşlat	Paketi biraz yavaşlat	Paketi biraz hızlandır	Paketi hızlandır
	Paketi yavaşlat	Paketi biraz yavaşlat	Değiştirme	Paketi biraz hızlandır	Paketi hızlandır
Paket daha yavaş	Paketi yavaşlat	Paketi biraz yavaşlat	Paketi biraz hızlandır	Paketi hızlandır	Paketi çok hızlandır
	Paketi yavaşlat	Paketi biraz yavaşlat	Paketi biraz hızlandır	Paketi hızlandır	Paketi çok hızlandır

Simgelere Dönüştürme : Daha sonra giriş verisi , çıkış verisi ve yukarıdaki tablodaki ifadeler aşağıda görüldüğü gibi simgelere dönüştürülür.

Giriş verisi:

Ürün/paket farkı :E

Farkın değişim hızı: DE (A E)

Çıkış verisi:

Taşıyıcı B'nin hız ayarı: VB

Yukarıdaki tablodaki ifadeler aşağıdaki gibi çevrilebilir :

Tablo 2. Kural Tablosu	NB	NK	SC	PK	PB
DE					
PB	NB	NB	NK	PK	PO
PK	NB	NO	NK	PK	PO
SC	NO	NK	SC	PK	PO
NK	NO	NK	PK	PO	PB
NB	NO	NK	PK	PO	PB

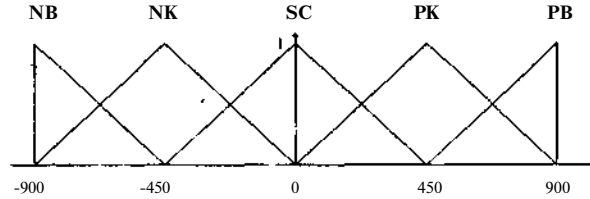
3. TAŞIYICI BAND SİSTEMİNDE TEMEL PLC KOMUTLARIYLA BULANIK DENETİM

Burada çıkartım yöntemi olarak sum-min , durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi metodu kullanılacaktır, giriş ve çıkış adresleri birer bellek bölgesidir ve girişlerin içeriğinin yazıldığı bellek bölgelerinden veriler alınıp bulanık denetim sonuçları çıkış adresine aktarılabilir. Bunun için PLC de bulunan çarpma , bölme , toplama , çıkarma , karşılaştırma , aktarma gibi komutlar kullanılarak , bulanıklaştırma , karar çıkartım ve durulaştırma algoritmaları oluşturulmalıdır.

3.1. Hata (E) nin Sınırlarının ve Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Taşıyıcı A'nın hızı sabittir ve yaklaşık 85.7 Hz dir . Taşıyıcı B'nin hızı ise yaklaşık 11.5 Hz le 46 H7 (Taşıyıcı A'ya

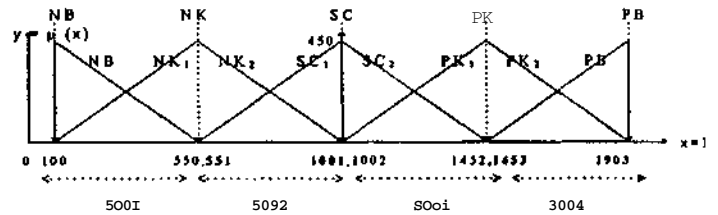
göre normalize edilirse 46 Hz ile 184 Hz) arasında denetlenebilmektedir . Bu durumda Taşıyıcı B , Taşıyıcı A'nın en az 0,536 katı hızla en fazla ise 2,14 katı hızla gidebilmektedir . Bu durumda Taşıyıcı B ye yeni konmuş bir paket , Taşıyıcı A'daki en fazla yarı yola gelmiş bir ürünü yakalayabilmektedir. Yine aynı şekilde, yola çıkmış bir paket yaklaşık olarak yarı yola gelene kadar , yeni çıkmış bir ürünü bekleyebilmektedir . Bu nedenle Taşıyıcı A'nın aldığı yola karşılık gelen devir sayısı ile , Taşıyıcı B'nin aldığı yola karşılık gelen normalize edilmiş devir sayısı arasındaki fark (E) ; ortalama olarak +900 ün üzerindeyse paket ,ürünü ; yaklaşık - 900 ün üzerindeyse ürün , paketi yakalayamamaktadır . Hata +900 devirden büyük olunca Taşıyıcı A , -900 den küçük olunca Taşıyıcı B durdurulmalı , böylece Hata sınırları -900 ile + 900 arasında tutulmalıdır.



Şekil 2. Hata değişkeninin hesaplama aralığı

PLC lerde negatif sayıları doğrudan yazılamamaktadır . Hatayı bulurken yapılacak çıkartma işleminin sonucu negatif çıkarsa negatif elde bayrağına bakılıp , aktifse sonucu tekrar sıfırdan çıkartılarak pozitif bir değer elde edilir ve bu değere göre işlem yapılır . Bunun yerine hata aralığının pozitif bölgeye kaydırılması çözümü basitleştirecektir . Bu nedenle hata aralığı 1000 le toplanarak hiç bir zaman negatif olmaması sağlanır.

Üyelik fonksiyonlarının geçiş noktaları olan 100, 550 , 1000 , 1450 ve 1900 noktalarında iki üyelik fonksiyonunun üyelik dereceleri hesaplanırken , üyelik derecesinin 0 olduğu bilinen bir üçüncü üyelik fonksiyonu daha hesaplanmaktadır. Hata giriş değişkenine ait bu üç üyelik fonksiyonu ile diğer giriş değişkeninden gelecek 3 üyelik fonksiyonunun kombinasyonu sonucunda , aynı anda daha fazla kural hesaplanması gerekebilir . Oysa aynı anda 4 kuralın aktif olması tercih edilir . Bu nedenle üyelik fonksiyonlarının geçiş noktaları ayrılarak, bu noktadaki girişimlerin önüne geçilir . Şekildeki eşkenar üçgenin bir kenarı 450 birimdir . PLC ler 0'la 1 arasındaki değerleri 0 a yuvarlamaktadır . Bu nedenle üyelik derecelerini 0 ile 1 arasında almak yerine 0 la 450 arasında almak gerekir . Böylece benzerlikten yararlanarak girişlere göre fonksiyonların ağırlıklarının hesaplanması (y =x) daha kolay olacaktır.



Şekil 3. Hata değişkeni için dereceleri (n (x)), 0 ile 450 arasında ölçeklendirilmiş üyelik fonksiyonları ve hata değişkeninin bulunduğu aralığa göre hesaplanacak olan fonksiyon çiftleri

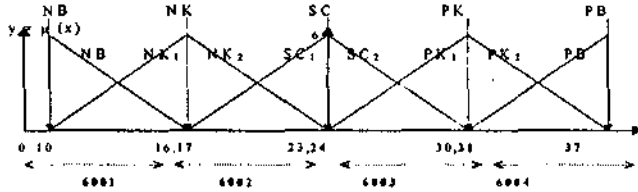
NK , SC ve PK üyelik fonksiyonları ; eğimleri birbirinin zıttı olan ikişer doğru denkleminden oluşmaktadır . 1. fonksiyonlar 1 indisi ile 2. fonksiyonlar 2 indisi ile gösterilir.

Tablo 3. Hata değişkeninin bulunduğu aralığı: göre hesaplanacak olan fonksiyonlar

Fonksiyonlar	Hesaplandığı (Geçerli Olduğu) Aralık (x=E)	PLC Programını. Bu Aralık Simgeleyecek, Olan Lül
$y_1 = NB = 550 - x$	100-550	5001
$y_2 = NK_1 = x - 100$	100-550	
$y_3 = NK_2 = 1001 - x$	551-1001	5002
$y_4 = SC_1 = x - 551$	551-1001	
$y_5 = SC_2 = 1452 - x$	1002-1452	5003
$y_6 = PK_1 = x - 1002$	1002-1452	
$y_7 = PK_2 = 1903 - x$	1453-1903	5004
$y_8 = PB = x - 1453$	1453-1903	

3.2. Hatadaki Değişim (A. E) nin Sınırlarının ve Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi:

Taşıyıcı A'nın hızı 85 Hz ve Taşıyıcı B'nin hızı 46 Hz iken aralarındaki hatanın O a indirilebilmesi için Taşıyıcı B'nin hızının 1 sn içinde 39 devir daha artması gereklidir . Taşıyıcı B'nin hızı 184 Hz de iken 85 Hz e inebilmesi için 1 sn de hızını 99 devir azaltması gerekir . Gerçekte ise motor bu kadar çabuk ivmelenememektedir . Yapılan gözlemlerde hata ile 1 sn önceki hata arasındaki farkın yani hatadaki artma veya azalmanın en fazla 12 devir olabileceği görülmüştür . Benzer şekilde Hatadaki değişim için de üyelik fonksiyonları ve sınırlar aşağıdaki gibi belirlenir.



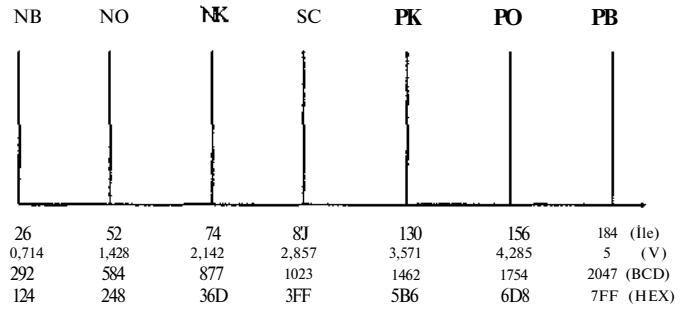
Şekil 4. Hatadaki Değişim (A E) değişkeninin bulunduğu aralığa göre hesaplanacak olan fonksiyon çiftleri

Tablo 4. Hatadaki Değişim (A E) değişkeninin bulunduğu aralığa göre hesaplanacak olan fonksiyonlar

Fonksiyonlar	Hesaplandığı Aralık	PLC Programında Bu Aralığı Simgeleyecek Olan Bit
(x= A E)		
$y_1 = NB = 16 - x$	10-16	6001
$y_2 = NK_1 = x - 10$	10-16	
$y_3 = NK_2 = 23 - x$	17-23	6002
$y_4 = SC_1 = x - 17$	17-23	
$y_5 = SC_2 = 30 - x$	24-30	6003
$y_6 = PK_1 = x - 24$	24-30	
$y_7 = PK_2 = 37 - x$	31-37	6004
$y_8 = PB = x - 31$	31-37	

3.3. Taşıyıcı B nin Hızını Belirleyen Denetleyici Çıkışa Ait Sınırların ve Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi :

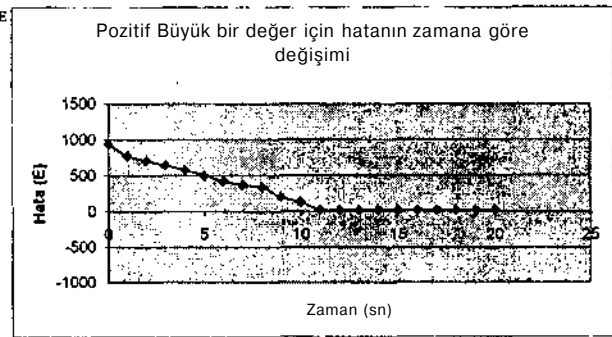
Taşıyıcı B 'ye ait servosürücü , a/u.og çıkış biriminden 0 la 5 V arasında besleme almaktadır Bu da analog çıkış biriminde 0 la 07FF (BCD karşılığı 0 la 2047) bilgisine karşılık gelmektedir . Buna karşılık sürücü çıkışında motora 0 la 12 V arasında gerilim verilmekte ve motorun hızı maksimum 184 Hz olmaktadır. Analog çıkış birimine aktarılacak olan denetleme çıkışa ait 0 la 07FF lik bölge , 7 singletone üyelik fonksiyonum aşağıdaki şekilde bölünür.



Şekil 5. Denetleyici Çıkış değişkeni için hesaplama aralığı

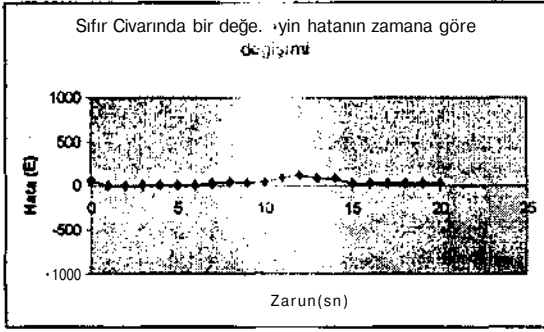
4. DENEY SONUÇLARI

Farklı hata büyüklükleri için hatanın zamana göre değişimi incelenmiştir. Bu amaçla Hata Bilgisi PLC 'de 1 er saniye aralıklarla ölçülüp birbirini takibeden 20 farklı bellek adresinde saklanmış ve bu verilere göre hatanın değişimi çizilmiştir. Denetimin başladığı andan ürünle paketin birleşme alanına ulaştığı ana kadar geçen süre en fazla 20sn sürmektedir.



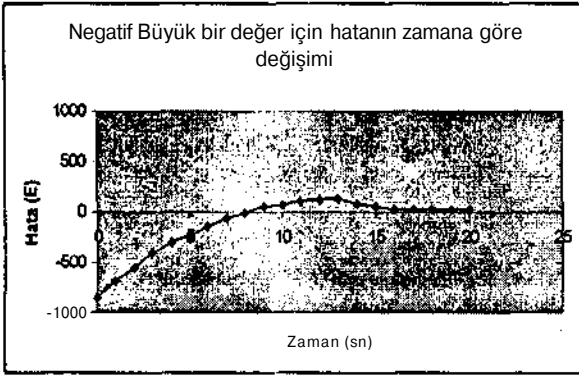
Şekil 6. PB için hatanın değişimi.

Hata* ne büyüklükte olursa olsun kısa zamanda sıfıra yaklaşmaktadır.



Şekil 7. SC için hatanın değişimi.

Dalganmaların sebebi B bandındaki kayışı döndüren milin ideal olmaması nedeniyle belirli periyodlarla sıkışıp bandı yavaşlatmasıdır.



Şekil 8. NB nin zamana göre değişimi

5. SONUÇ

PLC'ler endüstriyel amaçlı olup özellikle orta ve büyük ölçekli sanayiide çok büyük önem taşımaktadır. Bulanık Mantıkla Kontrol günümüzün en popüler denetim tekniklerinden biri olmak üzeredir. • Ve endüstrinin bu konuda büyük beklentileri vardır. Bu çalışmada sadece PLC komutları kullanarak bulanık denetim işlemleri yapılmış ve endüstriyel amaçlı bir deney setinin denetimi gerçekleştirilmiştir . Bulanık denetim ile geleneksel denetim metodlarının birleştirilmesi gelecekte kontrol için en iyi yöntem olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] OMRON .Sysmac C200H-FZ001 FUZZY LOGIC UNIT OPERATIONMANUAL-1992
- [2] OMRON, Sysmac C Serial OMRON PROGRAMMABLE CONTROLLERS
- [3] OMRON .Sysmate FUZZY SUPPORT SOFTWARE OP.MANUAL, 1992
- [4] J. ROSS, Timothy, "Fuzzy Logic with Engineering Applications", Mc Graw-Hill Inc ,1995.

- [5] Li Y.F.; Lau C.C, "Development of fuzzy algorithms for servo systems", IEE Control System Magazine, April, 1989
- [6] Lee C.C, "Fuzzy Logic in control systems: fuzzy logic controller, IEEE Transactions on systems, man and cybernetics" No.20, Sayı 404-405,1990.
- [7] S.Yılmaz , A.Gedik ., H.DİNÇER, H. Otmanbölük , "Speed Control of Motor by Means of Fuzzy Logic Unit Aided PLC" , Journal of Kocaeli , Sayfa 28-34, 1997

OSMANLICA HARFLERİN GERİ YAYILMALI YSA İLE TANINMASI

Ali ÖZTÜRK

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Selçuk Üniversitesi

42031 KONYA

E-mail: aozturk@eniac.cc.selcuk.edu.tr

ABSTRACT

Character recognition problem, broadly speaking, is transferring a page that contain symbols to the computer and matching these symbols with previously known or recognized symbols after extraction the features of these symbols via appropriate preprocessing methods.

Because of silent features of the characters, implementing an Ottoman character recognition system is a difficult work. Lots of works has been done by different researchers far years to develop systems that would recognize Latin characters. Although almost one billion people use Arabic characters, great deal of whom have different native languages, the number of studies on this field is insufficient. Ottoman characters are almost the same as Arabic characters.

in this study 28 different machine-printed Arabic characters from three different fonts are used to train the Artificial Neural Network and a %95 classification accuracy for the characters in these fonts and a %70 classification accuracy for a different font has been found.

1. GİRİŞ

Karakter tanıma işlemini, insan-makine iletişimini kolaylaştırmak üzere elle veya matbaa harfleriyle yazılmış metinleri doğru biçimde bilgisayara tanıtmak olarak tanımlayabiliriz. Metin tanıma sistemlerinde, sembolleri segmente etme, yani her sembolü diğerlerinde izole ederek bağımsız olarak ele alma en kritik işlem olarak karşımıza çıkar. Sembolleri doğru olarak tanımayı etkileyen faktörleri genel olarak şöyle sıralayabiliriz [1] :

- Yazma biçimi
- Taranan sayfanın fiziksel durumu (Yani tarayıcıya doğru şekilde konma biçimi)
- Sayfanın kalitesi
- Metinden başka oluşan lekeler
- Tarayıcının kalitesi ve çözünürlüğü

El yazısı bir metni tanıma, matbaa harflerinden oluşan metni tanıtmadan daha zordur. Bu yüzden pratik alanda matbaa harflerini tanıma daha çok uygulanmıştır. Çoğu zaman, tanınacak semboller birbirine bağlı parçalardan oluşabilir. Latin harfleri el yazısıyla yazıldığında harfler birbirine

bağlıken, Osmanlıca metinler matbaa harfleriyle de yazılsa birbirine bağlı harf grupları şeklinde karşımıza çıkar. Yazının doğasından olduğu kadar, değişik nedenlerden (tarayıcı çözünürlüğü, yazıcı veya kağıt kalitesi) dolayı ortaya çıkan gürültü (noise) de harfleri bitişirebilir veya tek bir harfi parçalayabilir. Bu sorun genellikle bağlantılık ve kesimleme (connectivity & segmentation) olarak bilinir [1].

Bu çalışmada Osmanlıca karakterleri tanımak için kullanılan Yapay Sinir Ağı, Geri Yayılma Algoritmasını kullanan Çok Katmanlı İleri Beslemeli (Multilayer Feed Forward Network with Backpropagation) Ağıdır. Giriş katmanında her harf için 700 adet, tek gizli katmanda 30 adet ve çıkış katmanında her harf için bir adet olmak üzere toplam 28 adet düğüm vardır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid kullanılmaktadır.

2. OSMANLICA HARFLERİN ÖZELLİKLERİ

10 adet Arapça rakamı tanıma konusunda yeterli başarı elde edilmiş olmasına rağmen, Arapça harfleri özellikle yapay sinir ağıları yardımıyla tanıma konusunda çok az yayın bulunmaktadır. Osmanlıca harfleri tanıma işlemi alfabeyi oluşturan harflerin değişik durumlarda ortaya çıkan özelliklerinden dolayı oldukça zor bir işidir.

Her harfin bulunduğu konuma göre dört değişik biçimi vardır: Birbirine bağlı herhangi bir harf grubunda

- Başta
- Ortada
- Sonda olabilir. Ya da,
- Diğer harflerden izole durumda olabilir.

Osmanlıca metinleri diğer dillerden ayıran önemli farklar şunlardır [2] :

- Harfler birbirine bağlı gruplar şeklindedir. (Matbaa ya da el yazısı olması bu durumu değiştirmiyor.)
- Harfin şekli birbirine bağlı harf grubundaki konumuna göre değişmektedir.
- Aynı font için karakterler kalınlık olarak değişebilmekte, aynı karakterin bile değişik konumlarda değişik kalınlıkları olabilmektedir.
- Bazı karakterler düşey olarak aynı hizada olabilmektedir.

Osmanlıca metinler, matbaa ya da el yazısı olsun hep birbirine bağlı gruplar içerdiği için, harfleri izole etme yani

Osmanlıca'sının tanınması bile, Latin el yazısını tanıma işleminden daha değerli bir çalışmadır, çünkü harf kalınlığı aynı harf için bile değişik konumlarda değişmektedir [3].

Tablo 1. Her Biri Bir Sınıfa Karşılık Gelen 28 Temel Arapça Harf.

Sınıf No	Harf	Sınıf No	Harf	Sınıf No	Harf	Sınıf No	Harf
1	ا	8	ي	15	و*	22	آ
2	س>	9	ي	16	ي.	23	ج
3	و	10	ج	17	ي.	24	ر
4	ث	11	ز	18	ع	25	ز
5	ح	12	س	19	ف.	26	>
6	ح	13	ش	20	ق	27	د
ر	ح	14	ص	21	ق	28	ي

Tablo 2. Benzer Şekle Sahip Arapça Harflerin Aynı Sınıfa Atanması ile Oluşan Temel Harf Grupları.

Sınıf No	Harf Grubu	Sınıf No	Harf Grubu	Sınıf No	Harf Grubu
1	ا	8	ط ط	15	ه
2	ث ث	9	ل ل	16	ج
ا	ح ح	10	ا 3	17	ي
4	ا ا	11	ا		
5	ا ا	12	ا		
6	و-ج	13	ف		
ر	ص ص	14	ه		

3. GERİ YAYILMALI YAPAY SINIR AĞI

Geri yayılma ile eğitilen çok katmanlı algılayıcı [4], yapay sinir ağı sınıflandırıcıları içinde en ünlüsü ve en yaygın kullanılanıdır. Lineer olmayan aktivasyon fonksiyonlu ve tek gizli katmanlı ağların en çok kabul gören sınıflandırıcıları olduğu bilinmektedir. Doğru biçimde eğitildiklerinde, herhangi bir örüntüyü belirleyen özellik kümesini giriş vektörü olarak alıp, istenilen sınıflandırmayı yapabilecek güce sahiptirler.

Örüntüyü belirleyen giriş vektörü ağın ilk katmanına verildikten sonra, aradaki gizli katmanlardan geçerek en sondaki çıkış katmanına ağırlıklar yardımıyla geçer. Ağdaki her bir sinir hücresi, kendisinde sonlanan ağırlık vektörlerinin aritmetiksel toplamını aldıktan sonra, sonucu kendinden sonraki katmanın tüm sinir hücrelerine lineer olmayan bir aktivasyon fonksiyonunun sonucu olarak iletir.

$$out_i = f(net_i), = f\left(\sum_j w_{ij} x_{out_j} + \theta_i\right) \quad (D)$$

Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılabilir bir kaç seçenek vardır. Bu tez çalışmasında Sigmoid kullanılmıştır :

$$f(net_i) = \frac{1}{1 + e^{-net_i}} \quad (2)$$

Q_0 terimi, sinir hücresinin sıcaklık değeridir. Sıcaklık ne kadar büyükse, sigmoid fonksiyonu o kadar yavaş değişir. Çok düşük sıcaklıklarda ise bir adım fonksiyonuna dönüşür [4].

Geri yayılmalı eğitim algoritmasında, ortalama kare hatası (mean square error) olarak bilinen hata kriteri kullanılabilir.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N (t_{pj} - O_{pj})^2 \quad (3)$$

Burada E_p , p. vektör için hatayı, t_{pj} j. sinir hücresi için beklenen değeri (yani eğitim setindeki ilgili çıkış değerini) ve O_{pj} , j. çıkış düğümünün gerçek değerini göstermektedir. Hataların karesini almakla, beklenen değerden uzakta olan çıkış değerlerinin toplam hatayı oluşturması sağlanmaktadır. Eğer üssü daha çok büyütürsek, bu etki daha da artacaktır.

Geri yayılmalı eğitim için gerekli denklem,

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_{pj} O_{pi} \quad (4)$$

Burada T/J öğrenme oranı, δ_{pj} , L. katmandaki sinir hücresinin hata sinyali ve O_{pi} , (L-1). katmandaki sinir hücresinin çıkış değeridir. δ_{pj} hata sinyali,

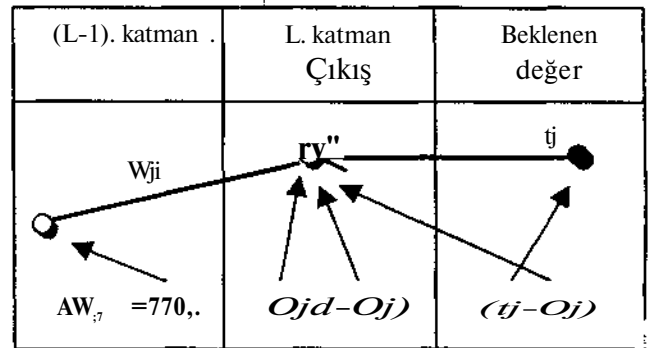
1) Çıkış katmanındaki sinir hücreleri için

$$\delta_{pj} = (t_{pj} - O_{pj}) O_{pj} (1 - O_{pj}) \quad (5)$$

2) Gizli katmandaki sinir hücreleri için

$$\delta_{pj} = O_{pj} (1 - O_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{kj} \quad (6)$$

Burada O_{pj} , L. katmandaki sinir hücreleri için, O_{pk} , (L-1). katmandaki sinir hücreleri ve δ_{pk} , (L+1). katmandaki sinir hücreleri için kullanılmaktadır.



Şekil 1. Çıkış Katmanı Sinir Hücrelerinin Eğitimi.

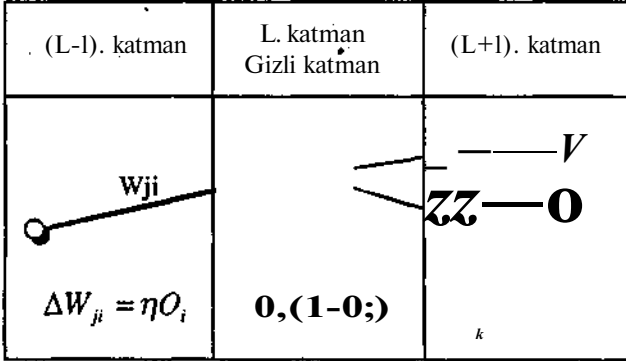
Pratikte, denklem (4)'e bir OL momentum katsayısı daha çabuk yakınsamayı sağlamak amacıyla eklenmektedir. Bu katsayı değeri, ağırlıklardaki önceki değişimlerin de ele alınmasını sağlamaktadır ve ağırlık uzayındaki hata yüzeyini, yüksek frekanstaki değişimleri süzerek düzleştirmeyi

sağlamaktadır. Momentum sabitinin kullanılması durumunda, ağırlıklar aşağıdaki gibi ayarlanmaktadır:

$$AW_{ji}(n+1) = rI(\bar{o}_{pj}, \bar{o}_{pi}) + ccAW_{ji}(n) \quad (7)$$

Momentum katsayısı, genellikle 0.7 olarak alınmakla birlikte, bazı uygulamalar için bu değer değişebilir. Böyle durumlarda, optimum değer ancak denemeyle bulunabilmektedir.

Geri yayılma algoritmasını uygulayabilmek için ilk etapta ağırlıklara küçük değerler verilmelidir. Ağırlıklara ilk değer olarak büyük sayılar verilmesi durumunda eğitime işlemi başarısız olmaktadır. Daha sonra eğitime setindeki vektörler ağırlık giriş katmanındaki sinir hücrelerine uygulanır.



Şekil 2. Gizli Katman Sinir Hücrelerinin Eğitilmesi.

İleriye doğru hesaplama sonucunda yapay sinir ağı çıkış katmanındaki sinir hücrelerinde gerçek değerler oluşacaktır. Daha sonra geri yayılma algoritması uygulanarak ağırlıklar ayarlanır. Toplam ağ hatası bu şekilde pekçok iterasyondan sonra azalmalıdır. Eğer bu olmazsa, eğitime parametreleri olan T_j ve OL değerleri değiştirilebilir. Eğitime seti içinde çelişkili veri bulunması durumunda (örneğin; aynı eğitime vektörü için iki farklı beklenen çıkış vektörü verilmesi) da eğitime parametrelerinin değerine bağlı olmaksızın, toplam ağ hatası azalmayabilir. Bu durumda eğitime seti kontrol edilmelidir.

Belli sayıda iterasyondan sonra genel ağ hatası önceden belirlenen sınır değerinin altına düşerse, ağ yakınsaması sağlandı demektir. Genel ağ hatasının lineer biçimde azalması gerekmez. Eğitimin ilk aşamalarında osilasyon olması normaldir. [1]

4. OSMANLICA KARAKTER TANIMA SİSTEMİ

Bu çalışmanın amacı olan, değişik fontlardaki Osmanlıca karakterleri tanıyan sistemin yapay sinir ağı yardımıyla gerçekleştirimi için iki temel aşama söz konusudur:

- Yapay sinir ağının eğitimi
- Sistemin test aşaması

Bu iki adımın her birinde de verilerin yapay sinir ağının işleyeceği şekle getirilmesi ve ağın çıkış katmanından elde edilen sonuçların sistem kullanıcısının (insan) doğasına uygun bilgilere çevrilmesi gerekmektedir. Bu işlemlere, sırasıyla ön işleme (preprocessing) ve son işleme (postprocessing)

denmektedir.

4.1. ön işleme Adımı

Osmanlıca karakter tanıma sisteminin sınırlandırıcı kesimi olan yapay sinir ağının eğitilmesi için gerekli veri internet ortamında yayınlanan üç değişik Arapça gazeteden elde edilmiştir. (Bkz. Şekil 3) Bu yazıların Arapça klavye ile yazılmış olması ve sayfa görüntülerinin hiçbir gürültü içermemesi ön işleme adımının oldukça kolay olmasını sağlamıştır. Gazetelerin HTML sayfalarında bu yazılar GIF resim formatında bulunmaktadır. Bu yazı görüntüleri hard disk ortamına download edildikten sonra, Microsoft Photo Editör yardımıyla 4 bit BMP formatına çevrilmiştir. Bunun nedeni, yazı görüntülerinin sadece gri seviyesi renkleri içermesinden dolayı 16 rengin (4 bit) yeterli olmasıdır [5][6]. Daha sonra bu sayfa görüntülerindeki temel Osmanlıca harfler Microsoft Paint programı yardımıyla kesilerek ayrı bir resim dosyasına kaydedilmiştir. Bu harflerin, yapay sinir ağı giriş katmanına uyumlu veriler haline gelebilmesi için, segmentasyon ve özellik çıkarımı işlemlerinden geçmesi gerekmektedir.

4.2. Segmentasyon

Ayrı bir resim dosyasına saklanan üç değişik fonttaki Arapça harflerin segmentasyon yardımıyla ayrı ayrı ele alınıp yapay sinir ağına uyumlu veriler haline getirilmesi aşağıdaki alt adımlar sonucu gerçekleşmektedir:

- Resim dosyasında görüntü olarak bulunan harflerin sayısal değer olarak ifade edilmesi için BMP dosyayı 0 ve 1'lerden oluşan bir metin dosyasına çevirmek gerekmektedir. Bu amaçla yazılan program, siyah pikseller için 1, beyaz pikseller için 0 yazmak üzere BMP dosyasında bulunan görüntüyü metin dosyasına dönüştürmektedir.

Elif	Bs	Te	Se	Cim	Ha	Hi	Dal	Zal	Re	Ze	Sin	Şin	Sad
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Dad	Ti	Zi	Ayn	Gayn	Fe	Gaf	Kef	Lam	Mim	Nun	Vav	Ha	Ye
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

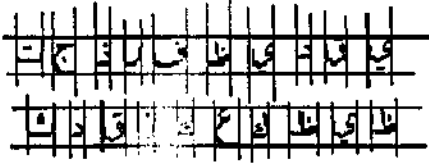
Şekil 3. Yapay Sinir Ağını Eğitmede Kullanılan Üç Değişik Fontta Arapça Harfler.

- Metin dosyasına aktarılmış sayfa görüntüsündeki her harfin alt, üst, sağ ve sol sınırlarını bulmak üzere yapılan segmentasyon işlemi sonucu harfler 20x3 5'lik matrislere aktarılmaktadır. Bu matris boyutları harfleri belirleyen özellikleri kaybetmeden kullanılabilir optimum boyut olarak bulunmuştur. Segmentasyon işlemi iki alt aşamada gerçekleşmektedir:

- Harfler sayfaya satır satır yazıldığı için, algoritma ilic geçişte satır sınırlarını bulmaktadır.
- Bulunan satırlarda her harf arasında bulunan boşluklarda

yararlanılarak harflerin sol ve sağ sınırları bulunmaktadır. (Bkz. Şekil 4)

3) Matrislere 0 ve 1'ler olarak aktarılan harf verilerinin, yapay sinir ağının tek boyutlu giriş katmanına uyumlu hale gelmesi için 700 satırlık vektör şekline ϵ , e vrilmesi (normalize edilmesi) işlemi yapılmaktadır.



Şekil 4. Arapça Harflerin Segmentasyonu.

Yukarıda belirtilen alt adımlar sonucu elde edilen veriler ve bunlara karşılık gelen çıkış değerleri yapay sinir ağının eğitilmesi için kullanılacak dosyaya yazılmaktadır. Arapça alfabede 28 temel harf olduğundan, 3 değişik font için toplam 84 harf elde edilmiştir. Her harf için 700 satırlık giriş vektörü olduğundan, her satırda piksel rengine göre 0 veya 1 rakamları olmak üzere toplam 58800 satırlık giriş vektörleri verisi ile bunlara karşılık gelen 28 kolonluk ve 84 satırlık çıkış matrisi bulunmaktadır.

4.3. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi

Geri yayılma algoritmasını kullanan öğreticili ileri beslemeli ağ algoritmasını uygulayan program Borland C++ for Windows ile gerçekleştirilmiştir. Bu program kullanıcıdan sırasıyla aşağıda belirtilen değerleri girmesini istemektedir :

- Eğitme sonuçlarının saklanacağı dosyalar için isim
- Eğitme verisinin bulunduğu dosya ismi
- Giriş düğümü sayısı
- Çıkış düğümü sayısı
- Gizli katman sayısı ve gizli katman düğüm sayısı
- Maksimum itcrasyon sayısı
- Öğrenme oranı (Eta)
- Ağırlık adaptasyon oranı (Momentum)

Ayrıca program eğitme işlemi yarıda keserek ağ ağırlıklarının saklama ve sonra kaldığı yerden devam etme özelliğine de sahiptir. Eğitme işlemi sonunda bu program yapay sinir ağı ile ilgili bilgileri saklamak üzere 'task name' olarak verdiğimiz dosya adına gerekli harfleri ekleyerek oluşturduğu dosya adlarına sahip dosyalarda saklamaktadır.

4.4. Sınıflandırma (Test) Aşaması

Geliştirilen harf tanıma sisteminin test edilmesi ve görsellik kazandırılması amacıyla Dephi yardımıyla grafiksel bir kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Bu arayüz penceresinin sol tarafında sistemin testi için kullanılacak harfleri içeren sayfanın görüntülediği bir alan ve sağ tarafında fare ile seçilen harflerin okunuşunun görüntülediği bir kutucuk bulunmaktadır.

5. SONUÇLAR

Yapay sinir ağının giriş katmanı giriş vektörlerinin satır sayısı kadar düğüm (700 adet), çıkış katmanı ise her Arapça harf için bir adet olmak üzere 28 adet düğüm içermektedir. Tek gizli katmanda ise 30 adet düğüm bulunmaktadır. Yapay sinir ağı,

genel ağ hatası 0.000106 olana kadar sekiz saat süren toplam 4000 iterasyon sonucu eğitilmiştir. Bunun sonucu eğitme setindeki harfleri yaklaşık %94 oranında doğru sınıflandırma başarısı göstermiştir. Sadece aşağıdaki harfler için yanlış sınıflandırma söz konusudur.

و ي ب ص ز

Şekil 5. Eğitme Setinde Bulunan ve Yanlış Sınıflandırılan Harfler.

Eğitme setinde, üç değişik Arapça fonttan 28'er adet olmak üzere toplam 84 harf için normalize edilmiş değerler bulunmaktadır. Bu fontlardaki Arapça harflerin şekillerinin bozulmadan tutulabileceği optimum matris boyutları 20 satır x 35 kolon olarak bulunmuştur. Arapça harflere karşılık gelen bu matris değerlerine karşılık yapay sinir ağının tek boyutlu giriş katmanının 20x35=700 sinir hücresi içermesi gerekmektedir. Bu yüzden, yapay sinir ağının eğitilmesi için kullanılacak eğitme verisini içeren dosyanın 84x700 = 58800 ayrı satır ve her satırda siyah ve beyaz piksellere karşılık gelen 0 ve 1 değerleri bulunmaktadır. Eğitme işlemi sonucunda eğitme setindeki ve test setindeki verilerin olması gereken hedef (target) değerlerden sapma oranlarının (hata) hesaplanması için aşağıda tanımlanan Kök Ortalama Kare Hatası (Root Mean Square Error) formülü kullanılmıştır:

$$E(\epsilon) = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |hedef - bulunun|^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Tanıma sistemi eğitime setinde kullanılmayan tamamen farklı bir fonttaki Arapça harflerle test edilmiş ve %70 oranında doğru sınıflandırma başarısı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKÇA

- [1] Abhijit S. Pandya and Robert B. Macy, " Pattan Recognition with Neural Networks in C++", *IEEE Press*, 1996
- [2] Badr Al-Badr, Haralick R.M., " Segmentation-Free Word Recognition with Application to Arabic", *The Intelligent Systems Laboratory*, University of Washington, 1995
- [3] R.F. Walker, M. Bennamoun, B. Boashash, "Comparative Results For Arabic Character Recognition Using Artificial Neural Networks", *QueenSland University of Technology*, 1995.
- [4] Rumelhart D.E., Hinton G.E. and Williams R.J., " Learning Internal Representations by Error Propagation", *Parallel Distributed Processing, Vol.J : Foundations*, D.E. Rumelhart and J.L. McClelland (Eds.), MIT Press, Cambridge, MA, pp 318-362, 1986
- [5] Levinc J., " Programming for Graphics Files in C and C++", *John Wiley & Sons*, New York, 1994
- [6] Rimmer S., "Supercharged Bitmapped Graphics", *Windcrest/McGraw*, NewYork, 1992

GÖRÜNTÜ TANIMA UYGULAMALARINDA CİSİM-ZEMİN SINIRININ TESBİT EDİLMESİNDE BİR YÖNTEM

Erdem BİLGİLİ
Elektronik Mühendisliği Bölümü
G.Y.T.E.
41400 GEBZE
E-mail : erdembilgili@yahoo.com

Ertuğrul KARAÇUHA
Elektronik Mühendisliği Bölümü
G.Y.T.E.
41400 GEBZE
E-mail : karaçuha@penta.gyte.edu.tr

Ramazan Çoban
Elektronik Mühendisliği Bölümü
G.Y.T.E.
41400 GEBZE
E-mail : rcoban@penta.gyte.edu.tr

ABSTRACT

in this study, a new method has been developed to identify the boundary of object-field. Generally, edge detection algorithms with high level threshold were used in the other boundary detection techniques. On the contrary, the pixels on the boundary were sequentially detected from image which was obtained from original image by used edge detection algorithm with $k > w$ level threshold, *the Uus* method.

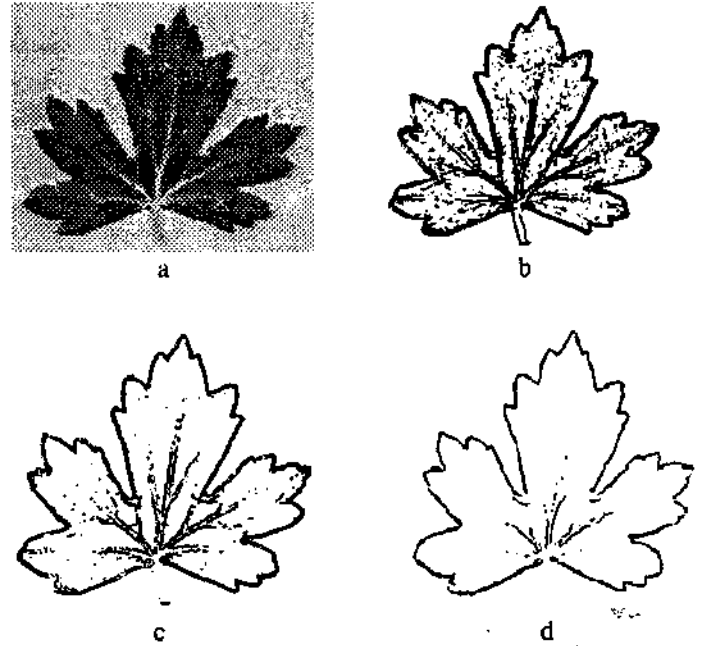
1. GİRİŞ

Görüntü tanıma, görüntü sınıflandırma uygulamalarında ilk olarak görüntüye ait çeşitli parametreleri içeren bir özellik vektörü (features set) çıkarılır. Daha sonraki aşamalarda görüntüyü bu vektör temsil eder. Görüntüyü temsil eden bu özellik vektörünün elemanları görüntüdeki hedef cismin geometrik yapısından, renk veya parlaklık dağılımından elde edilir. [1],[2]. İyi bir sınıflandırma işlemi için bu parametrelerin seçimi çok önemlidir. Bu parametrelerin elde edilmesi aşamasında görüntüdeki cisim ile zemini ayıran sinimin kesin bir biçimde belirlenmesi gereklidir ki bu işleme 'sınır tanıma' (boundary detection) ismi verilir.[2],[4]. Aksi halde parametreler yalnızca ilgilenilen cisme ait görüntüye değil, cismin bulunduğu zemine de bağlı olacaktır.

Cisim-zemin sınırının belirlenmesinde kenar tanıma algoritmaları kullanılır. Bu algoritmalarındaki ortak olan kenar belirleme kriteri, herhangi bir pikselin parlaklık seviyesinin komşu pikseldeki parlaklık seviyelerine göre değişimidir. Bu nedenle bu algoritmalarda herbir piksele ait parlaklık gradienti bulunur ve daha önce belirlenmiş bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Eşik değerinden daha büyük gradiente sahip pikseller kenar noktası olarak alınır.[1],[2],[5]. Bu şekilde resimdeki bütün kenarlar ele edilmiş olur. Parlaklık gradienti, nesneye ait görüntü içerisinde ve zemindeki aldığı değerlere göre cisim-zemin sınırında daha büyük değerler alacağından, eşik değeri büyük seçildikçe cisme ait görüntüdeki iç kenarlar yok olmaya başlar ve dış kenar yani cisim-zemin sınırın daha netleşmeye başlar. (Şekil 1-c, d) Kenar tanıma işlemi sonunda sadece en dış kenarın yani cisim-zemin sınırının elde edilmesi için eşik değerinin, cisim sınırın içinde hiç kenar bulunamayacak sekili büyük seçilmesi

slüünüHcbilirse de bu durumda da dış kenarı ait bazı kenar piksellerinin gradientlerinin içteki kenar piksellerinin gradientlerinden küçük değerlere sahip olmalarından dolayı dış kenar noktası olarak görünmemelerine yol açar ki, bu durum cisim-zemin sınırının süresiz oymasına kesik kesik kenarlardan oluşmasına sebep olur. (Şekil 1.)

Bu çalışmada cisim-zemin sınırının doğru bir şekilde ve sürekli bir kenar olarak bulunması için farklı bir yöntem tanıtılacaktır. Bu işlem öncesinde eşik seviyesi düşük tutulmuş sobel kenar tanıma algoritması kullanılarak eşik görüntüye ait bütün kenarlar elde edilir.(Şekil 1-b). Daha sonra bu kenarlarda; en dış kenar seçilir.



Şekil 1. a) Orijinal Yaprak Görüntüsü b) Eşik seviyesi eşik=0.1 olan sobel kenar tanıma algoritması kullanılarak elde edilen kenar görüntüsü c) eşik=0.3 için kenar görüntüsü d) eşik =1 için kenar görüntüsü

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada girinti ve çıkıntılara sahip olması nedeniyle cisim-zemin sınırının kompleks bir yapı içerisinde dolaylı olarak görüntüleri kullanılmıştır.[3],[4]. Tarayıcı vasıtasıyla bilgisayara aktarılan yaprak görüntüleri 256 gri seviyeli bitmap formunda resim olarak kaydedilmiştir. MATLAB 5.1 kullanılarak yaprak görüntülerine ait ARES ismi verilen görüntü matrisi elde edilmiştir. Bu görüntü matrisine sobel kenar tanıma algoritması uygulanarak, kenar noktalarına ait piksellerin değerleri T, diğer piksellerin değerleri '0' olacak şekilde kenarları içeren ikili (binary) görüntü matrisi (A matrisi) elde edilmiştir. Cisim-zemin sınırını belirlemek için bu A matrisinden yararlanılmıştır. İlk olarak, cisim-zemin sınırının üzerinde bulunan bir piksel başlangıç pikseli olarak seçilmiştir. Bu pikselin bulunması için kenarları içeren resmin sol üst köşesinden itibaren ilk kenar pikseli bulununcaya kadar, yani matrisin ilk T değeri bulununcaya kadar kenar görüntüsü matrisinin birinci satır ve birinci sütunundan itibaren matrisin elemanları taranmıştır.

Bulunan bu başlangıç pikseli içerdiği değer '1' olmasından dolayı bir kenar pikseli olduğu gibi aynı zamanda cisim-zemin sınırına ait bir pikselidir. Bu nokta aynı zamanda cisim-zemin sınırının görüntünün üst kenarına en yakın noktadır. Algoritma başlangıcında bütün elemanları '0' olan, A matrisinin boyutunda bir B matrisi oluşturulmuştur. B matrisi cisim-zemin sınırının görüntüsünü içeren bir matris olacaktır. Algoritma sonunda B matrisi cisim-zemin sınırına ait olduğu belirlenen piksellere karşılık döşen elemanları '1', diğer elemanları '0' olacak şekilde elde edilecektir. İlk olarak başlangıç pikselinin A matrisindeki bulunduğu yerin satır ve sütun numaraları bulunur ve B matrisinde aynı satır ve sütun numaralı elemanın değeri '1' yapılır. Aynı işlem daha sonraki aşamalarda da cisim-zemin sınırı üzerinde bulunan pikseller içinde uygulanacaktır. Böylece B matrisinde değeri T olan elemanlar cisim-zemin sınırını gösterecektir.

Başlangıç pikselinden itibaren cisim-zemin sınırına ait pikseller ardışık olarak elde edilecektir. Bu noktada algoritma boyunca esas alınacak bir seçim yapmak gereklidir.

1. Tarama yönünün cismin görüntüsü sol elin içerisinde kalacak şekilde seçilmesi
2. Tarama yönünün cismin görüntüsü sağ elin içerisinde kalacak şekilde seçilmesi

2.1. SOL EL YÖNTEMİ

Herhangi bir k adımında tesbit edilen cisim-zemin sınırına ait P_k pikselinden sonraki komşu sınır pikseli P_{k+1} 'i bulmak için, yön bilgisine ihtiyaç vardır. Bu yön bilgisi P_k pikselinin P_{k+1} pikseline göre hangi konumda olduğunu göstermektedir. Bir piksele 1-komşuluğundaki piksellerin sayısı 8 dir. Dolayısıyla 8 farklı yön bilgisi mümkündür. (Şekil 2).

7 Sol üst	8 Üst	1 Sağ üst
6 Sol yan	P_{k-1} Pikseli	2 Sağyan
5 Sol alt	4 Alt	3 Sağalt

Şekil 2 P_k piksele komşu piksellerin yön bilgileri

Cisim-zemin sınırını kullanarak yapılan görüntü tanıma uygulamalarında kullanılan zincir kodunda olduğu gibi, her komşu pikselin bulunduğu yeri belirlemek için 1-8 arasında kodlama işlemi yapılır. Zincir kodunda her bir sınır pikseli bir önceki sınır pikseline göre bulunduğu konumun numarasını alır.[1][2].

P_{k+1} Pikselin bulunması için P_k m'nin P_{k+1} 'e göre bulunduğu konuma göre 8 değişik arama yönteminden birisi seçilir.

1. P_k için yön bilgisi, sağüst., yani 1 ise;

P_{k+1} in aranmasına A matrisinde P_k m'nin 7 numaralı sol üst komşusundan başlanır. Komşu piksellerden 1 değerine sahip piksel bulununcaya kadar sırasıyla 7-8-1-2-3-4 numaralı pikseller taranır. '1' değerini içeren piksel bulununca arama durdurulur. Bu piksele ait yön bilgisi, yön bilgisini tutan değişkene aktarılır. Pikselin bulunduğu satır ve sütun numaraları alınarak B matrisinde bu satır ve sütun numarasına sahip eleman '1' yapılır.

2. P_k yön bilgisi, sağ yan yani 2 ise;

P_{k+1} in aranmasına A matrisinde P_k m'nin 8 numaralı üst komşusundan başlanır. 8-1-2-3-4-5 sıralamasına göre arama yapılır. 1.maddede P_{k+1} pikseli bulunduğu B matrisi ve yön bilgisi değişkeni üzerinde yapılan işlemler yapılarak yön bilgisi değişkeni güncellenir, B matrisinde ilgili elemanın değeri T yapılır.

Görüldüğü gibi her adımda P_{k+1} in aranması farklı bir sıralamaya göre olmaktadır. Her bir durum için takip edilmesi gereken sıralama Tablo 1 de verilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi her arama işleminde 1 değeri içeren piksel bulunduğu bu pikselin satır ve sütun numaraları alınarak B matrisinde bu satır ve sütunda bulunan eleman 1 yapılır. Yön bilgisi de her adımda güncellenir. Başlangıç pikseline tekrar ulaşıldığında cisim-zemin sınırına ait bütün pikseller bulunmuş demektir. Arama işlemi durdurulur. Bu yöntemde cisim-zemin sınırındaki hareket yönü sol elin parmaklanm gösterdiği yön olur ve cisim devamlı sol elin iç tarafında kalır.

P_k	YÖN BİLGİSİ	ARAMA SIRASI
1	SAGÜST	7-8-1-2-3-4
2	SAGYAN	8-1-2-3-4-5
3	SAGALT	1-2-3-4-5-6
4	ALT	2-3-4-5-6-7
5	SOLALT	3-4-5-6-7-8
6	SOLYAN	4-5-6-7-8-1
7	SOLÜST	5-6-7-8-1-2
8	ÜST	6-7-8-1-2-3

Tablo 1. P_k pikseline ilişkin yön bilgisine göre P_{k+1} pikselinin bulunması için izlenmesi gereken arama sırası

Tablodan görüldüğü gibi P_{k+1} pikseli bulmak için P_k pikselin etrafında altı piksel aranır. Diğer iki komşu pikselden birisi P_{k+1} pikselidir. Diğer piksel için ise iki durum söz konusudur.

a-) Bir içkenar pikseli $c^{n'ut}$ ama sınır pikseli değildir.
b-)Eğer sınır pikseli ise k adımdan önceki adımlarda sınır pikseli olarak zaten bulun/nusur.
Dolayısıyla bu iki pikselin kontrol edilmesine gerek yoktur, Bu bir örnekle göstürlürsün;
k. adımda PK pikseli fe ulunmuş olsun ve buna ilişkin yön bilgisi $y_k=l(\text{sağısı})$ olsun. Bu durumda cisim-zemin sınırındaki arama >önü cismi sol elin içinde bırakacak şekilde olması, için, P_M için arama sırası 7-8-1-2-3-4 olacaktır. PK in yön bilgisi 5 (solalt) olan komşu pikseli bir önceki aşamada bulun/ı PK:İ pikselidir.Yön bilgisi 6 (alt) olan piksel ise; Eğer bir kenar pikseli ise, P_{k-1} den P_k 'a doğru giderken sol. elin dış tarafında kaldığından, k. adundan daha önce tesbit edilmiş bir sınır pikselidir. Aksi düşünülürse, yani bu piksel bir sınır pikseli olmasına rağmen dal» önce tesbit edilmemiş olsa, algoritmanın yapısına göre P_{k-1} den sonra PK pikseli değil bu piksel $k+1$. adımda bulunacak sınır pikseli olacaktır.O halde böyle bir durum söz konusu değildir.Yani bu nokta cisim-zemin sınırına ait değildir.Algoriünanın daha hızlı çalışması açısından ve yukarıdaki gerekçelerden bu iki piksel arama dışı bırakılmıştır. (Şekil 3.)

7	8	1
6	PK	2
5, PK->	4	3

Şekil 3. $YR=1$ durumu için k. adımda tarama yapılan (yön bilgisi koyu yazılan) pikseller

O halde herhangi bir k adımımda bir Y_k yön bilgisi için P_{k+1} in aranmasına başlanması gereken pikselin P_k ya göre yön bilgisi Y_{k+1bas} ;

$$Y_{k+1bas}=Y_k+6 \text{ mod}(8) \quad (1)$$

olmalıdır.

Kenar pikseli bulununcaya kadar yön bilgisi her defasında 1 artılarak yapılan aramada en son aranacak piksel yön bilgisi Y_{k+1Son} ;

$$Y_{k+1Son} = Y_k + 3 \text{ mod}(8) \quad (2)$$

olan pikselidir.

Eğer bu pikselde sınır pikseli değilse bu noktada cisim-zemin sınırının süreksizlik gösterdiği anlaşılır. Kenar tanıma algoritması işletilirken eşik değeri düşük tutulursa böyle bir durumla karşılaşmaz.

2.2 SAĞ EL YÖNTEMİ

Sağ el yönteminde ise cisim-zemin sınırı tesbit edilirken, cisim sağ elin iç tarafında kalacak şekilde sınır çizgisi boyunca hareket edilir. Dolayısıyla P_{k+1} bulunurken izlenmesi gereken sıralama sol el yöntemine göre farklıdır. Diğer işlemler sol el yöntemdekilerle aynıdır. Tablo 2 de Y_k yön bilgisine göre takip edilmesi gereken arama <- gösterilmiştir.

Y_k	YÖN BİLGİSİ	ARAMA SIRASI
1	SAGÜST	3-2-1 -8-7-6
2	SAGYAN	4-3-2-1-8-7
3	SAGALT	5-4-3-2-1-8
4	ALT	6-5-4-3-2-1
5	SOLALT	7-6-5-4-3-2
6	SOLYAN	g-7-6-5-4-3
7	SOLÜST	i -8-7-6-5-4
8	ÜST	2 -1-8-7-6-5

Tablo 2. Sağ el sınır tanıma yöntemine göre P_k pikseline ilişkin yön bilgisine göre, PKU pikselinin bulunması için izlenmesi gereken arama sırası

3.SONUÇ

Kenar tanıma algoritmaları uygulanırken eşik seviyesini yüksek tutulmasıyla elde edilmeye çalışılan sınır görüntüleri çoğu zaman süreksiz olmaktadır ve cisim sınırı içindeki kalan kenar piksellerinin de tamamı elimine edilememektedir. Cismi saran, kapalı bir sınır çizgisi elde etmek, süreksiz eğrileri birleştirmek için başka işlemlere ihtiyaç duyulur.Cisim-zemin sınırı üzerinde dolanarak sınır piksellerinin ardışıl bir şekilde elde edilmesini sağlayan bu çalışmada sunulan yöntemlerin kullanılması ile elde edilecek B matrisi sadece cisim-zemin sınırını gösterir.Aynı zamanda sınırın süreklilik gösterecek şekilde elde edilmesini sağlar. (Şekil 4.)



Şekil 4. Sol el veya sağ el yöntemiyle bulunmuş cisim-zemin sınırı görüntüsü

3. KAYNAKÇA

- [1] Tzay Y. Young , King Sun *FuJlandbook of Pattern Recognition and I mağa Proccsing* .Acadcmic Press Inc., 1986
- [2] K.S. Fu, R.C. Gonzalez, C.S.G. Lee *Robotics, Control Sensing, Vision and Intelligence*, Mc.Gr<xw Hill Book Company,1987
- [3] Humphries S., Simonton W., "Identification of Plant Parts Using Color and Geometric Iniage Data," ASAE., vol.36, no.5, pp. 1493-1500, 1993
- [4] Franz E., Gebhardt M.R., Unklesbay K.B., "Algorithms far Şxtracting Leaf Boundary Information From Digital Inuages of Plant Foliage," ASAE vol.38, no.2, pp.625-633, 1995
- [5] Erdön. Altuğ "Sayısal Görüntülerde Kenar Tanıma Metodları " Yüksek Lisans Tezi , no.2763* İ.T.Ü. Kütüphanesi, 1993

DURAĞAN OLMAYAN İŞARETLERİN İKİ BOYUTLU GÖSTERİMİ

M.E. TAĞLUK

Elektrik ve Elektronik Bölümü

İnönü Üniversitesi

44069 Malatya

E-inail: melaglukfi@Unonu.edu.tr

ABSTRACT:

Wigner Dislribulion. among other time-frequency techniques performs an efficient localisation of natural signals \which arc composed of inulti-nonstationary components. like speech and others. However the cross-ternis coming out with the WD are need to be removed in order to obtain a perfect cnrgy distribution of the signal in time-frequncy domain. in this perspective an insight of filtering matter has been investigated.

I. GİRİŞ

Doğal kaynaklar tarafından oluşan işaretler genellikle durağan bir karaktere sahip olmamakla beraber çoğu kez bir kaç bileşenden oluşmaktadır. Her bileşen kendine özgü bir anlam taşımakta ve dolayısıyla katkısı değişik bir süre ve farklı bir frekans bandına sahip olabilmektedir. Her bir bileşen kendi içinde durağan veya durağan olmayan bir dalgacık olabilmektedir. Bu açıdan ses, müzik, biyolojik, ekonomik ve bu gibi işaretlerin inceleme ve gerçek analizi oldukça güçtür. Söz konusu işaretlerin analizinin güçlüğüne karşın öneminin de büyük olduğu açıktır.

Bilinen tek boyutlu işaret inceleme teknikleri ("time analysis" ve "frequncy analysis"), sadece zaman veya frekans fonksiyonu olduğundan, işarete katkıda bulunan bileşenlerinin başlangıçları, süreleri ve değişimleri hakkında hemen hemen hiç bir bilgiyi açığa çıkarmamaktadırlar.

Dolayısıyla bu tip işaretlerin doğal analizi için iki boyutlu gösterimler. Kısa-sürekli Fourier Dönüşümü, Dalgacık (Wavelet) Dönüşümü [1]. Wigner Dağılımı (WD) [2] ve diğer zaman-ölçeklendirme teknikleri geliştirilmiştir. Ancak her tekniğin, doğal olarak, kendine göre dezavantajları vardır. Örneğin. Kısa-sürekli Fourier Dönüşümünü çözünürlüğü "Uncertainty Principle" denilen belirsizlik prensibi (yani ne kadar çok zaman çözünürlüğü o kadar az frekans çözünürlüğü veya bunun tersi) gereği seçilen pencerenin boyut ve biçimine bağlı olmaktadır. Bu da ciddi bir engel oluşturmaktadır. Wavelet ise her bileşen için aynı çözünürlüğü verememektedir. Seçilen katsayılara bağlı olarak lokalize edilen dalgacıkların karakteri değişebilmektedir. WD ise en yüksek çözünürlüğe sahip olduğu bilinmektedir. Ancak WD ile beraber "cross ternis" diye adlandırılan istenmeyen bazı bileşenler ortaya

çıkılmaktadırlar. Bu bileşenlerin ortadan kaldırılması için bir çok filtreleme metodları geliştirilmiştir [3.4.5.6]

Bu çalışmamızın amacı WD'a oluşan gürültü ve bu gürültüyü filtreleme mantığına daha geniş bir boyut kazandırmaktır. Geliştirilen bu filtreleme tekniğinin çok bileşenli durağan ve durağan olmayan yapay işaretler kullanarak oldukça iyi sonuçlar verdiği saptanmıştır.

2. ALTYAPI

Zaman-frekans metodu, özellikle, çok bileşenli ve durağan olmayan sinyallerin analizi için çok iyi bir aday konumundadır. Wigner-Ville Dağılımı (negatif spektrumlu ortadan kaldırılmış Wigner dağılımı) işaretin tek simgesini (unique signature) vermekte ve bir dağılım için gerekli tüm koşulları [5.6] sağlamaktadır.

Ancak daha önce belirtildiği gibi Wigner-Ville dağılımı (WVD) beraberinde bileşenlerin etkileşimlerinden kaynaklanan istenmeyen birtakım bileşenleri getirmektedir. Bu istenmeyen bileşenleri yok etmek için araştırmacılar tarafından çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bunların en etkili olanı 'Kernel' denilen iki boyutlu filtreleme yöntemidir.

Kernel kullanma tekniğinin genel matematiksel deyimi Cohen tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [6.7].

$$C(t, w, K) = \iint K(v, \tau) \exp[-j2\pi(w - v)\tau] dv d\tau, \quad (1)$$

burada AF(v, r) "Ambiguity Function" denilen belirsiz fonksiyondur. K(v, r) kernel fonksiyonudur. Bu fonksiyon dağılımın karakteristik yapısını belirler, v işaretin dolaylı frekansını ve r da zaman gecikmesini ifade eder. Not: sınırsız integraller -∞ ile +∞ arasında alınmaktadır.

Bu ifade ile her defasında değişik bir kernel fonksiyonu seçmekle sonsuz sayıda zaman-frekans dağılımları elde edilmektedir. Wigner-Ville dağılımı ise yukarıdaki deyimde kernel'in bir'e eşit olduğu özel bir durumdur.

Belirsizlik fonksiyonu. AF. ise şöyle tanımlanmıştır [6].

$$AF(v, r) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} z(t + \frac{\tau}{2}) z^*(t - \frac{\tau}{2}) \exp(j2\pi v \tau) dt \quad (2)$$

burada $z(t)$ gerçel işaret.- $s(t)$, ile ilgili analitik işaretir ve * simgesi ise karmaşık sayılarda eşleneği ifade eder.

Matematiksel olarak AF bir anlam ifade etmemesine karşın fiziksel olarak incelenmekte olan işaretin yapısıyla ilgili tüm bilgileri, değişik bir açıdan, içermektedir.

Çok bileşimli durağan olmayan (Doğal işaretler) işaretlerin doğasında varoluşları şekliyle işaretleri ayırtmak, lokalize etmek amacıyla geliştirilen teknikler arasında Choi-Williams [5] E.\ponansiyel Dağılım (ED) den...» iki boyutlu filtre en etkin olduğu bilinmektedir. Ancak bu dağılım, uygulama bölümünde görüleceği gibi durağan olmayan, frekansları zamanla değişen bileşenleri içeren işaretleri ayırtmada etkin olmadığı gösterilmiştir.

Temeli Choi-Williams tarafından geliştirilen iki boyutlu filtre (kernel) ye dayanan daha genel bir kernel geliştirilmiştir. Universal Kernel (UK) diye adlandırdığımız bu iki boyutlu evrensel filtrenin matematiksel ifadesi aşağıda verilmiştir [8].

$$UK(v, \tau) = \exp[-(r-61v)^{2N}(v-6!_{+1}T)^{2M}/a]. \quad (3)$$

burada θ_i ve θ_{ip} parametreleri filtrenin stop ve pass bölgelerin v . r düzleminde radyal konumunu belirlemektedir. Bu parametreler işaretin faz ve frekans modülasyonu bileşenlerine de duyarlı olmasını sağlamaktadır. A ve N pozitif tam sayıdır, stop ve pass bölgeleri arasındaki e.\ponansiyel geçiş bölgesinin eğimini belirlemektedirler, a ise v . r düzleminde stop. bastırılması istenen bölgenin miktarını belirlemektedir. Açıl parametre. θ_i -- $nfa/180$. öyleki $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ dir. Bu da doğal olarak işarete katkıda bulunan i'yinci bileşenin "instantaneous frequency" denilen anlık frekansına denk gelmektedir. Yani. $\theta_i = \#>, (/)$. Bu çalışmada $i=2$ olarak seçilmiştir. Ancak işaretin durağan olmayan bileşenleri arttıkça i sayısı artırılarak daha iyi bir sonuç elde edilebilir.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada Matlab (V5) kullanılmıştır. Gerçekleştirilen işlem basamakları şöyle özetlenebilir.

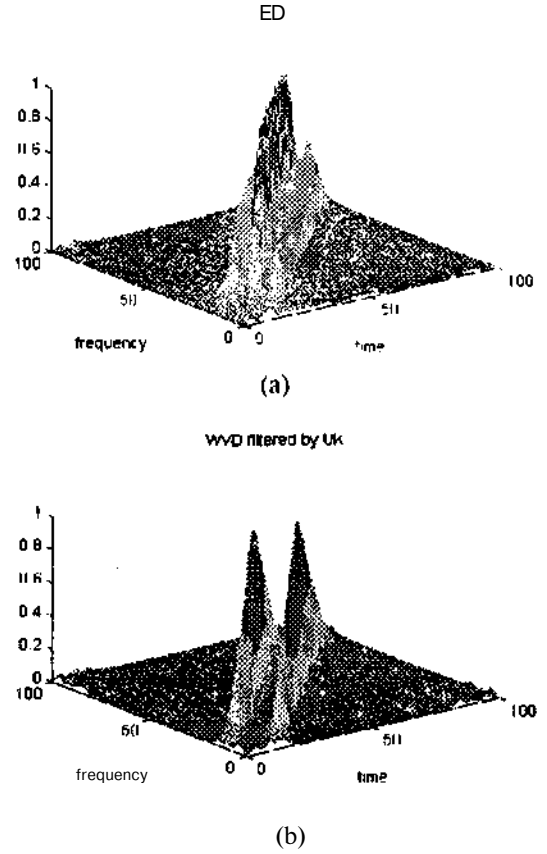
$v, (/) = A(/)e^{ikm}$ formundaki bileşenlerden oluşan bir $s(t)$ gerçel işaret için Hilbert dönüşümü (gerçel bir işaretin negatif spektrumunu elimine eden dönüşüm) kullanarak işaretin analitik formu $z(t)$ elde edilmiştir. Elde edilen bu analitik işareti Denklem 2 de kullanarak belirsiz fonksiyon. AF, elde edilmiştir. Bu iki boyutlu belirsiz işaret ve tanımladığımız iki boyutlu filtre ye Denklem 1 de gösterilen deyimim uygulaması sonucunda işaretin filtrelenmiş Wigner-Ville dağılımı elde edilmiştir.

4. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

Yukarıda değinildiği gibi geliştirdiğimiz ve "Universal kernel" (evrensel filtre) adını verdiğimiz bu filtre denklemi üç boyutlu esnekliğe sahip bir fitredir. Genlikleri modüle edilmiş bileşenlere son derece duyarlı

olduğu gibi frekans veya fazları modüle edilmiş işaret bilc^nlерininde aynı çözünürlükte duyarlı durumdadır.

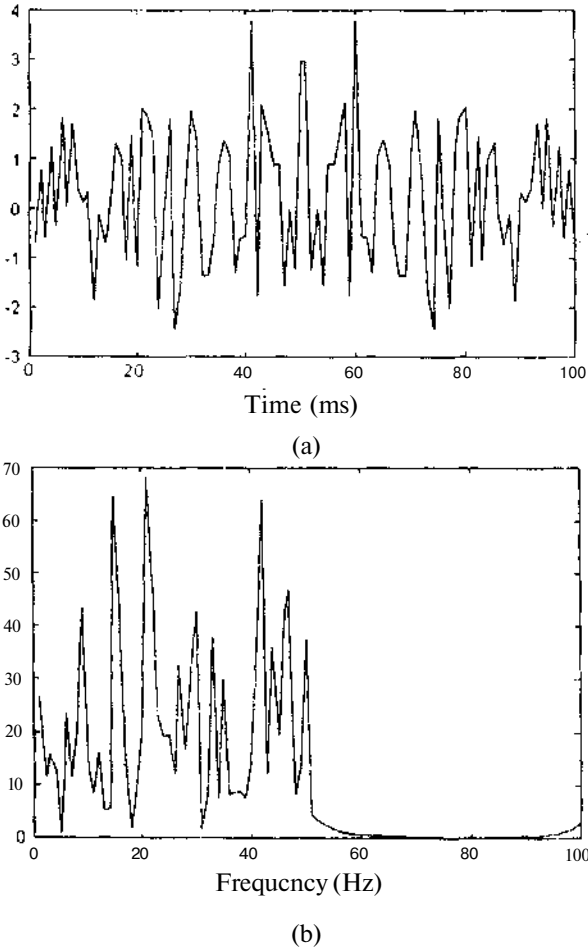
Daha önce sözü geçen Choi-Williams, ED filtresi sadece genlikleri modüle edilmiş bir işaretin bileşenlerini ayırtmaya duyarlı iken evrensel filtre (UK) ise frekansı ve >. fazı zamanla değişen bileşenleri içeren bir işaretin bileşenlerine ayırtmasında da oldukça etkin olduğu gösterilmiştir. Şekil 1 de Choi-Williams dağılımı ile evrensel dağılım bir örnekle karşılaştırılmıştır. Örnek, frekansları zamanla lineer olarak artan iki dalgacıktan oluşmuş bir işaretin analizini ele almaktadır. Şekil 1(a) ED Kullanarak işaretin enerji dağılımı zaman-frekans domeniinde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi işaretin bileşenleri durağan dalgacıklar olmadığından ED bu dalgacıklar arasında oluşan gürültüyü (cross terms) ortadan kaldırmamıştır. Oysa ki UK kullanarak elde edilen (b) şıkki tamamıyla gürültüden arındırılmış net bir görüntü sergilemektedir.



Şekil 1 İki frekanslı (Hz.) zamanla artan iki dalgacık (çliirp) tan oluşan bir işaretin (a) ED dağılımı (b) evrensel filtre ,UK dağılımı.

Bir diğer örnek ise durağan olmayan çok bileşenli (8 bileşenli) bir işaretin zaman-frekans analizi için ele alınmıştır. Bu kez, örnekteki bileşenler farklı zamanlarda işarete katkıda bulunmuşlardır. Bileşenlerden dördünün frekansları zamanla artarken diğer dördünün ise zamanla

azalmaktadırlar. Şekil 2(a) ve (b) de görüldüğü gibi işaretin tek boyutlu domeynlerde gösterimi işaretin doğasaldaki yapı hakkında hemen hemen hiç bir bilgi verememektedirler. Şekil 3 te ise sözkonusu işaretin enerji dağılımı zaman-frekans domeyninde gösterilmeye çalışılmıştır. Sırasıyla (a) işaretin Wigner-Ville dağılımını, (b) ED dağılımını ve (c) UK. evrensel dağılımını göstermektedirler. Görüldüğü gibi doğası böyle karmaşık olan bir işaretin lokalize edilmesi, diğer bir deyişle enerjisinin değişimini zaman-frekans domeyninde görüntülemek için WVD ve ED pek uygun olmamaktadırlar. Ancak formülize ettiğimiz "kernel" ile elde edilen evrensel dağılım ise. Şekil 3(c) de görüldüğü gibi. işareti anlaşılır bir düzeyde ayırtmıştır. Şekilde dikey eksen işaretin frekansının değişimini (Hz) ve yatay eksen ise işaretin genliğinin zamanla değişimini (ras.) göstermektedir. Bu örnek, aynı zamanda, evrensel dağılımın çözünürlüğünün hem zaman hem de frekans ekseninde oldukça yüksek olduğunu kanıtlamaktadır.

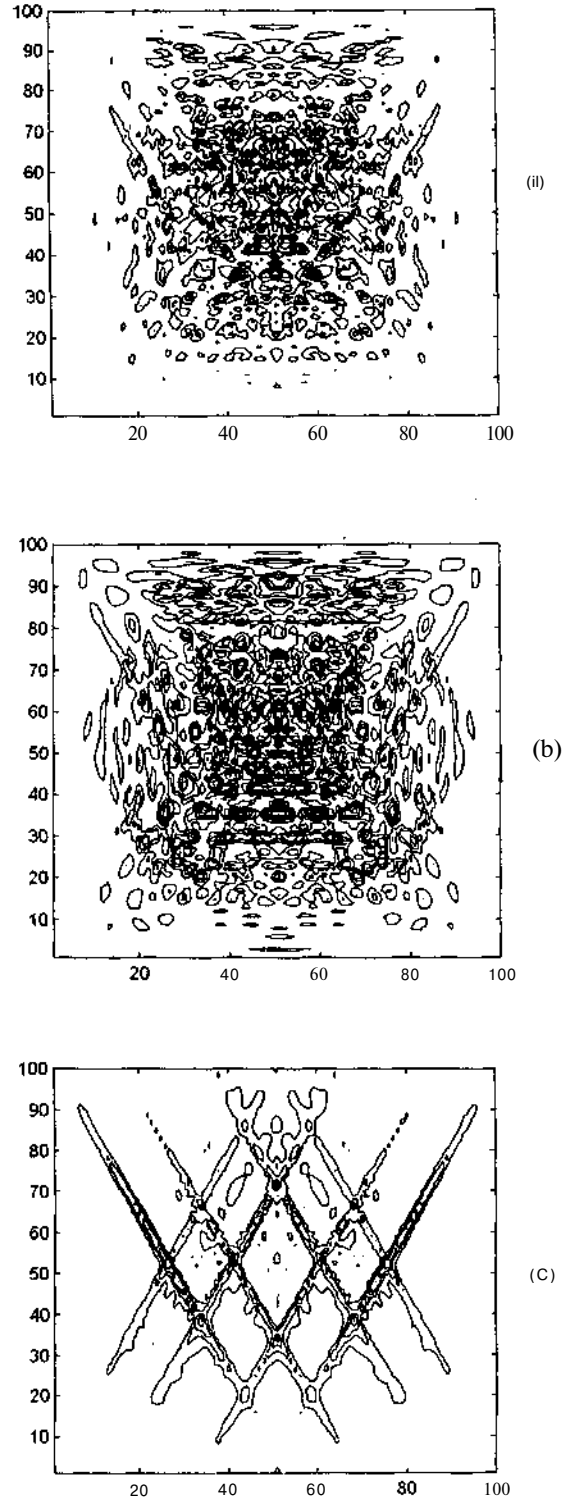


Şekil 2. (a) durağan olmayan çok bileşenli işaret, (b) işaretin pozitif spektrumu.

5. SONUÇLAR

Sonuçlardan anlaşılacağı gibi evrensel filtre ile filtrelenmiş WVD durağan ve durağan olmayan bileşenlerden meydana gelmiş işaretlerin enerjilerinin zaman-frekans domeyninde gösterilmesi konusunda oldukça iyi bir performans

göstermiştir. Universal kernelin yüksek çözünürlüğü dolayısıyla özellikle biyolojik, ekonomik, radar ve askeri haberleşmede kullanılan işaretlerin algılama ve enerji dağılımlarını zaman-frekans domeyninde gösterilmesinde çok başarılı olacağı da düşünülmektedir.



Şekil 3 Şekil 2 deki durağan olmayan çok bileşenli işaretin (a) WVD. (b) ED ve (c) evrensel enerji dağılımları.

Örneğin bu evrensel filtreleme tekniği bir biyolojik işaret olan Elcklrkardiyogram (EKG) işaretlerinde kalbin iç dokusunun küçük bir ddbrmasyona uğraması sonucu ortaya çıkan ve zamanında müdahale edilmediği takdirde ölüme neden olan durağan olmayan çok küçük bir enerjiye sahip olan "geç potansiyellerin" algılanmasında çok iyi sonuçlar vermiştir [9], Ayrıca bu zaman-frekans analiz tekniği motor yatakları gibi dinamik mekanizmaların minimum aşınması sonucu oluşan anormal elektrik akımı, magnetik alan şiddeti ve ses gibi parametrelerden yararlanarak oluşacak an/anın önceden tahmin edilebileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKÇA

- [1] Burrus. C. S., Gopinath. R. A. ve Gou. H.. *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*. Prentice-Hall Inc. 1998.
- [2] Wigner. E.. "On the Quantum Correction for Thermodynamic Equilibrium", *Phys. Rev.*, Vol. 40, pp. 749-759. 1932.
- [3] B. Boashash. *Time-frequency analysis-methods and applications*. Longman Cheshire. 1992.
- [4] Paul Landr and E. J. Berbari, "Time-frequency plane Wigner Filtering of the High-resolution ECG: Background and Time-frequency representations", *IEEE, Trans. on biomedical engineering*, Vol. 44, No. 4. pp. 247-265. 1997.
- [5] Choi and Williams, "Improved Time-Frequency Representation of Multi-Component Signals Using Exponential Kernels", *IEEE, Trans. Acoust. Speech Signal. Process.*, Vol. 37, NO. 6. pp. 862-871. 1989.
- [6] Cohen. *Time-Frequency Analysis*. Prentice Hall PTR. Englewood Cliffs, New Jersey. 1995.
- [7] Cohen. "Time-Frequency Distributions A Review". *Proceedings of the IEEE*. Vol. 77. No. 7, pp. 941-981. 1989.
- [8] Tagluk. M.E. *Time-Frequency analysis of the ECG using optical processing*. PhD thesis, University of Sussex. UK. 1997.
- [9] Tagluk. M.E. English. M. İve Vincent, R. "Diagnostic Application of a Universal Kernel to Time-Frequency Energy Distribution of ECG Signals". *Computers in Cardiology' 1997* Lund. Sweden. September 1997

UZAKTAN ALGILAMA İLE DENİZLERDEKİ TEHLİKELİ NESNELERİN BULUNMASI

Tuncay Yaşar

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gaziantep Üniversitesi
27310 Gaziantep
E-mail: t_yasar@gantep.edu.tr

Abstract:

The overall objective of this paper is to demonstrate autonomous discrimination of obstacles in near-bottom, mid-water, and under the ice environments and characterization of the range, size, and height of the obstacle. This capability is needed for manned, unmanned, remotely operated and autonomous small underwater vehicles equipped with a sonar system to detect and avoid obstacles

The part given here explains an algorithm that will detect objects in water and testing the algorithm by using the collected data.

Özet:

Bu makalede denizlerde tabana yakın, buz altında, veya istenilen herhangi su ortamında çalışan, hareket eden, tehlikeli cisimleri ve engelleri tespit eden ve onlardan sakınan, verici ve hidrofona alıcı sistemleriyle donatılmış bir sonar aracın nesnelere tespit etmesi için geliştirilen algoritmayı içermektedir. Araç insanlar tarafından kumanda edilmeden kendini otomatik şekilde yönlendirme ve kumanda etme veya istenildiğinde uzaktan kontrol edilebilme özelliklerine sahip olması, aracın ağırlığının hafif olması ve az güç kullanması gerektiğinden istenilen bu özelliklere sahip olması için aracın öncelikle nesnelere otomatik olarak bulması ve hedefleri ayırt ederek bulunduğu cisimlerin uzaklık ve boyutlarını belirlemesi gerekmektedir.

Giriş:

Bu makalede açıklanan konunun gayesi sonar sistemi kullanarak deniz ortamında herhangi yerde yani su yüzeyinde, su tabanına yakın yerlerde, buz olan yerde buzların altında mevcut nesnenin belirlenmesidir. Burada açıklanan algoritmanın nesneyi kendi başına bulmasıyla nesnenin şekli, yüksekliği, ve uzaklığı kolaylıkla bulunabilir.

Bizim esas gayemiz hareket halinde olan sonar sistemi kendinden belirli bir mesafeye kadar nesnelere bularak seyir halindeyken mevcut nesnelere sakınarak, nesnelere çarpmadan seyrine devam ederek bulunduğu ortamı tarayarak önceden belirlenen nitelikteki nesnelere hakkında bilgi toplamaktır. Bu gaye için nesnelere bulma ve nesnelere sakınma algoritması Şekil 1 de verilmektedir.

Bu makalede bu algoritmanın yalnızca nesne belirleme kısmını açıklayacağız.

Kullandığımız sonar sisteminde 15 tane hidrofona alıcı sensörü olup bu sensörler üç dikey ve beş yatay biçimde bir dizilim oluşturmaktadır. Her hidrofona sensör kanalı verileri ayrı ayrı kaydetmektedir. Bu makalede açıklanan algoritmayı denemek için California eyaletindeki San Louis göletinde su içinde yerleştirilen çelik bir kürenin belirlenmesi için belirli mesafede sonar sistemi ile akustik dalga kayıt verileri toplandı. Sonar sistemi tarafından algılanan verilere nesne belirleyen algoritma programları uygulanmadan önce bazı ön işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu ön işlemlerden bir tanesi. Şekil 2 gösterildiği gibi verilere uygulanan zaman değişimli kazanç eğrisidir. Şekil 3 de yukarıdaki bahsedilen gölde yapılan test verilerinden 624 numaralı ping den 6. cı kanalda kayıt edilen verinin sadece kazanç eğrisinin uygulanmasından sonraki çizimidir. Altı numaralı kanal hedef yönünde olup hedeften 135 ayak uzaklıktadır. Aynı kayıt da 360 ayak uzaklıkta görülen büyük bir sinyal su tabanında bulunan bir tepeciğin yankısıdır. Diğer bir ön işlemde verilerin düzleştirilmesidir. Düzleştirme işlemi için veriye üçgen ağırlıklı ortalama fonksiyonu ve kutu ağırlıklı ortalama fonksiyonu uygulanarak deneme yapıldı. Şekil 4a da üçgen ortalama ve 4b de kutu ortalama fonksiyonları şematik olarak gösterilmektedir. Yapılan denemelerde üçgen kayma ortalama işlemi kutu kayma işleminden daha iyi neticeler verdiği görülmüştür. Bu veri düzeltme işleminde pencere uzunluğu da değiştirilerek denemeler yapıldığında on bir örnek noktalı pencere en iyi düzleştirme işlemini yaptığı görülmüştür.

Nesne belirlemesini açıklayan algoritma Şekil 5 de verilmektedir. Bu algoritmanın başlangıcında Şekil 5a da görüldüğü gibi w_1 ve w_2 diye gösterilen iki tane pencere kullanılmaktadır. İki pencere arasında bir aralık olup, bu aralık ve pencere uzunlukları dalga özelliklerine göre değişkendir. İşlem başladıktan itibaren pencerelerin uzunlukları ve aralığı nesne bulma işleminin ilk safhasında işlem boyunca sabit kalarak pencereler veri örnekleri üzerinde kaymaktadır. Pencereler örnekler üzerinde kayarken Şekil 5b de görüldüğü gibi her pencere içinde standart sapmaların sigma değerleri ayrı ayrı bulunarak aynı anda öndeki pencerenin arkadaki takip eden pencerenin sigma değerlerine oranı bulunur. Öndeki

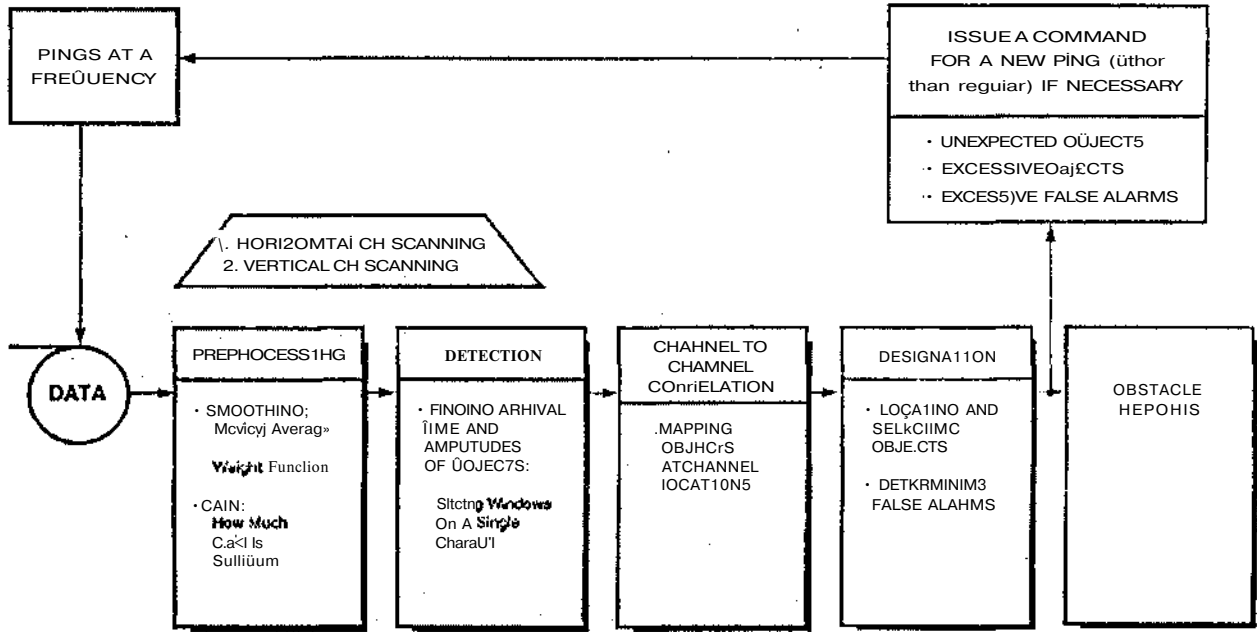
pencere bir nesnenin meydana getirdiği akustik dalganın ilk gelme enerjisinin olduğu örnek üzerine geldiğinde, pencereler arasındaki sigma oranı maksimum değerine ulaşır. Bu sigma oranı maksimum değerine ulaştığı anda pencereler aralığındaki ilk örnek noktası o nesnenin ilk gelme zonu başlangıcı olarak alınır. Şekil 5c yaklaşık gelme zamanının nasıl bulunduğunu göstermektedir. Bu andan itibaren ikinci bir işlem başlar. Bu işlemde w_0 ile gösterilen tek bir pencere içinde genlik sigma değeri hesap edilir. Bu pencerenin son nokta zamanı şekil 5b de bulunan ilk gelme zonu başlangıcıdır. Bu safhadaki yeni işlemde tek pencereye her işlem yapıldığında bir örnek noktası ilave edilir. Her örnek noktası ilave edildikçe bir genlik sigma değeri hesap edilir. Pencerenin her bir örnek kaymasında bir ilk adım (threshold) denemesi yapılır. Bu ilk adım değeri veriler üzerinde yapılan deneylerle bulunur. Her örnek noktasında sigma değeri ile ilk adım değeri çarpılarak bir değer bulunur. Çarpma işleminin verdiği değer ile örnek genliği karşılaştırılır. Çarpma işlem değeri örnek genlik değerini geçtiği an nesne dalgasının yaklaşık varış zamanı olarak alınır. Bu son bulunan yaklaşık varış zamanından tam varış zamanının bulunuşu şekil 5d de gösterilmektedir. Buna göre yaklaşık varış zamanına minimum kareler anlamında küp üssü polinom yaklaşımı uygulanır. Küp polinomun dönüm noktasına tanjant doğrusu ile yatay zaman aksının kesiştiği nokta bir nesnenin meydana getirdiği dalganın gerçek varış zamanıdır. Şekil 2 de gösterilen veriye düzgülendirme işlemi ve nesne bulma işlemi uygulanarak nesne dalgasını ve varış zamanını veren atım bulunmuştur. Bu işlemlerden sonra bulunan atım Şekil 6 da görülmektedir. Bu şekilde atımdan sonraki örnekler sıfırlanmıştır.

Düşünceler:

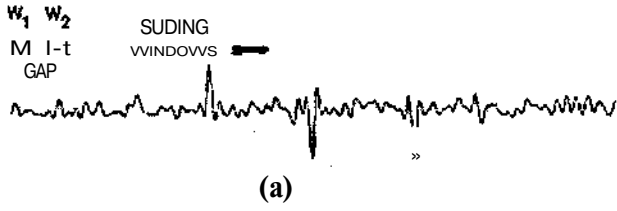
Yukarıda açıklanan nesne tayini işlemi her kanalda ayrı ayrı yapılmaktadır. Çoklu nesnelere bulmak için yukarıda anlatılan algoritmanın çok işlemler yapması için ilave programların yapılması, her hedef için yapılacak farklı işlemlerde pencere uzunluklarının ve pencere aralıklarının veriye uygun olarak değişken olması gerekmektedir. Nesne görüş sahasını artırmak ve nesne büyüklüğünü bulmak için çok kanallı verilerin işlenmesi, ve aynı nesneyi farklı kanallarda tanımlamak için işlemlerin yenilenmesi ve işlemler arasında korelasyon yapılması gerekmektedir. Bunlara ilaveten gerçek ve sahte nesnelere ayırt etmek için çoklu ping işlemleri yapılır. Çoklu ping işlemlerinde nesne yerinin tayininde her ping için nesnenin alıcı koordinatlarının eylemsizlik (inertial) koordinata çevrilmesi gerekmektedir. Bu koordinat çevirme işlemlerinde her nesne için nesne bulma ile nevigasyon bilgileri birleştirilir. Şekil 1 -de gösterilen tüm algoritma yukarıda belirtilen işlemlerin hepsini içerir. Fakat daha öncede belirtildiği gibi burada sadece nesnelere bulunmasını izah etmeye çalıştık.

Sonuç:

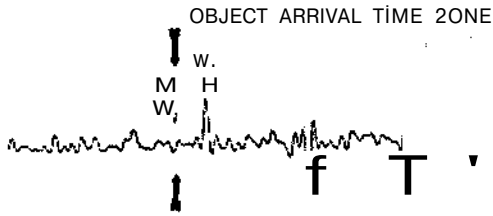
Bu makalede verilen nesne bulma algoritmasının özellikleri şu şekilde özetlenir. İşlem zaman bölgesinde olup vuruş şeklini değiştirmez. Nesne varış zamanının bulunuşu yüksek doğrulukta olduğu için hedef nokta koordinatlarında çok az hata olur. Hedef uzaklığının küçük olması halinde hedef nokta koordinat hatası araca manevra kumandasında aracın hedefe çarpmaması için çok önemlidir. Diğer önemli bir konuda farklı sonar sistemi kullanılması halinde bu algoritmada değişiklik yapılmasına ihtiyaç doğmaz. Son olarak bu programı kullanmak hem kolay hem de çabuktur.



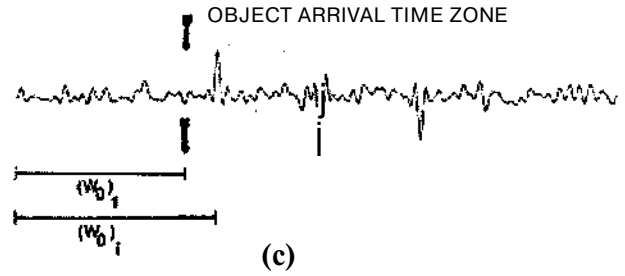
Şekil 1. Engellerden korunma algoritması



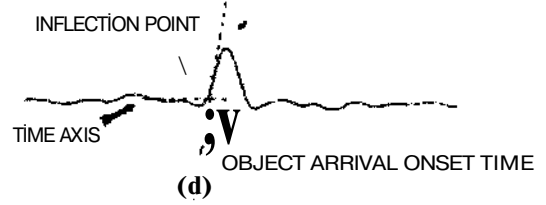
(a)



(b)

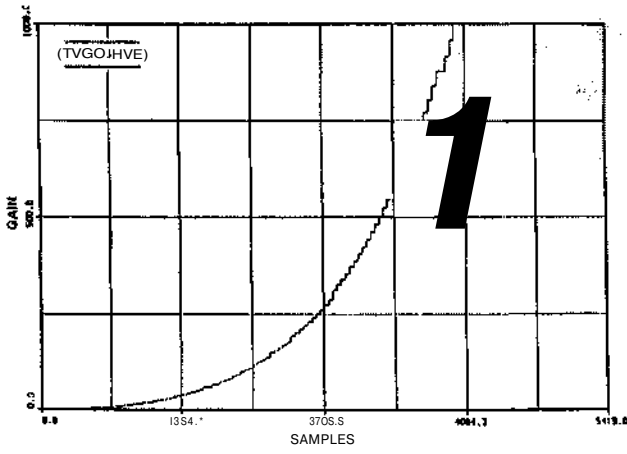


(c)



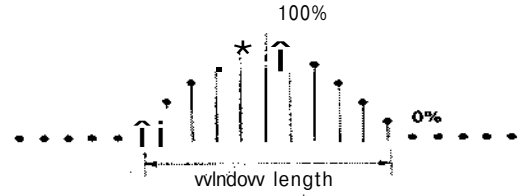
(d)

Şekil 5. Nesne bulunması

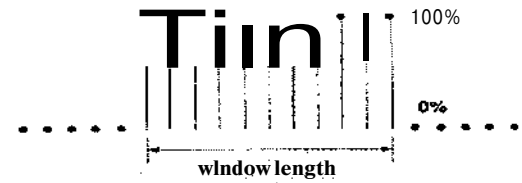


Şekil 2. Zaman deftimli kazaç agrisi

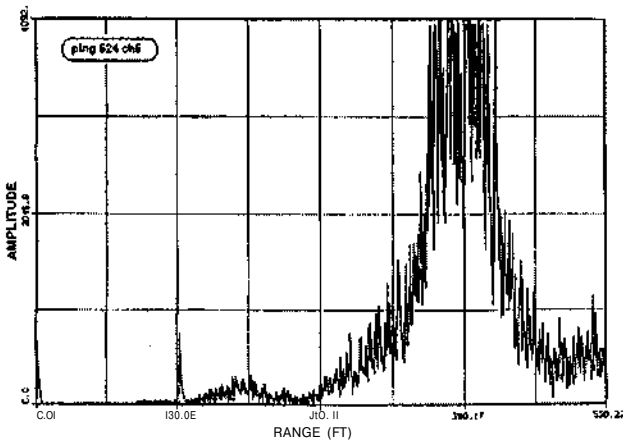
(a) TRJANGLE MOVING AVERAGE



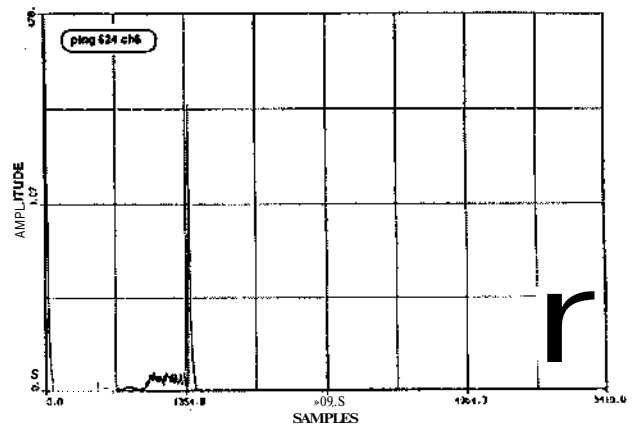
(b) BOX MOVING AVERAGE



Şekil 4. Veri düğünleştirme



Şekil 3. Kazanç eğrisi uygulanıra? iftenmemif veri



Şekil 6. Deneme verisinde nesnenin bulunura

BULANIK MANTIĞA DAYALI VEKTÖR NİCEMLEME İLE GÖRÜNTÜ KODLAMA

Oktaç Levent KELEŞ, Ali GANGAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080/TRABZON
E-mail: oktay@eedec.ktu.edu.tr

ABSTRACT

Vector Quantization (VQ) of images raises problems of complexity in codebook search and subjective quality of images. The Fuzzy Based Vector Quantizer (FBVQ) is based on fuzzy set theory and consists basically in a method of extracting a subcodebook from the original codebook, biased by the features of the block to be coded. The incidence of each feature on the block is represented by a fuzzy set that captures its nature. Unlike other vector quantization algorithms, in this method a specific subcodebook is extracted for each block to be coded, allowing a better adaptation to the block. Some examples of the application of a FBVQ coder to test images are presented. For comparison Standard Vector Quantization (SVQ) has been realized and the results are compared for signal-noise ratio and improvement on the quality of images. These comparisons are also done using different membership functions and it is tried to find the best results. By using FBVQ, an improvement on the quality of images are obtained.

1. GİRİŞ

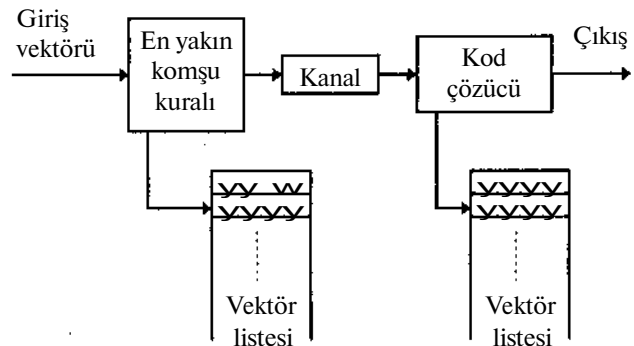
Sayısal görüntü ve video işareti çok yüksek veri iletim hızı ve depolama kapasitesi gerektirir. Veri sıkıştırma analog veya çok yüksek miktarlardaki ayrık veriyi sayısal bir kanal üzerinden iletmek veya sayısal bir bellek üzerinde saklamak için kısmen daha düşük miktardaki veriye dönüştürme işlemidir. Sayısal haberleşmenin önemi arttıkça veri sıkıştırma konusu da gittikçe artan bir önem kazanmıştır.

Vektör nicemleyici (VN), sürekli veya ayrık vektör dizilerini sayısal bir kanalda depolamaya veya iletmeye uygun bir sayısal diziye uyduran bir sistemdir [1]. Bu tür bir sistemin amacı veri sıkıştırmaktır. Böylece bit miktarı azaltılır ve iletim kanal kapasitesi ve sayısal bellek ihtiyaçları minimuma iner.

VN'nin ilk uygulamaları 1970'lerin sonunda ve 1980'lerin başında ses kodlamaya yapıldı. Temel olarak vektör nicemleme veri vektörlerini daha önceden tanımlanmış

vektörler tablosunun (kod tablosu) elemanları ile ilişkilendirmek ve onların adreslerini kodlar olarak kullanmaktan ibarettir [2].

VN, sayısal görüntülerin iletilmesi ve depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Vektör nicemleme ve sayısal görüntü sıkıştırma uygulamaları [1]'de bulunabilir. Vektör nicemleme işlemi, görüntüyü bloklara ayırarak gerçekleştirilir. Kodlayıcı resimden gelen bloğu alır ve bir hata kriterine bağlı olarak bloğa en yakın vektörün adresini daha önceden oluşturulmuş vektör listesinden bularak alıcıya gönderir. Alıcı bu adrese karşılık gelen vektörü vektör listesinden (kod tablosu) bularak bilgisayar ekranına yansıtır. Bu algoritma çalıştırıldığında bir sıkıştırma işlemi kendiliğinden oluşur. Çünkü vektörün kendisi değil daha az bit kullanarak vektörün adresi gönderilmiştir [2], Şekil 1'de VN işleminin blok diagramı gösterilmektedir.



Şekil 1. Vektör Nicemlemenin Blok Diagramı

Vektör nicemlemenin belirgin Özelliği düşük kod çözme karmaşıklığıdır [2]. Çünkü kod çözücü, gelen veri vektörüyle ilişik vektörü kod tablosundan bulabilmek için sadece gönderilen adres bilgisini kullanır. Bu metod skalerler yerine vektörler kullandığı için diğer tekniklere nazaran daha yüksek bir sıkıştırma oranı beklenir. Vektör boyutu olan s artarsa, sabit bir bit miktarı r için, bozulmada

bir azalma kod tablosu boyutu olan N'de bir artış gözlenir. Çünkü $N=2^n$ 'dir. Vektör nicemlemenin tek eksikliği vektör boyutu büyüdükçe kod tablosu boyutunun üstel olarak artmasıdır. Böyle olunca kod tablosu oluşturmak daha zor ve karmaşık bir hal alır ve bu durum görüntü kalitesini olumsuz etkiler.

2. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bulanık mantığa dayalı bu yöntemde öncelikle kod tablosunun her elemanı h^{\wedge} ve kodlanacak blok olan x için bir karakteristik vektör $v^{\wedge} = \{f_{1,j}(y)\}_{j=1, \dots, n}$ ve $j=1, \dots, m$ hesaplanır. Daha sonra x'in ve kod tablosunun her elemanın karakteristik vektörü kullanılarak kod tablosu elemanlarının bir alt kümesi seçilir. Alt kod tablosu $A = \{b_{fr} : \{J(x, j) \setminus \} > a \text{ J elemanlarından oluşur. Bu anlatılanları kısa bir örnekle netleştirelim.$

Tablo 1. Alt Kod Tablosunun Oluşturulması

X	g			^2			A
	0	0.6	0.9	1	0.6	0.1	
b_1	0.4	0.8	0.5	0.3	0.8	0.1	0.6
b_2	0	0.2	0.3	0.4	0.8	0.4	0.6
b_3	1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.7	0.3
b_4	0.4	0.2	0.8	0.6	0.2	0.3	0.8
b_5	0.9	0.3	0.1	0.9	0.1	0.1	0.9
b_6	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	0.3	0.6
b_7	0.8	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	0.4
b_8	0	0.1	0.4	0.1	0.2	0.4	0.4

Tablo 1'deki 8-elemanlı kod tablosunu ele alalım. Bu tablo oluşturulurken c_j ve c^{\wedge} gibi iki özellik ve bu özelliklerin farklı durumların belirten 3 tane üyelik fonksiyonu kullanıldı. Daha sonra f_j fonksiyonu (bulanık mantık ikili ilişkisi) şöyle hesaplandı [2]:

$$f_1(v_x, v_y) = \max_{i,j} \left(\min(\mu_{c_{i,j}}(x), \mu_{c_{i,j}}(y)) \right) \quad (1)$$

Kodlanacak blok olan x ve kod tablosu elemanları için /; değerleri bulunduktan sonra $a = 0.7$ için alt kod tablosu b_j ve $b < j$ bloklarından oluşur. Bu iki blok arasından seçim bozulma ölçümünün minimum yapılmasıyla olur.

Bulanık mantığa dayalı VN kullanılan bu çalışmada iki özellik kullanılmıştır. Bunlar 'Aktivasyon' ve 'Kontrast' özellikleridir. 'Aktivasyon' için Manikopoulos ve Sun [3] tarafından tanımlanmış bir a parameresi kullanıldı:

$$a = \frac{V}{M} \quad (2)$$

burada M, NxN blok için ortalama değer ve

$$V^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_{i,j} - M)^2 \quad (3)$$

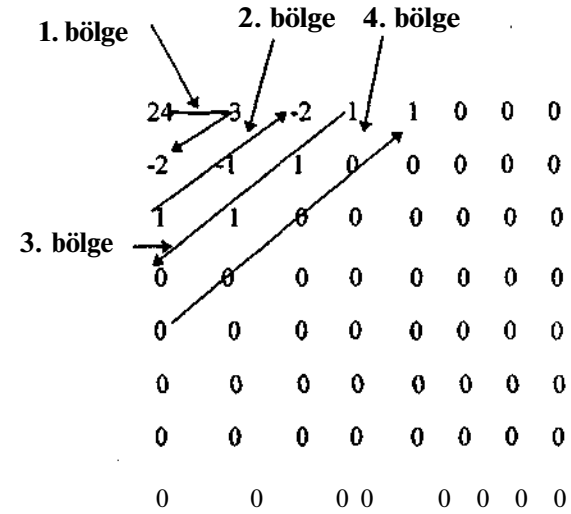
dir. 'Kontrast' özelliği için ise Wang ve Mitra [4] tarafından tanımlanmış bir c parameresi kullanıldı:

$$c = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (4)$$

burada I_{\max} ve I_{\min} blok bileşenlerinin maksimum ve minimum değerleridir.

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmada öncelikle LBG algoritması kullanılarak 4 farklı kod tablosu oluşturuldu. Bu kod tabloları çok sayıda görüntünün seviyelendirilmiş kosinüs dönüşüm katsayıları kullanılarak elde edildi. Her görüntü için elde edilen dönüşüm katsayıları, seviyelendirildikten sonra istatistiklerine bağlı kalınarak 4 farklı bölgeye ayrıldı ve her kod tablosunun oluşturulmasında o bölgelerdeki vektörler kullanıldı.



Şekil 2. Seviyelendirilmiş katsayıların parsellemesi

Birinci bölgedeki katsayılar birinci kod tablosunu, ikinci bölgedeki katsayılar ikinci kod tablosunu, üçüncü bölgedeki katsayılar üçüncü kod tablosunu, dördüncü bölgedekiler de dördüncü kod tablosunu oluşturmak üzere seçildi. Burada hesaba katılmayan diğer katsayılar çok büyük olasılıkla sıfır olduklarından kod çözme işlemi sırasında aynen alınmışlardır. Bu parselleme işlemi yapılırken katsayıların standart sapmaları dikkate alınmıştır.

Oluşturulan kod tablolarının elemanları farklı üyelik fonksiyonları için işlenmiştir. Öncelikle Zadeh [5] tarafından önerilen fonksiyonlar kullanılmıştır. Bu üyelik fonksiyonları matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir:

$$s(x;a,j\beta,y) = \begin{cases} 0 & x < a \\ 2\left(\frac{x-a}{y-a}\right)^2 & a \leq x \leq j\beta \\ 1-2\left(\frac{x-y}{y-a}\right)^2 & \beta \leq x \leq y \\ 1 & x > y \end{cases} \quad (5)$$

$$\Pi(x;\beta,\gamma) = \begin{cases} s(x;y-J\beta,y-p/2,y) & x \leq y \\ 1-s(x;\gamma,\gamma+\beta/2,\gamma+\beta) & x > y \end{cases} \quad (6)$$

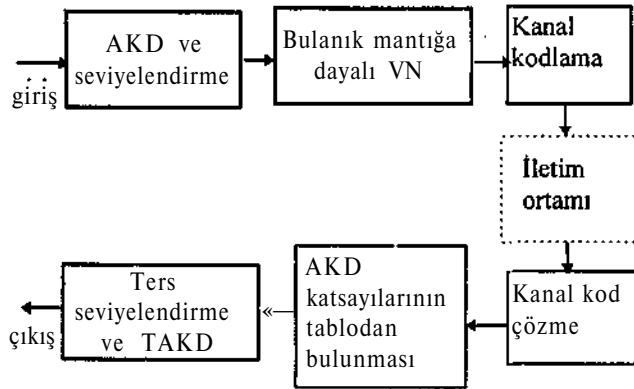
Her özellik için 3 üyeli fonksiyonu kullanılmıştır. Aktivasyon özelliği için

$$\begin{aligned} M_{c_1,l^c} &= l-s(x;0.022,0,0.085,0.148) \\ M_{c_2}(x) &= n(x;0.126,0.211) \\ M_{c_3,A^*} &= s(x;0.274,0.337,0.400) \end{aligned} \quad (7)$$

ve kontrast özelliği için

$$\begin{aligned} \mu_{c_2,1}(x) &= l-s(x;0.05,0.14,0.23) \\ \mu_{c_2,2}(x) &= \Pi(x;0.18,0.32) \\ \mu_{c_2,3}(x) &= s(x;0.41,0.5,0.59) \end{aligned} \quad (8)$$

üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Burada 1, 2 ve 3 alt indisleri üyelik fonksiyonlarını, c_1 ve c_2 de özellikleri göstermektedir. Yapılan bu işlem Şekil 3'deki blok diagramı ile anlatılabilir.

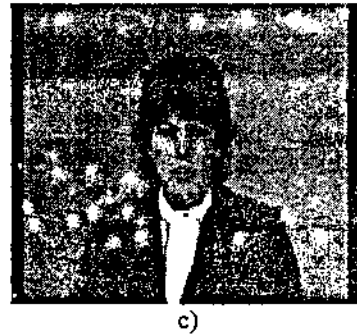
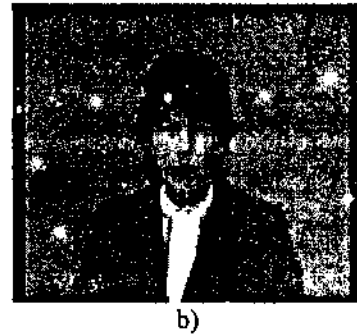


Şekil 3. Kullanılan yöntemin blok diagramı

Bu blok diagramında AKD, Ayrık Kosinüs Dönüşümünü; TAKD de Ters Ayrık Kosinüs Dönüşümünü simgelemektedir.

Kodlama işlemi yapılırken 1. bölgedeki vektörler 1. kod tablosunda, 2. bölgedekiler 2., 3. bölgedekiler 3. ve 4. bölgedekiler de 4. kod tablosunda araştırıldı. Böylece hem araştırma hızı, artmış oldu hem de özel bölgeler için öze kod tabloları oluşturulduğundan performans artmış oldu.

Karşılaştırma amacıyla standart nicemeleme de gerçekleştirildi. Kullanılan kod tablolarının boyutları 512, $\alpha=0.7$ ve standart vektör nicemeleme için vektör boyutu $n=4 \times 4$ olmak üzere elde edilen sonuçlar Şekil 4'de gösterilmektedir. Fark görüntüleri 128 gri düzeyi civarında 5 kat kuvvetlendirilmiş olarak verilmiştir. Bulanık mantıkla elde edilen sonuçlar için kosinüs dönüşüm katsayıları 128 seviyede seviyelendirilmiştir.



Şekil 4. a) Orjinal görüntü, b) Standard vektör nicemeleme sonucu, 36.18 dB, c) Bulanık mantık sonucu, 37.93 dB, seviye sayısı 128, d) a) ile b)'nin 128 civarında 5 kat kuvvetlendirilmiş farkı, e) a) ile c)'nin 128 civarında 5 kat kuvvetlendirilmiş farkı.



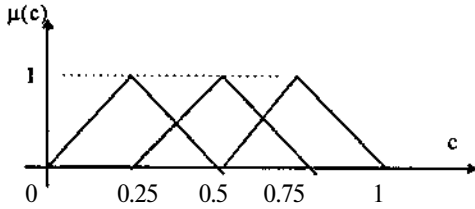
d)



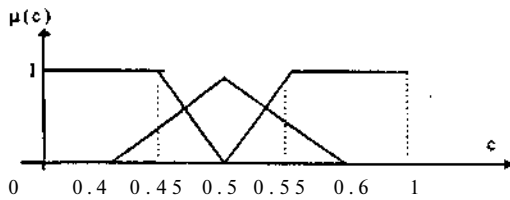
e)

Şekil 4. (devam)

Benzeri işlemler Şekil 5 ve şekil 6'daki üyelik fonksiyonları için de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Üçgen üyelik fonksiyonları



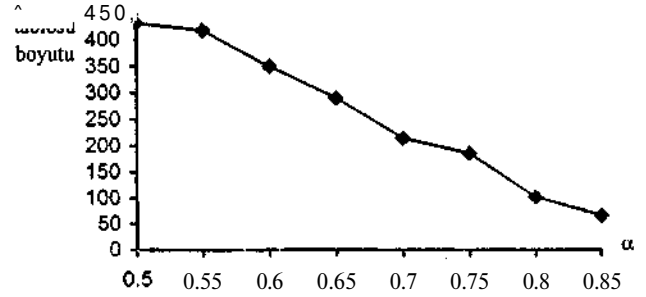
Şekil 6. Yamuk üyelik fonksiyonları

Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterilmektedir. Bu tabloda bulanık mantık ve standart VN ile elde edilen sonuçlar aynı sıkıştırma oranlarında karşılaştırılmaktadır. Tablo 2'de a 'nın değişen değerleri ve farklı üyelik fonksiyonları için 0.5 bit/piksellik veri hızında elde edilen sonuçlar verilmektedir. Dikkat edilirse a büyüdükçe alt kod tablosu boyutu küçüleceğinden elde edilen performans kötüleşmektedir, a küçüldükçe alt kod tablosu boyutu büyümekte, daha fazla vektör içinden araştırma yapılacağından performans artmaktadır. Fakat bu durumda önemli bir nokta işlem sayısının artmasıdır.

Şekil 7'de alt kod tablosu boyutunun a ile değişimi gösterilmektedir. Şekilden görüleceği üzere, a büyüdükçe alt kod tablosu boyutu azalmaktadır.

Tablo 2. Farklı durumlarda elde edilen sonuçlar

Kullanılan yöntem	İşaret/Gürültü oranı (dB)		
	ct=0.5	ot=0.6	a=0.7
Formül	38.75	38.03	37.93
Üçgen	35.52	34.45	33.56
Yamuk	39.17	37.14	35.18
Standart VN	36.18		



Şekil 7. Alt kod tablosu boyutunun a ile değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada bulanık küme teorisine dayanan yeni bir kod tablosu oluşturma metodu kullanan bir VN anlatılmıştır. Bu teknik kodlanmış görüntülerin kalitesini artırır. Çünkü kodlanacak bloklara daha çok benzeyen bloklardan oluşan bir alt kod tablosu üzerinde çok daha ayrıntılı bir araştırma yapılmaktadır. Araştırma işlemi, orjinal kod tablosuna göre daha küçük olan alt kod tablosu üzerinde yapıldığı için hesap karmaşıklığı azalmıştır. Bulanık mantığa dayalı VN, a parametresini seçerek hesap karmaşıklığını otomatik olarak kontrol etme yeteneğine de sahiptir. Bu durumda her görüntü için kodlanacak blokların sayısı zamanla değişir. Ayrıca bu teknikte özelliklerin ve bunlara ilişkin parametrelerin seçimi sonuçlar için çok önemlidir.

5. KAYNAKÇA

- [1] R. M. Gray, "Vector Quantization", Readings in Speech Recognition, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., California, pp. 75-100, 1990.
- [2] L. Corte-Real, A. P. Alves, "A Fuzzy Classified Vector Quantizer For Image Coding", *IEEE Trans. On Communication*, 43, 2/3/, pp. 207-215, 1995.
- [3] C.N. Manikopoulos, H. Sun, "Activity index threshold classification in adaptive vector quantization", in *Proc. of the IEEE Int. Conf. On Communication*, pp. 1235-1239, 1988.
- [4] Y. Wang, S. K. Mitra, "Edge - preserving image coding based on local modelling of images", in *Proc. of the IEEE Int. Conf. On Acoustics and Signal Processing.*, pp. 1320-1323, 1988.
- [5] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets and Their Applications to Pattern Classification and Cluster Analysis", Memo. ERL-M607, Electronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, 1976.

GENEL AMAÇLI ENDÜSTRİYEL BİR GÖRME SİSTEMİNDE ÖZNETELİK ÇIKARICILARININ YERİ VE KULLANIMI

Cüneyt Hakan Bağcıoğulları, Prof. Dr. Hasan Dinçer

Kocaeli Üniversitesi Elektronik-Haberleşme A.B.D.

TÜBİTAK MAM Yazılım Mühendisliği ve Benzetim Grubu, Pk 21 Gebze Kocaeli

Tel: 0 262 6412300 Faks: 0 262 6412309 E-pošta: chab@mam.gov.tr

ABSTRACT

Öne of the most important sensing elements for robot is machine vision. Perceiving its environment and planning its motion for a robot has been obtained by vision system, which use many different image processing and feature extraction methods.

Industrial companies which use robot and vision system; have same difficulties during the adaptation of the robot and vision system to the new product group. To elimination this difficulties, automatically choosing a proper feature extraction method will get faster adaptation for new product group [1,2].

in this work, differentiating features of the new product group that runs trough the conveyor are determined by different feature extracting methods. And automatically choose the method, which find features vector that gives the best recognition results.

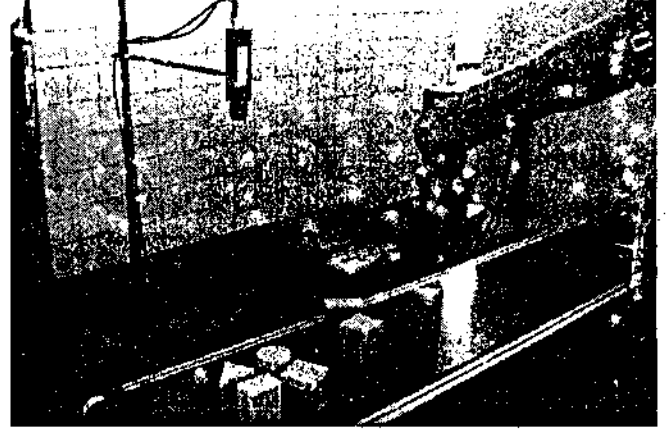
1. GİRİŞ

Bu çalışmada, en başta görüntü işleme metotları kullanılmakta[3] ve yeni ürün grubunu oluşturan nesnelere tanımak için en uygun öznetelik çıkarım tekniğini belirlemektedir. En uygun öznetelik vektörünün seçimi genel amaçlı endüstriyel görme sistemi için çok önemli bir basamaktır. En uygun öznetelik vektörünün hangisinin olduğunun saptanması için kurulan sistemde, boyutları önceden belli olmayan ve nesne sayısı ile özneteliklere bağlı olarak daha sonra otomatik bir şekilde belirlenerek oluşturulan bir Yapay Sinir Ağı kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağı olarak Kohonen'in kendi kendini düzenleyen öznetelik haritaları benimsenmiştir. Önerilen sistem öznetelik hesaplayıcıda olduğu gibi diğer görme sistemlerinden farklı olarak, sınırlandırıcı yapısını yeni nesne grubuna uygun olarak oluşturarak, her bir nesne grubu için en hızlı ve doğru sonucu verecek boyutları oluşturmaktadır [4, 5]. Sınama için kullanılan deney seti Şekil 1'de gösterilmektedir. Öznetelik vektörünün esnek bir şekilde "belirlenmesinin önem taşıdığı görme sistemleri esnek üretim sistemleri için üretilenlerdir. Şekil 2'de esnek üretim için tasarlanmış bir görme sisteminin genel akış diyagramı gösterilmektedir.

Bölüm 1'de öznetelik vektörlerinin bulunması için görüntünün elde edilmesi ve uygulanan ön işlemlere değinilecektir. Bölüm 2'de sistemde çok önemli bir yer

tutan öznetelik vektörlerinin elde edilmesi, bölüm 3'te kullanılan sınırlandırıcı ve öznetelik vektörlerinin sınanması

için gereken deneyler sunulacaktır. Son olarak bölüm 4'te sonuçlar verilecektir.



Şekil 1. Önerilen sistemin görüntüsü.

2. ÖNİŞLEMLER

Bu çalışma sırasında kullanılan kamera Electrim Firması tarafından geliştirilmiş olunan EDC-1000 isimli dijital kontrollü siyah-beyaz video benzeri, sanayii tipi bir CCD kameradır.

Kameranın özellikleri arasında; görüntü boyutunun 2.64mm*2.64mm, piksel boyutunun 13.75*16 mikron, piksel çözünürlüğünün 192*330, S/N oranının 60 dB, çalışma sıcaklığının 32-110 F olduğu sayılabilir.

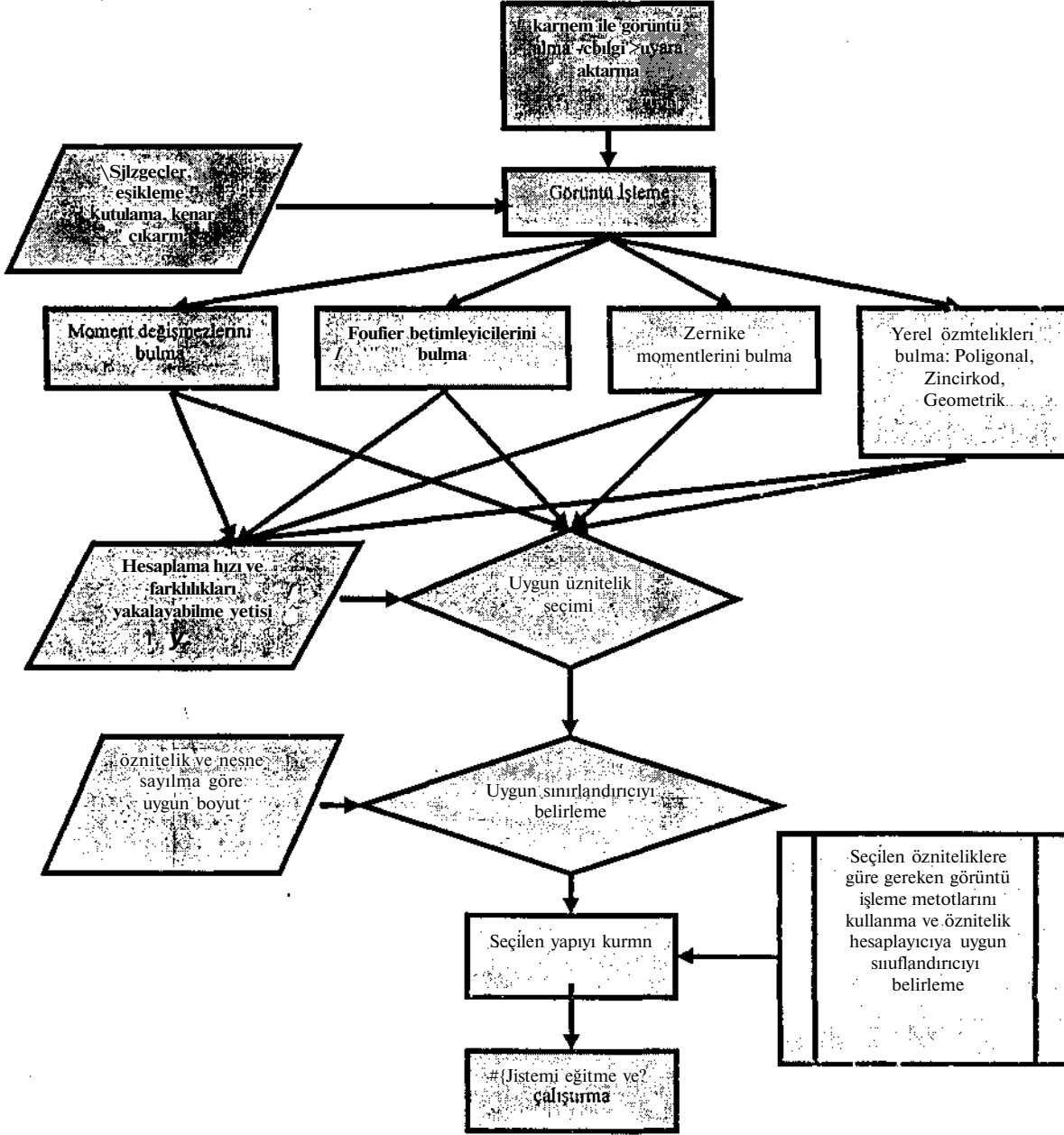
Elde ettiğimiz görüntü üzerine öznetelik çıkarımının daha başarılı olması için görüntü işleme yöntemleri uygulamaktayız. Bunlar sırasıyla şunlardır.

- Gri seviyede düzeltme; görüntü yoğunluklarının aralığını veya zıtlığını iyileştirme amaçlı
- Alçak geçiren süzgeç; yüksek frekanslı bileşenleri azaltıp, düşük frekanslı bileşenleri koruyarak alçak-geçiren süzgeçleme gürültüyü azaltma amaçlı

- Orta (median) süzgeçler; bunlarda tuz biber veya itici (impulsive) gürültüleri azaltma ve aynı zamanda rasgele gürültüleri azaltırken, görüntüdeki kenarları da koruma amaçlı
- Eşikleme işlemi; görüntüdeki nesnelerin tanınmasını kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla gri seviyeli bir görüntüyü ikili hale getirmek için bir eşik değeri

saptaması (Otsu tarafından önerilen Optimal Eşikleme metodu)

- Kenar çıkarma işlemi; nesnenin kenarları bulunurken hiçbir bilgi kaybına olanak tanımadan, hafızada en az yer tutan, tek piksel genişliğindeki en ince kenar izinin bulunması amacıyla



Şekil 2. Önerilen sistemin akış şeması

3. KULLANILAN ÖZİNTELİK ÇIKARICILAR

Yapılan literatür taramasında örüntü tanıma için geliştirilmiş birçok öznelik çıkarma yöntemi ile karşılaşmıştır. öznelik çıkarma yöntemlerini üç sınıf altında (her sınıfa örnekler vererek) inceleyebiliriz .

1-Genel öznelikler

- a) Şablon Eşleme
- b) Dönüşümler ve Açılımlar (Fourier, Walsh, Karhunen-Loeve seriler v.b.)

2-Noktaların Dağılımı (İstatistiksel)

- a) Geometrik momentler
- b) Zernike momentleri
- c) Pencere gözü
- d) n-tüpleri

3-Geometrik ve Topolojik öznelikler.

- a) Çeşitli yönlerdeki çizgisel ilerlemeler ve çıkıntılar
- b) Son noktalar veya çeşitli çizgilerin kesişim bilgisi

Sistem bu öznelikleri hesaplarken, her bir öznelik için hesaplama zamanını da bulmaktadır. Hesaplanan özneliklerden, nesne grubunda ayırt etmeyi kolaylaştıracak şekilde, farklı nesnelere için en farklı değerler veren özneliklerden en hızlı hesaplananları seçilir. Böylece test edilen nesne grubuna en uygun öznelikler bulunmuş olur.

Bazı öznelik elde etme yöntemlerinde (Fourier tanımlayıcısı, Zernike momentleri gibi) nesnelere yeniden elde edilebilirler. Bu geri çatma özelliği bize seçilen özneliklerin nesneyi ne kadar iyi temsil ettiği konusunda bilgi verir.

Bu çalışmada, kullanılan başlıca genel ve yerel öznelik bulma yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

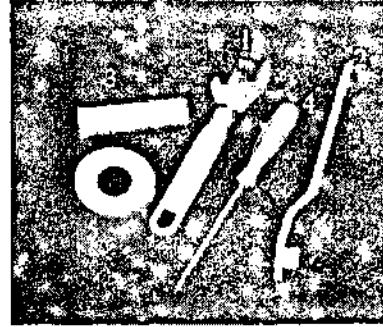
- Genel öznelik bulma yöntemleri:
 - Moment değişmezleri,
 - Zernike momentleri,
 - Fourier betimleyicileri.
- Yerel öznelik bulma yöntemleri:
 - Zincir koda göre öznelik çıkarımı,
 - Geometrik öznelikler,
 - Poligonal yaklaşım.

özneliklerin o nesne grubundaki nesnelere birbirinden ne kadar ayırdığı her bir öznelik için Euclid mesafeleri hesaplanarak anlaşılabilir ve en fazla değere sahip olan öznelikler, o nesne grubunun ayırt edici öznelikleri olarak yapay sinir ağı sınırlayıcısını oluşturmak üzere kullanılır.

4. SINIFLANDIRICI VE DENEYLER

öznelik hesaplayıcıda olduğu gibi, sınıflandırıcı yapısını yeni nesne grubuna uygun olarak oluşturularak, her bir nesne grubu için en hızlı ve doğru sonucu verecek boyutları kullanılmaktadır. Bu isteri sağlamak amacı ile eğitimsiz öğrenen yarışmacı tipte olan Kohonen'in kendi kendini düzenleyen öznelik haritaları kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağına, giriş verisinin bir haritasını gösterdiği söylenebilir. Sinir ağına cevabı farklı girişler için farklı yerlerde oluşur ve sinir ağı farklı çıkış işlem elemanlarına sahiptir.

Yapay sinir ağına eğitiminden sonra, yeni nesne grubu için sistem tanıma işlemlerine başlamak üzere, öznelik çıkarımı için gereken görüntü işleme tekniklerini ile yukarıda anlatılan tüm genel ve yerel özneliklerin hesabı ile, elde edilen vektörler, eğitilmiş yapay sinir ağına giriş olarak veren bir yapıyı otomatik olarak kurular. Sınamalarda elde ettiğimiz ve taşıyıcı bant kullanılmadan artarda verilen görüntülerde 5 nesnelik bir grup için (Şekil 3.a) eğitim aşaması nesnelere ait belirlenen özneliklere de bağlı olarak 2-5 saat arasında değişmektedir (Pentium 120 mikro işlemcili bir bilgisayar ile



a)

3	3	3	5	5	5
3	3	3	5	5	5
3	3	3	3	2	2
1	1	3	3	2	2
1	1	4	4	4	4
1	1	4	4	4	4

b)

Şekil 3. a)Kameradan alınmış 5 nesneden oluşan örnek nesne grubu görüntüsü ve b) eğitim sonrası nesne grubunun yapay sinir ağına yerleşimi

5. SONUÇLAR

Çıkarılan öznitelik vektörünün formatı ile sınıflandırıcılarının gereksinimlerini karşılamak çok önemlidir. Genel bir görme sisteminde değişen tanıma parçalarında farklı öznitelik vektörleri kullanılarak daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Deneylerden belirlendiği üzere sayısal öznitelikleri karar ağaçları için, gerçek değerli öznitelik vektörleri de istatistiksel sınıflandırıcılar için idealdir. Ancak tanıma sisteminde birden fazla sınıflandırıcı kullanılıyorsa o zaman da birden fazla öznitelik formatı belirlenmelidir. Yerel öznitelikler nesnelerin kritik noktaları hakkında bilgi verdikleri ve daha hızlı çalıştıkları için çok özel ve zamanın önem taşıdığı durumlarda daha başarılı olmaktadır.

Özel bir uygulama için en iyi yaklaşımı seçmekte önerilen öznitelik hesaplayıcıyı deneysel olarak değerlendirmektir. Öznitelik elde edilmesinde deneyler sonucu belirlenmiş birkaç nokta aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Nesneden sınırlı sayıda bağımsız öznitelik çıkarmak,
- İstatistiksel sınıflandırıcı kullanıldığı zaman öznitelik vektörünü olabildiğince küçük tutmak,
- Çıkarılan öznitelik vektörünün formatı ile sınıflandırıcılarının gereksinimlerini karşılamak, bunu bir örnekle şöyle açıklayabiliriz: bir grafik tanımlayıcı yapısal sınıflandırıcı için uygundur. Bunun yanında sayısal öznitelikleri karar ağaçları için, gerçek değerli öznitelik vektörleri de istatistiksel sınıflandırıcılar için idealdir. Ancak tanıma sisteminde birden fazla sınıflandırıcı kullanılıyorsa o zaman da birden fazla öznitelik formatı belirlenmelidir.

6. KAYNAKÇA

1. Bağcıoğulları, F., "Endüstriyel Amaçlı Görme Sistemleri," Interchip'96, Ankara 1996.
2. Haralick, R., Shapiro, L., Computer and Robot Vision, Addison-Wesley, 1992.
3. Khotonzad, A., Lu, J., "Classification of Invariant Image Representations Using a Neural Network," IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.38, 1028-1038, 1990.
4. Babu, G.,P., "Self-Organizing Neural Networks for Spatial Data," Pattern Recognition Letters, Vol. 18, 133-142, 1997.
5. özüğür, T., Denizhan, Y., Panayırıcı, E., "Feature Extraction in Shape Recognition Using Segmentation of the Boundary Curve," Pattern Recognition Vol. 18, No. 10, 1049-1056, 1997.
6. Trier, A.K., Jain, "Feature Extraction Methods for Character Recognition-A Survey," Pattern Recognition, Vol.29, No.4, pp.641-662, 1997.

TERMAL GÖRÜNTÜLEME

Mustafa Alçı, Enis Ciinay
Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü, 38039 Kayseri

ABSTRACT

Being a technique for converting a scene's thermal radiation pattern into a visible images, thermal imaging which requires no external sources of illumination, allows day and night operation. Thermal imaging systems extend our vision beyond the short-wavelength red into the far infrared by making visible the light naturally emitted by warm objects. So, the potential uses of thermal imaging are wide ranging. In fact, with its currently increasing availability and applicability, thermal imaging systems attain to a great deal of interest. Of the many applications of these sensors, the military and avionic thermal imaging is a critical requirement for country defence. In this paper we describe and discuss the principles on which thermal imaging is based.

1. GİRİŞ

1.1. Termal Görüntüleme Nedir?

Termal Görüntüleme, bir cisim tarafından yayılan ışımadan yararlanarak onun görüntüsünü üretme esasına dayanmaktadır. Doğal olarak görülebilen tayf içerisinde görüntüler yansıma ve yansıma farklılıkları tarafından meydana getirilirken, termal görüntüler kendiliğinden (spontaneous) emisyon ve yayılım kapasitesi farklılıklarından elde edilir. Buna göre, termal görüntüleme konusunda, kendiliğinden ısı enerjisi üreten örneklerle ilgilenilmektedir.

Bir termal görüntü üretebilmek için, uygun lens sistemleri ile birlikte bir kamera kullanılır. Bu sistemde cisimlerin sahip oldukları sıcaklık dolayısıyla yaydıkları ışımaya ve arka planın (background) sıcaklık farkından yararlanıldığından, harici bir ışık kaynağı gerekli değildir. Termal görüntü sistemlerinin oldukça geniş bir spektral band geçişi mevcuttur. Bu nedenle her çeşit kutuplaşmayı alabilecek kapasitededirler ve efektif sıcaklık farklılıklarını üreten mekanizmalara karşı da duyarsızdırlar. Harici bir aydınlatmanın gerekli olmaması sistemlere her ortamda ve özellikle de karanlıkta uygulanma imkanı sağlamaktadır.

Termal ışımaya duman ve sise kolayca nüfuz edebilir. Işıma atmosfer boyunca olduğu için, saçılma ve emilme (absorption) süreçleri sonucu yapısında incelmeye meydana gelmektedir. Saçılma, radyasyon ışınının doğrultusunda değişikliğe yol açan bir fenomendir. Ona, emilme ve asılı parçacıkların (suspended particles) enerjisinin müteakiben yeniden ışıması neden olmaktadır. Parçacıklar radyasyonun dalga boyuna oranla daha küçük olduğunda bu işleme, Rayleigh saçılması denir ve;

$$Y_R = (8\pi r^3 / 3A^4) n^8 p^2 PcKTF \quad (1)$$

bağıntısıyla verilir. Burada, n: Ortamın kırılma indisi, p: Ortalama fotoelastik katsayı, pc: Bir T_F sıcaklığında izotermal sıkıştırılabilirlik (compressibility), T_F : Fiktif sıcaklıktır.

Daha büyük parçalar için saçılma dalga boyundan bağımsızdır. Atmosferdeki gaz moleküllerinin saçılması, $2/\lambda n'$ den uzun dalga boyları için ihmal edilebilir küçüklüktedir. Duman ve sis parçacıkları kızılötesi (infrared) dalga boylarına göre küçüktür; bu nedenle kızılötesi radyasyon duman ve sisin içerisine görünür radyasyondan daha ileri ölçüde nüfuz edebilmektedir[1]. Tayfın kızılötesi bölgesinde, gaz moleküllerince oluşturulan ışımaya emilmesi, çoğunlukla daha önemli bir zayıflama sürecinden ibarettir. Su buharı ve karbondioksit molekülleri tarafından meydana getirilen güçlü emilmenin atmosferik iletimi (transmisyon), 3-5 μm ile 8-13 μm arasında sınırlıdır.

Bu tespit ve açıklamaların ışığında, termal görüntülemenin temel özelliklerini dört maddede toplamak mümkündür[2]:

- Termal görüntüleme, harici bir aydınlatma kaynağı istemeyen, tümüyle pasif bir tekniktir. Gündüz ve gece operasyonlarına, ve gizli cisimleri algılamaya imkân sağlar.*
- Sıcak ve soğuk noktaların veya görünüm içerisindeki farklı "yayılım kapasitelerine" sahip alanların belirlenmesi için idealdir.*
- Termal ışımaya, duman ve sisin içine, görünür ışımadan daha kolay nüfuz edebilir ve görülebilir karanlık noktaların belirlenmesine izin verir.*
- Termal görüntüleme, uzaktan algılamalı bir gerçek zaman tekniğidir.*

1.2. FLIR Sisteminin Doğuşu ve Tarihsel Gelişimi

İlk termal görüntüleme sistemi Circa-1930 Evaporagraf idi. Bu, daha çok entansif (yoğun) 'taramasız' (non-scanning) bir devreden ibaretti. Ancak, evaporatif sistem, iç kontrast, duyarlılık ve cevaplama süresindeki sınırlamalar nedeniyle termal görüntüleme işlevinde tatminkar durumda değildi. Orijinal taramalı termal görüntüleyiciler "termograflar" şeklinde adlandırılmaktaydılar. Onlar, bir tek detektör elemanından oluşmakta; iki boyutlu ve oldukça yavaş tarayıcılarla görüntülerini yahut fotografik filmlerini kay-

detmekte olup, gerçek zamanlı devreleri değildiler. 16 inçlik bir ışıldak reflektör, çift eksenli bir tarayıcı ve bir ışınölçer (bolometre) detektörden oluşan ilk termograf 1952 yılında Amerikan ordusunda kullanıldı. Bunu, 1956-1960 yılları arasında, ordu destekli termografların hızlı bir gelişimi izledi. Bu termograflar çoğunlukla sivil uygulamalara yöneltildiler. 1950'lere kadar, hızlı cevaplama süreli detektörler henüz ortada olmadığından, hızlı termal görüntüleyicilerin gelişimi mümkün değildi. Frekans band kuşağı birkaç yüz hertz ile sınırlıydı. Zira bu dizinin yukarıdaki düşük detektör cevabı, zayıf görünümü sinyale-gürültü oranına sahip bulunmaktadır. İlk gerçek zamanlı aviyonik termal görüntüleme sistemi "FLIR" (Fonvard Looking Hıfrared), şerit (strip) haritacılığı teknolojisinin bir yan ürünü şeklinde ortaya çıktı. Bu cihazlar esasında termograf olup, hava araçlarının yere ilişkin hareketinin doğurduğu düşey tarama işlemi ile ilgili olduklarından, en çok ordu ve hava kuvvetlerinin keşif operasyonlarında kullanılıp geliştirildiler, tik uzun dalga FLIR 1956 yılında hava kuvvetlerinin desteği ile Şikago Üniversitesi tarafından yapıldı. Buna, 1960 yılında, gerçek zamanlı uzun dalga devreli, yine ordu için geliştirilen FLIR eklendi. Bu sistem Prizma Tarayıcı şeklinde adlandırılmaktaydı. Çünkü, tek elemanlı InSb detektörü için, spiral bir tarama meydana getirebilmek amacıyla, rotasyonlu iki prizma kullanılmıştı. Prizma Tarayıcı, gerek ordu gerekse sivil uygulamalar için, yer temelli sensörlerin müteakip gelişmesinde önemli bir basamak oluşturmuştur. 1960 ile 1974 arasında en az altmış farklı FLIR tipinin gelişimine tanık olundu ve yüzlerce imalat yapıldı. FLIR teknolojisi, detektör dizilişinin gelişmesi sayesinde olgunluğa erişmiştir[3].

1.3. Termal Görüntülemenin Uygulama Alanları

Termal görüntüleme, askeri, sivil, endüstriyel, medikal, bilimsel alanlarda çok geniş uygulanma imkanları elde etmiş bulunmaktadır. Termal görüntülemenin endüstri ve sivil alanlardaki uygulamaları "termografi" ve "termal görüntüleme" (thermal imaging) adları altında bilinmektedir. Kızılötesi termografi elektrik destek sanayiinde uygulanmaktadır. Ayrıca termografinin binaların termal performans testlerinde, meteoroloji ve arazi taramalarında uygulandığı görülmektedir. Bununla birlikte termografinin en geniş uygulanma alanlarından birini tıp, bir diğeri de havacılık oluşturmaktadır. Nihayet askeri alanda termal görüntüleme oldukça yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

2. TERMAL GÖRÜNTÜLEMENİN PRENSİPLERİ

Termal görüntülemenin esası kendiliğinden emisyon ve yayılım kapasiteleri arasındaki farklılıklardan yararlanma olması nedeniyle, onun başlıca ilkelerini belirleyebilmek için, burada termal emisyon, total görünüm radyasyonu, dalga bandı, sıcaklık ölçümü ve bunu etkileyen faktörler, detektörler soğutma ve kızılötesi yarıiletken vidikonlar konularına kısaca değinmek gerekmektedir.

2.1. Termal Emisyon

Bütün objeler, sıcaklıklarına ve yayım kapasitelerine bağlı olarak, belirli bir oranda ve bir dalga boyu dağılımına göre ışınım yaparlar. Bir siyah cisim bir W_{em} $cm^{-2} \mu m^{-1}$ $h_{tüm}$

ışınımı absorbe ederken, öte yandan da mükemmel bir radyatör işlevi görür. Bu siyah cisim tarafından yayılan enerji, belirli bir sıcaklık derecesi için, teorik olarak mümkün olabilen maksimum enerjiden ibarettir. Işıma gücü ya da yayılan foton sayısı ve cismin dalga boyu dağılımı, Planck' in *ışınım kanununu* 'nda;

$$W(\lambda, T) = 2\pi hc^2 / \lambda^5 [\exp(hc / \lambda kT) - 1]^{-1} W_{em}^{-2} \mu m^{-1} \quad (2)$$

bağlantısında gösterilmektedir. Sıcaklık arttıkça herhangi bir dalga boyunda yayılan enerji miktarı artar ve "peak" emisyonunun dalga boyu azalır. Bu da, Wien' in *deplasman kanunu* ($\lambda_{mp} T = 2898 \mu m \cdot K$) ve ($\lambda_{mp} T = 3670 / w \cdot K$) ile gösterilmiştir. 290°K çevre sıcaklığındaki bir obje için, A_{mp} ve X_{mp} sırasıyla 10.0 ve 12.7/an olurken, motorlar gibi daha sıcak objeler için maksimum emisyon daha kısa dalga boylarında oluşur. Böylece, elektromanyetik tayfin kızılötesi bölgesindeki 2-15 /mı dalga boyu, termal görüntüleme amaçları için, maksimum yayılma emisyonu içermektedir.

2.2. Total Görünüm Radyasyonu Ve Kontrast

Siyah cisim olmayan objeler siyah cisim ışınımının sadece bir kısmını $s(X)$ yayımlar ve geri kalan kısım $-e(k)$ ya iletilir ya da donuk objelerce yansıtılır. Böylece, herhangi bir objeden yayılan radyasyon, yayılan, yansıtılan, ve iletlenlerin toplamından ibarettir. Tablo 1' de 290°K siyah cisim emisyonu ve yer seviyeli solar ışınımın her iki termal görüntüleme dalga boyundaki gücü verilmektedir[2].

Tablo 1. Her bir termal görüntüleme dalga bandındaki mevcut güç.

Dalga bandı (μm)	Yer seviyesi solar ışınım (Wm^{-2})	290K siyah cisimden emisyon (Wm^{-2})
3-5	24	4.1
8-13	1.5	127

Yansıtılan güneş ışığı, 8-13 //m görüntülemeye, ihmal edilebilir bir etkiye sahip olup, 3-5 μm bantta ise önemli olabilmektedir. Öte yandan, eğik yüzeylerden soğuk hava yansımaları da önemli olabilir. Eşit sıcaklık farklılıkları, 290°K dolaylarındaki ana sahne sıcaklığının üzerinde; 1°C'nin kesirleri olabilir. Bu nedenle, termal görüntüleme-deki kontrast, yansımadaki farklılıklardan kaynaklanan ve neredeyse %100 bu şekilde oluşan görünür imaj kontrastına oranla daha küçüktür. 290°K'lik bir sahnede, 291°K'lik bir obje için, $\Delta E/E$ olarak tanımlanan kontrast, 3-5 /an band da yaklaşık olarak 0.039 ve 8-13 μm band da 0.017'dir. Böylece, ikinci band, çevresel sıcaklık yayan objeler için yüksek duyarlılığa sahip iken, 3-5 //m band daha büyük kontrast gösterir.

2.3. Dalgabandı Seçimi

Genellikle, 8-13 //m band, çevresel sıcaklık yayan objelere olan daha yüksek duyarlılığı ve duman ile sis içerisinde daha iyi iletimi nedeniyle, yüksek performansta termal gö-

rüntüleme için tercih edilmektedir. Bununla birlikte, 3-5 //m band, daha sıcak objeler için veya sıcaklığın kontrasttan daha az önemli olduğu durumlarda, daha uygun olabilir.

2.4. Sıcaklık Ölçümünü Etkileyen Faktörler

Açık havada, bir objenin yüzey sıcaklığını birçok faktör değiştirebilir. Hava başlıca bir etken olabilir: Güneş ışınları sıcaklığı artırabilir, rüzgar düşürebilir ve yağmur objeyi hem taşıma hem de buharlaşma yoluyla soğutabilir. Ayrıca yağmur, yüzeyde bir tabaka oluşturmak suretiyle de yayınım kapasitesini değiştirebilir. Herhangi bir cismin hızı da, yerle, hava ile (aerodinamik ısınma) ve diğer yüzeylerle sürtünmesi sonucu onun sıcaklığını etkileyebilir.

2.5. Detektörler

Termal görüntüleme için detektörde aranan başlıca özellikler, hızlı bir cevaplama süresi, dayanıklılık ve genellikle uygun termal duyarlılık için yeterli olacak şekilde detektör dizilişinin içerisine açılabilme kapasitesidir. Halen mevcut **tipleri, termal detektörler ve foton yahut kuantum detektörleri** şeklinde iki geniş sınıfta ele almak mümkündür. Termal detektörlerde, ısı-bağımlı bir özelliğe sahip materyal kullanılır. Gelen ışına absorbe edildiği zaman devrenin sıcaklığı artar ve bu ölçülebilir bir fiziksel değişikliğe yol açar. Termal detektörlerin, düşük seviyeli bir termal duyarlılık ve oldukça yavaş cevap verme süresi gibi dezavantajları varken buna karşılık, çevresel sıcaklık operasyonu ile ilgili avantajları da bulunmaktadır. Direnci sıcaklıkla değişen metal veya yarıiletken yapıdaki ısınımölçer, optik özellikleri sıcaklığa dayanan bazı sıvı kristaller, sıcaklıktaki değişimleri elektriksel kutuplaşmada farklılıklara yol açan piroelektrik detektörü buna örnek olarak gösterilebilir.

Foton detektörler, elektriksel özellikleri, taşıyıcıların uyanmasıyla sabit durumlardan hareketli durumlara indüklenmiş foton geçişleri sonucu değişebilen yarıiletkenlerdir. Foton detektörlerin çoğu fotopozitif ve fotoelektrolitik devreler şeklinde sınıflandırılabilir.

Son yıllarda, taramalı termal görüntüleme sistemleri için, yeni bir tip fotopozitif detektör geliştirilmiştir. Devre, SPRITE (Signal Processing in The Element) kısa adı ile bilinmekte ve bir dizi seri detektör yerine aynı fonksiyonu detektör elemanı içerisinde, entegrasyon işlemi ve gerekli zaman gecikmesini gerçekleştirmek suretiyle yapmaktadır, içerisinde, yaklaşık 700 $j \times n$ uzunluğunda, 60 /an genişliğinde, 10 fjm kalınlığında ve üç ohmik kontak içeren n tipi kadmiyum civa tellürid şeriti veya filamanı bulunmaktadır.

2.6. Soğutma

Soğutma metodu sıcaklık işlemine ve sistemin ihtiyaçlarına göre değişir. 8-13 /an detektörlerin çoğu 77 K civarında işlem görür ve sıvı nitrojen ile soğutulabilir. Bununla beraber, kompres hava ve bir Joule-Thomson mini soğutucu kullanmak daha uygundur. Bu işlem, yüksek basınçlı havanın, bir kısma valfine yayılması esasına dayanır ve bu valf havayı soğutup sıvılaştırır. Kullanılan havanın, kısma valfini soğutup kitlememesi için, su buharı ve karbondioksitten temizlenmesi gerekir. 3-5 //m dalga boyundaki birçok detektör 195 K'de çalışır ve bu sıcaklığa Peltier etkisi esa-

sına dayalı termal soğutucuların kullanımıyla ulaşılmaktadır.

2.7. Kızılötesi Yarıiletken Vidikonlar

Mekanik televizyon tarayıcıların televizyon kamera tüpleri tarafından gölgede bırakılması, birçok araştırmacıyı aynı şeyi FLIR ile denemeye yöneltti ve dört tip kızılötesi yarıiletken vidikon geliştirildi. 1959' da çok düşük (kirojenik) sıcaklıklarda işlem yapan silikon ve germanyum karışımli fotopozitif bileşimden oluşan kamera hedeflerinin kullanılmıştır. 1962' de kurşun sülfid hedef kullanılarak 2 /im kesim kızılötesi vidikon geliştirilmiştir. 1969' da 2 /im ile sınırlanmış kamera tüpleri tasarlanmıştır. 1971' de ise, 2.5 /im' den 3.4 //m' ye yayılan spektral responslarla bir veya iki boyutlu indiyum-arsenit fotodiyot dizilişli hedeflerin kullanılabilirliği gösterilmiştir. Daha sonraları bu çalışmanın bir çok bölümü yeniden gerçekleştirilerek, bir elektron taşıma ışını veya fotopozitif ışık yayıcı hedef kullanmak suretiyle yükün hedeflen üniform olarak çıkarılması sağlanmıştır[3].

3. TERMAL GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ VE FLIR

Termal görüntüleme sistemleri genelde yukarıda işaret edilen temel özellik ve ilkelere göre tasarlanmıştır.

3.1. Termal Görüntüleme Sistemlerinin Başlıca Elemanları ve Fonksiyonu

Gerçekte, termal görüntüleme alanında memnuniyet verici sonuçların elde edilmesi şu yedi disiplinin işbirliğini zorunlu kılmaktadır: *Işıma teorisi ve hedefişaretleme, termal ısımanın atmosferik iletimi, optik dizayn, detektör ve detektör soğutma işlemi, elektronik işaret işleme, video display, insan araştırma işlemleri ve FLIR yardımıyla görünür algılama.* Buna göre, bir termal görüntülemenin temel işlemlerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Hedef ile arka planı arasında efektif bir sıcaklık farklılığı mevcuttur.*
- Hedef ile FLIR arasındaki atmosfer hedef sinyali zayıflatmakta ve belirsizleştirilmiştir.*
- Operatör görünümü araştırmak amacıyla FLIR sınırlı görüş alanını belirlemek için bir araçtan Yararlanılmaktadır.*
- FLIR, kendisinin termal duyarlılığı, imaj keskinliği, spektral cevabı, dinamik alanı, kontrast anlatımı ve termal sahnenin görünür bir kopyasını üretmedeki mükemmelliğinden yararlanılmaktadır.*
- Gözlemci içinde bulunduğu çevre koşullarına göre kendi deneyimleri, birikimleri ve hedef araştırma, tanımlama ve yorumlama yeteneğini kullanılmaktadır.*

Bir termal görüntüleyicinin blok diyagramı Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Bir termal görüntüleyici blok diyagramı[4].

Optik sistem, ışınma örneğini, görünümünden bir tek küçük detektör elemanı ihtiva eden bir odak düzlemi üzerine toplar, spektral ve mekansal olarak filtreler ve odaklar. Biri düşey ve diğeri de yatay biçimde tarayan iki tarayıcı aynadan oluşan bir opto-mekanik tarayıcı optik sistem ile detektör arasına yerleştirilmiştir. Cisimden detektöre ulaşan ışın demeti, aynanın hareketine bağlı olarak, bir obje uzamında, TV atkısına (tram) benzer bir kroki çıkararak hareket eder. Görünümün bu ardışık tarama süreci, görünümün parçalarına ayrılması (dissection) diye adlandırılmaktadır.

3.2. Termal Görüntüleme Sistem Tipleri ve FLIR

Konvansiyonel termal görüntüleme sistem dizaynları, görünümün parçalara ayrılması ve yeniden kuvvetlendirilmiş detektör sinyallerinin video gösterimi için işlenmesi şeklindeki iki temel yol ile birbirlerinden ayrılırlar. Yakınsak ve paralel ışın taraması ile bir veya iki boyutlu tarama ayırımlarına ek olarak, tarama mekanizması tipleri de seri ve paralel görünüm parçalaması ve detektör sinyal işleme şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Paralel görünüm analizinde, bir detektör dizisi, bir "azimut" (açıklık) tarayıcı ile kullanılan tek boyutlu bir detektör dizilişi şeklinde ana tarama eksenine dikey olarak yönlendirilmiştir. Bütün detektör çıkışları kuvvetlendirilmiş, işlenmiş ve simültane veya paralel şekilde display edilmiştir. Seri görünüm analizinde, detektörlerden çıkan ışın ana tarama eksenine paralel olarak yönlendirilmiş ve görüntünün her bir noktası detektörlerce taranmıştır. Seri taramanın başlıca avantajı, düzensizliklerin ortadan kaybolmasıdır. Çünkü, bu yöntemde görüntü fiilen, sadece bir detektör tarafından analiz edilmekte ve gerekli detektör sayısı, paralel taramada olduğu üzere, tarama çizgilerinin miktarı tarafından değil, daha çok duyarlılık gereksinimlerinin zorunlu kıldığı detektör sayısına belirlenmektedir.

Seri taramanın başlıca dezavantajı ise, tarama işleminin, paralel ışında yapılmasıdır. Böyle olunca da mercekler daha kompleks olabilmektedir. FLIR uygulamalarında seri tarama tekniklerinin belli bir üstünlüğünün olduğu genellikle kabul edilmektedir. Seri taramanın görüntü kalitesinin üstünlüğünün temelinde üniform tarayıcılık ve duyarlılık kapasiteleri ile paralel tarama dizilişinin elde edilmesi vardır.

Taramalı FLIR sistemleri, tarama örnekleri ve ön kuvvetlendirilmiş detektör sinyallerinin video işlemesine göre karakterize edilirler. Video işleme tekniğinde genellikle üç formdan biri tercih edilir: Çok kanallı seri ya da paralel işleme, standart televizyon formatı şeklinde işleme veya yapay-TV işleme. Mevcut sistemler, en geçerli tarama fonksiyonunu ve sinyal işlemeyi temsil eden dört kategoriden birine girmektedirler: *Paralel tarama-paralel video*, *paralel tarama-standart video*, *seri tarama-paralel video*, *seri tarama-standart video*.

4. SONUÇ VE YORUM

Termal görüntüleme sistemleri, görüşümüzü kırmızı kısa dalga boyunun ötesinden uzak kızılötesine götürmek suretiyle sıcak cisimlerin yaydığı doğal ışığı görünür hale ge-

tirmektedir. Gözümüz 0.4 ile 0.7 /an dalga boylan arasındaki ışığa cevap verdiği için, termal görüntüleme sistemleri, gözün gündüz yaptığına benzer şekilde, karanlık ortamda, baskın enerjiyi bir devre aracılığıyla görüntüye dönüştürmektedir. Karanlık bir ortamda bunun gerçekleşebilmesi için, 'gece gözü' (night eye) nün, beden sıcaklığı tarafından yayılan fotonlara cevap vermesi gerekmektedir.

Gerçekte, termal görüntüleme, öncelikle kendi kendine emisyon ve emisyon farklılıkları sayesinde mümkün olmaktadır. Görünüm sıcaklığı ile yansıtma ve iletim kapasiteleri, termal görüntüleme sistemlerinde temel bir öneme sahiptir. Termal görüntüleme sistemlerinin geniş ölçekli bir spektral band geçişleri ve her çeşit kutuplaşmayı alabilecek kapasiteleri mevcuttur. Termal görüntüleyiciler, bazı dezavantajlarına rağmen kullanım yerleri ve şartları göz önüne alındığında, işleyiş kapasiteleri itibarıyla, pasif duyarlı elektro-optik görüntüleme devrelerinden, bir çok bakımlardan daha üstündür.

Böylece, termal görüntüleme, çok çeşitli avantajları nedeniyle geniş bir uygulama alanı bulmuş; gerçek zamanlı sistemler ve tekniklerde kaydedilen ilerlemeler başta askeri alan ve özellikle askeri havacılık olmak üzere çok çeşitli amaçlarla kullanımına imkan sağlamıştır. Çünkü, termal görüntüleme sistemleri, pilotaj/seyrüsefer, keşif, arama-kurtarma, otomatik hedef takibi, tespit, tanıma ve teşhis kabiliyetleri sayesinde, her türlü hava görevi için ideal çözüm sunmaktadır.

Termal görüntü uygulamaları, gelişen askeri teknolojiye paralel olarak ülkemizde de bulunmaktadır. Görüşün kısıtlı olduğu gece, yağmur, kar, sis, pus gibi meteorolojik ve toz, duman, yangın ve kamuflaj gibi koşullarda hedef tespiti, teşhisi ve tanınmasına yönelik olarak değişik modellerde odak düzlemlili dizin detektörlü termal nişancı periskopu (DNTSS), gece görüş cihazları,- uzun mesafe gözetleme FLIR[5], aviyonik FLIR ve hava savunma FLIR gibi termal görüntüleme cihazları üretilmektedir[6].

5. KAYNAKÇA

- [1] Biesel, H., Rohlfing, T., "Real-Time Simulated Forward Looking Infrared (FLIR) Imagery For Training", *SPIE, Infrared Images Processing and Enhancement*, vol. 781, pp. 71-80, 1987.
- [2] Davis, A. P., Lettington, A. H., *Applications of Thermal Imaging*, Edited by S. G. Burnay, T. L. Williams, C. H. Jones, Bristol and Philadelphia, Adam Hilger, pp.1-13, 1988.
- [3] Lloyd, J. M., *Thermal Imaging Systems*, New York and London, Plenum Press, pp. 1-8, 329-366, 1975.
- [4] Scott, L., "Modeling Staring Thermal with FLIR 92", *SPIE*, vol. 1969, pp. 21-26.
- [5] *Türk Savunma Sanayii Ürünleri Katalogu 1997-1998*, Ankara, s. 67-72, 1997.
- [6] Metiner, H., "Topçu ve Hava Savunma Sistemlerimiz", *Aselsan*, 11/47, s. 22-23, 30, Eylül 1998.

CAM ÜRÜNLERDE SPLİNE ARADEĞERLEMESİ KULLANILARAK HATA TESPİTİ

Hatice Doğan - Reyat Yılmaz
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Dokuz Eylül Üniversitesi
35160 İzmir

E-mail: hatice.dogan@eee.deu.edu.tr - reyad.yilmaz@eee.deu.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, the problem of automatic visual inspection of a defective glass is studied. For this purpose Euclidean distance, central boundary moments and cubic spline interpolation methods are examined. The performances of these methods are compared to each other. The results show that the best classification among the applied methods can be achieved by cubic spline interpolation.

1. GİRİŞ

Ekonomik açıdan, üretim esnasında meydana gelen hatalı ürünlerin erken aşamada saptanması önemlidir. Üretim sanayinde otomasyona gidilmesi, bu işlemin de otomatik olarak yapılmasını gerektirmektedir. Son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalar hızla artmaktadır [1], [2], [3], [4].

Hatalı cam ürünlerin, ürün dekore edilmeden üretim hatından ayrılması istenir. Bu işlemin otomatik olarak optik yöntemlerle yapılması, üretim hattının hızı ve ürünlerin standardı açısından bir ön gerekliliktir.

Ürünlerdeki hatalar, kozmetik hatalar ve fonksiyonel hatalar olmak üzere ikiye ayrılır. Kozmetik hatalar insan gözünü rahatsız eden, fonksiyonel hatalar ise ürünün performansını etkileyen hatalardır [5]. Bu çalışmada ürünün kordon ve tabla bölgelerindeki hataları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için arkadan aydınlatma tekniği kullanılarak, yüksek çözünürlüklü sayısal kamerayla 70 adet 160x340 piksel boyutlarında tabla görüntüsü ve 75 adet 160x390 piksel boyutlarında kordon görüntüsü elde edilmiştir.

Bu bildiride görüntünün özneliklerinin çıkarılabilir forma getirilmesi için uygulanan görüntü ön işleme yöntemleri açıklanmış, görüntülerden öznelik vektörü çıkarmak için kullanılan yöntemler tartışılmıştır. Bu yöntemlerin uygulanması ile elde edilen başanımlar karşılaştırılmıştır.

2. GÖRÜNTÜ ÖN İŞLEME:

Görüntüler optimal bir eşik değerinden geçirilerek [6], siyah (0) ve beyaz (1) olmak üzere iki renk düzeyine indirgenmiştir. Hatalar nesnelere iç sınırlarından tespit edilebileceği için öncelikle nesne merkezi bulunarak, nesnenin iç bölgesi doldurulmuştur. (Pikseller I seviyesine getirilmiştir).

Doldurulan nesneyle, orijinal nesne mantıksal XOR işlemine tabi tutularak, nesnenin iç sınırları elde edilmiştir.

3. SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ:

3.1 Euclidean uzaklıktan yöntemi:

Bu yöntemde sınır pikselleri 10 piksel arayla örneklenerek, elde edilen her pikselin nesne merkezine olan uzaklığı (1) formülüyle hesaplanıp, öznelik vektörünün elemanları olarak yazılmıştır.

$$r = \sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} \quad (0)$$

x, y sınır piksellerinin \bar{x} ve \bar{y} ise nesne merkezinin koordinatlarıdır.

incelenen ürün, öznelik vektörünün sağlam üründen elde edilen öznelik vektörüne olan benzerlik oranına göre sınıflandırılmıştır. X_i ve X_j vektörlerinin birbirine benzeme oranı:

$$S(x_i, x_j) = \frac{\langle x_i, x_j \rangle}{\langle x_i, x_i \rangle + \langle x_j, x_j \rangle - \langle x_i, x_j \rangle} \quad (2)$$

$$\langle x_i, x_j \rangle = x_i^T x_j = |x_i| |x_j| \cos(\theta_{ij}) \quad (3)$$

ile hesaplanır [7].

3.2 Merkezi sınır momentleri yöntemi:

Bu yöntemde sınır piksellerinin ikinci ve üçüncü merkezi momentleri hesaplanmıştır. İkinci merkezi sınır momenti $\mu_2(r)$ eğrinin, r ortalama değerinden sapma miktarını, üçüncü merkezi sınır momenti $\mu_3(r)$ ise ortalama r değerini referans alarak, eğrinin simetrisini ölçer [8].

N: Sınır piksellerinin sayısı ve $k=1,2,\dots,N$ olmak üzere n'inci dereceden sınır momenti m_n ve merkezi sınır momenti j_v

$$m_n = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [r(k)]^n \quad (4)$$

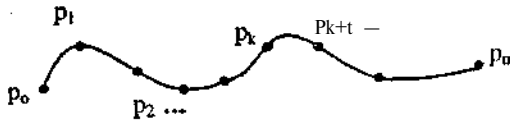
$$\mu_n = \frac{1}{N} \int_{k=i}^N [r(k) - m_i]^n \quad (5)$$

formülleriyle hesaplanır.

Ürünlerin sınıflandırılabilirliği için sağlam ürünlerin $\hat{r}^{(r)}$ ve $U_j(r)$ değerleri hesaplanarak, bu değerlerden minimum ve maksimum eşik değerleri elde edilmiştir, incelenen ürün görüntüleri bu eşik değerleriyle karşılaştırılarak sınıflandırılmıştır.

3.3 Kübik Spline Aradeğerlenmesi Yöntemi:

Spline eğrileri, birleşim noktalarında, belirli süreklilik koşullarını sağlayan çokterimli parçalardan oluşmuş eğrilerdir. Bir spline eğrisinin belirlenebilmesi için, geçeceği koordinatlardan bir kısmının verilmesi yeterlidir. Bu koordinatlara kontrol noktaları adı verilir. Spline eğrisini oluşturan çok terimli parçaları, verilen bu koordinat noktalarından geçiyorsa, elde edilen sonuç eğri kontrol noktalarına aradeğerlenmiştir.



Şekil 1. Aradeğerlenmiş spline eğrisi

Spline eğrisinin, çokterimli bir parçasından diğerine geçişi yumuşak bir şekilde olmalıdır. Bunun sağlanması için, birleşim noktalarında üç süreklilik koşulu aranır. Birinci koşul çokterimli parçaların birleşim noktalarından geçmeleridir, ikinci koşul, birleşim noktasında, noktanın her iki yanındaki eğrilerin birinci türevlerinin, ikinci koşul ise ikinci türevlerinin eşit olmasıdır.

$n+1$ kontrol noktasına sahip kübik spline eğrisi, parametrik denklemi aşağıda verilen, n adet kübik çokterimli eğrinin birleşmesinden oluşan bir eğridir.

$$P(u) = au^3 + bu^2 + cu + d \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (6)$$

Her eşitlik a , b , c ve d olmak üzere dört sabit içerir. Spline eğrisini tanımlamak için, bu katsayıların bulunması gerekir. $n+1$ noktadan oluşmuş bir spline eğrisini tanımlamak için $4n$ tane katsayı bulunmalıdır, $n-1$ iç noktaya süreklilik koşulları uygulanarak $4n-4$ denklem elde edilir. İki denklem de eğrinin ilk ve son noktalarından çıkarılır. Geri kalan iki denklemin bulunması için farklı yöntemler izlenebilir. Bu yöntemlerden birisi, eğrinin ilk ve son iç noktalarında, noktaların iki yanındaki eğrilerin, üçüncü türevlerinin de birbirine eşitlenmesidir. Bir diğer yöntem ise eğrinin ilk ve son noktalarında ikinci türevin sıfıra eşitlenmesidir. Böylece elde edilen $4n$ denklemden $4n$ katsayı hesaplanabilir [9].

Nesnenin aradeğerlenmesini elde etmek için, nesnenin sınırları 10 piksel arayla örneklenmiştir. Elde edilen bu değerler,

koordinat noktaları olarak kullanılmıştır. Eğri, bu noktalara aradeğerlendirilerek, nesnenin sınır denklemlerinin katsayıları hesaplanıp, öznelik vektörü oluşturulmuştur. Ürünlerin hatalı ve hatasız olarak sınıflandırılmaları için, önce sağlam ürünlerin temel öznelik vektörleri elde edilmiştir. İncelenen ürünlerin öznelik vektörleri ile temel öznelik vektörleri arasındaki benzerlik oranı hesaplanarak, ürünler bu orana göre sınıflandırılmıştır.

4. ALGORİTMALARIN BAŞARIMI:

Ürün hataları şekilsel hatalar, kırık hatalar ve fıskalar olmak üzere sınıflandırılmıştır. Fıska, cam eriyiği içinde oksijen sıkışmasıyla oluşan kozmetik hatalardandır. Yöntemlerin başarımları toplam ürün sayısı içinde doğru olarak sınıflandırılan ürünün yüzde oranı şeklinde, hataların konumlarına göre aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

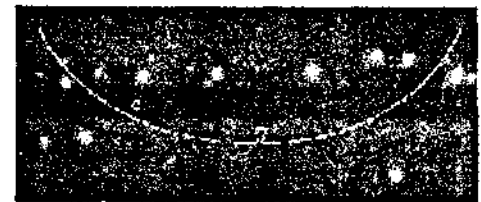
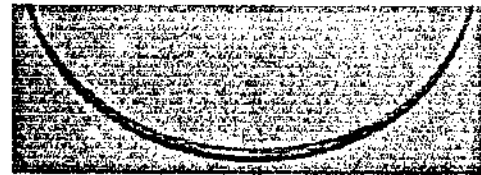
4.1 Tablada gözlenen hatalar:

Tablo: Tabla hataları için yöntemlerin başarımları

Ürün sayısı	Sağlara	Kırık Hatalı	Şekli Hatalı	Fıska Hatalı
Yöntem	(20)	(30)	(10)	(10)
Uz	%100	%80	%40	%50
μ_1	%100	%87	%40	%70
E.Uzaklığı	%95	%100	%100	%100
Spline	%100	%100	%100	%100

İkinci ve üçüncü merkezi sınır momentlerin, tablaların hatalarını doğru sınıflandırma oranları düşüktür. Buna karşın kübik spline ve Euclidean uzaklıkları yöntemleriyle yapılan sınıflandırmada başarı oranı yüksektir.

Şekil 2'deki hatalı tabla görüntüsüne, yöntemlerin uygulanması ile elde edilen değerler, Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekillerde sağlam ürünlere ait karakteristikler -- ile, hatalı ürünlere ait karakteristikler ise — ile gösterilmiştir

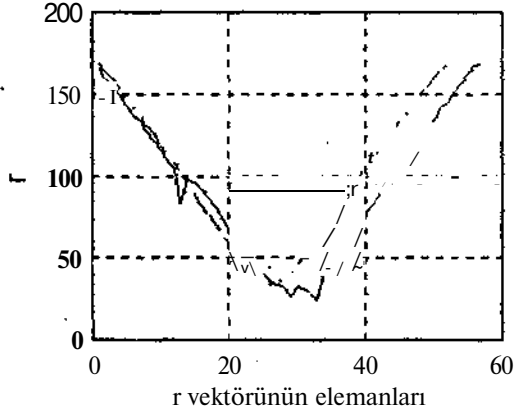


Şekil 2. Fıskalı Üzle ve sınır görüntüsü

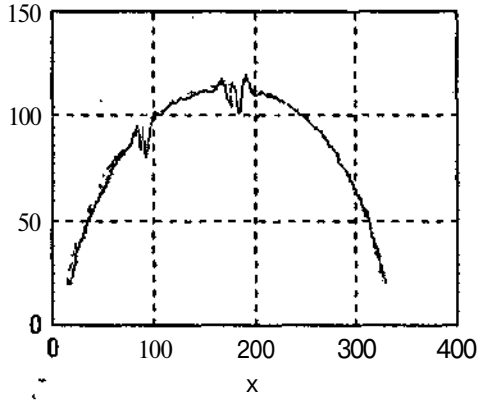
Şekil 2'de gösterilen ürüne ait merkezi sınır moment değerleri: $\mu_2 = 1.85 \times 10^{-3}$, $\mu_3 = 4 \times 10^{-4}$

Eşik değerleri:

$$\mu_2: 1.63 - 1.81 \times 10^{-3} \quad | \mu_3: (-2.2) - 0.9 \times 10^{-3}$$



Şekil 3. Fıskah ve sağlam tablanın Euclidean uzaklığı öznitelik vektörleri



Şekil 4. Fıskalı ve sağlam tablanın spline aradeğerlemeleri

4.2 Kordonda gözlenen hatalar:

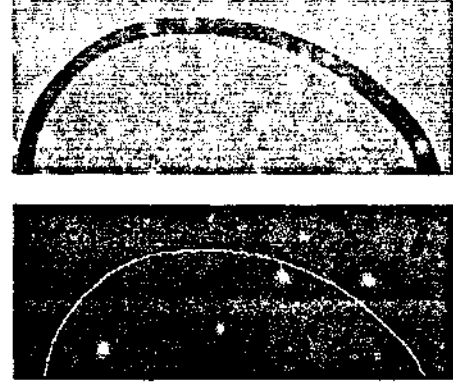
Tablo2: Kordon hataları için yöntemlerin başarımı

Ürün sayısı	Sağlam	Kırık Hatalı	Şekil Hatalı
Yöntem	(29)	(25)	(21)
μ_2	%100	%88	%62
$P-i$	%100	%96	%67
E. Uzaklığı	%100	%96	%52
Spline	%100	%100	%52

Tablo 2'de de görüldüğü gibi üç yöntemin de şekil hatalarını saptamadaki başarımları düşüktür. Bunun nedeni, Şekil 6 ve Şekil 7'den de görüleceği üzere, bu tip hataların özvektörler üzerindeki etkilerinin az olmasıdır.

Bu tip hataların tespiti, hatalı ve hatasız ürünlerin spline eğrileri arasında kalan alan hesaplanarak yapılabilir. Bunun için spline eğrisi örneklenecek, elde edilen değerlerle yeni öznitelik vektörü oluşturulmuştur. Bu vektörden, sağlam ürünün öznitelik vektörü çıkarılıp, fark vektörünün elemanları toplanarak alan hesaplanmış ve bu değer bir eşik değeriyle karşılaştırılarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu yöntemle spline yönteminin başarımı artırılmıştır (%100).

Şekil 5'deki hatalı kordon görüntüsüne, yöntemlerin uygulanması ile elde edilen değerler, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



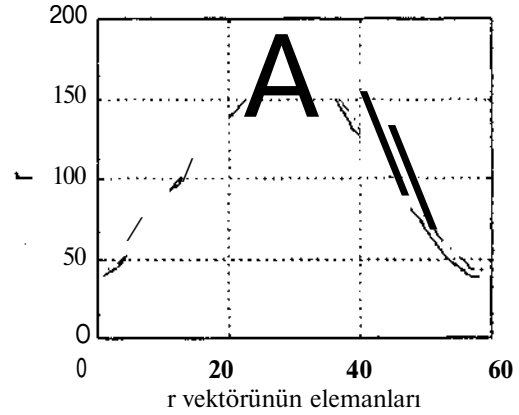
Şekil 5. Ezik kordon ve sınır görüntüsü

Şekil 5 'te gösterilen ürüne ait merkezi sınır moment değerleri:

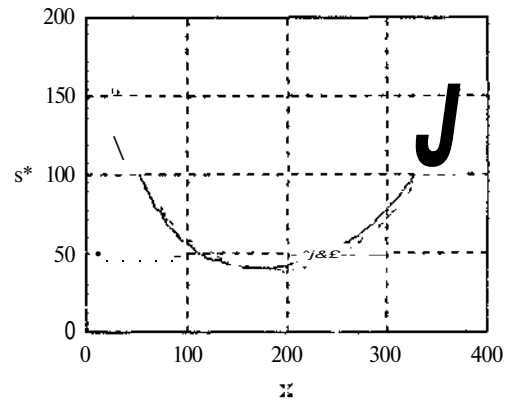
$$\mu_2 = 2 \times 10^7, (i_3 = -0.05 \times 10^3)$$

Eşik değerleri:

$$\mu_2: 1.96 - 2.12 \times 10^3, \mu_3: 1.8 - 5.2 \times 10^3$$



Şekil 6. Ezik ve sağlam kordonun Euclidean uzaklığı öznitelik vektörleri



Şekil 7. Ezik ve sağlam kordonun spline aradeğerlemeleri

5. SONUÇLAR

Tablo3: Tüm hatalarda yöntemlerin genel başarımları

Yöntem	Tabla	Kordon
μ_2	%68	%83
μ_3	%74	%88
E.U/aklığı	%99	%83
Splinc	%100	%100

Yöntemlerin başanlımları karşılaştırıldığında ikimâ ve üçüncü merkezi sınır momentleri yöntemlerinin, hata tespiti için uygun olmadıkları görülmüştür. Tüm yöntemlerin içinde başarımları açısından en uygun yöntemin kübik spline aradeğerlemesi yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yöntem kullanılarak gövde hataları da tespit edilebilir. Gövde şekilleri kapalı eğriler oldukları için, gövde hatalarının tespitinde sınır piksellerinin koordinat değerleri yerine, sınır görüntüsünün imzasına (signature) ara değerlendirme yapılabilir.

6. KAYNAKÇA

- [1] Erçil, A, ve Atalay, A. *Yapay Görme Teknikleriyle Kalite Kontrol Otomasyonu*. Proceedings of The First Turkish Symposium on Intelligent Manufacturing Systems. pp.287-296,1996.
- [2] Oğuz, S.H. ve Onural, L. *An Automated System for Design-Rule-Based Visual Inspection of Printed Circuit Boards* Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2696-2701, 1991
- [3] Sezgin M. ve Birecik S. *Yansımali Yüzeylerde Hata Belirleme* 5.Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı Bildiriler Kitabı-i.Cilt, pp. 254-259, 1997
- [4] Boukovalas, C, & Kütler, J., & Marik, M., & Mirmehdi, M., & Petrou, M *Ceramic Tile Inspection For Colour and Structural Defects*. Proceedings of The International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies, pp. 390-399,1995
- [5] Coletta, P. M. ve Harding, K. G. *Ligthing Science - Tools to Guide Machine Vision Application* Industrial Technology Institute
- [6] Sonka, M., Hlavac, V. ve Böyle, R. *Image Processing, Analysis and Machine Vision*. Chapman and Hill Computing. 1995
- [7] Jain, A. K. *Fundamentals of Digital Image Processing* Englewood Cliffs N.J: Prentice-Hall International Inc. 1989
- [8] Gonzalez, R.C. ve Woods, R.E *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Company. 1993
- [9] Hearn, D. ve Baker, M. P. *Computer Graphics.(2nd ed.)* Prentice - Hall International Inc. 1997.

UYARLAMALI LMS ALGORİTMASI İLE WIENER SÜZGECİN EEG SİNYALLERİNE UYGULANMASI

Fatih DÖLEK, M. Kemal KIYMIK, Ahmet ALKAN
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
46001 Kahramanmaraş

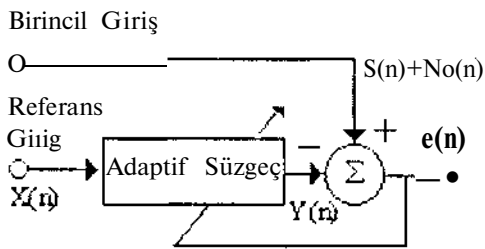
ABSTRACT

In this study, in order to noise cancelation in EEG signals, adaptive Wiener filter with LMS algorithm is realized. Biological signals usually have a band - limited spectrum. Signal recording in practice are corrupted by noise from biological and environmental sources. Adaptive filtering technique is useful in many biomedical applications. One of the applications of adaptive signal processing is the detection of desired signal from the noisy EEG signals. It is important that true detection of diseases and also detection of power spectrum of signals.

1. GİRİŞ

Uyarlamalı sinyal işleme konusu, dijital hesaplama, dijital sinyal işleme ve yüksek hızlı tımlaşık devre teknolojisindeki çok hızlı ilerlemeler sonucu son 30 yıl içerisinde hızlı bir gelişme göstermiştir. Widrow ve Hoff 1959 'lu yıllarda uyarlamalı süzgeç algoritmasını LMS (Least Mean Square) olarak oluşturmuşlardır [1].

Uyarlamalı işaret işleme esas olarak FIR süzgeç yapısı ile gerçekleştirilmekte ve bu gerçekleştirilmede LMS algoritması kullanılmaktadır (Şekil 1)[1]. Uyarlamalı sistem ile bilinmeyen sistemin modellenebilmesi için, giriş sinyalinin zengin spektral içeriğe sahip olması önemlidir. Böyle bir durum için en uygun giriş sinyali beyaz gürültüdür. Çünkü, eşit güç ile bütün frekansları içermektedir. Uyarlamalı süzgeçlerde gürültünün yok edilmesinde yaygın bir şekilde giriş işareti olarak beyaz gürültü kullanılır [2].



Şekil 1. Genel uyarlamalı süzgeç yapısı

2. UYARLAMALI SÜZGEÇ

Sinyal işlemede, esas problem, alınan bir gürültülü işaretten bizi ilgilendiren işaretin elde edilmesidir. Eğer sinyal bilinen bir spektruma sahipse ve bu spektrum gürültü ile üst üste binmemişse işaret, geleneksel yani klasik yapıdaki süzgeç ile tekrar elde edilebilir. Ancak bu durum nadir olarak gerçekleşmektedir [3]

Bu yüzden, gürültülü bir rastgele işarete, tahmin problemi ile sık sık karşılaşılır. Bu problem genellikle belli kriterlere göre hatanın minimuma indirilmesi şeklinde giderilir. Bu işlem uyarlamalı süzgecin alanıdır. Bunu da başarabilmek için bilinmeyen sistemin davranışlarının lineer bir sisteme benzetilmesi gerekmektedir [3]

Biyolojik sinyaller çoğunlukla band sınırlı spektruma sahiptir. Pratikte sinyalin kaydedilmesinde, biyolojik ve çevreden kaynaklanan gürültü işarete karışır[4]. EEG işaretleri, beyinde duyu organlarından ve insanın değişik faaliyetlerinden dolayı meydana gelen uyarılar vasıtasıyla serebral dokudaki sinir hücreleri tarafından üretilen ve kafatası üzerinden elektrotlar ile algılanabilen aktiviteler toplamıdır.

EEG 'nin çok karmaşık bir yapısı vardır ve yorumlanması zordur. EEG işaretinin frekans bileşenleri son derece önemlidir. Kafa üzerinden alınan EEG işaretlerinin genliği tepeden tepeye 1 µV ile 100 µV arasında değişmektedir. Frekans bandı ise 0.5 Hz ile 100 Hz arasındadır.

Deterministik bir yapı göstermeyen EEG işaretleri dört ayrı frekans bandında yoğunlaşmaktadır [5].

- Delta Dalgaları (0.5-3.5 Hz)
- Teta Dalgaları (4-7 Hz)
- Alfa Dalgaları (8 - 12 Hz)
- Beta Dalgaları (13-22 Hz)

EEG işaretlerinin ana frekansı ile beyin aktivitesi yakından ilişkilidir. Aktivite ile frekans birlikte yükselir. Beyin dalgalarının frekansları ve karakteristikleri beyin fonksiyonunu etkileyen

Bu çalışma 197E14 EEEAG-249 nolu TÜBİTAK Projesi ile desteklenmektedir.

hastalıklara ve fizyolojik duruma da bağlı olarak değişmektedir. Uyku anında, dinlenme sırasında veya çalışırken alınan beyin işaretlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür [5].

EEG işaretleri genliği çok düşük olan biyoelektrik işaretlerdir. Bu nedenle pek çok iç ve dış kaynaklı gürültüye maruz kalmakta ve işarete karışan bu gürültü işaretleri hastalığın teşhisini mümkün kılmamaktadır. Bu amaçla beyinden alınan EEG işaretlerin analizi yoluna gidilmektedir.

2.1 LMS Algoritması

Gürültü azaltma veya yok etme değişik kaynaklar için değişik stratejiler gerektirir. Yaklaşım parametresi μ istenilen şekilde hızlı veya yavaş değişimleri izleyecek şekilde dikkatlice seçilmelidir [4].

Birincil giriş, $S(n)$ sinyali ile gürültü bileşeni $N_0(n)$ 'in toplamı şeklindedir [1].

Burada

$$d(n) = S(n) + N_0(n) \quad (1)$$

Hata sinyali

$$e(n) = d(n) - Y(n) \quad (2)$$

$$e(n) = S(n) + N_0(n) - Y(n) \quad (3)$$

Referans sinyal, süzgeç girişindeki sinyaldir ve bu da gürültü bileşeni olan $N_1(n)$ sinyalidir. Gürültü sinyalinden $N_0(n)$ ile işaretimiz $S(n)$ istatistiksel olarak ilişkisizdir. Ancak gürültü bileşeni birbirleriyle ilişkilidir [1].

$$E[le(n) \dot{P}] = E[I S(n) \dot{P}] + E[I N_0(n) - Y(n) \dot{P}] \quad (4)$$

$E[|e(n)|^2]$ ifadesi minimum yapılmaya çalışılır. İlk terim yalnızca $S(n)$ işaretine bağlı ve bunun ortalama karesel değeri, $S(n)$ ve $N_1(n)$ işaretleri birbirleriyle ilişkisiz olduğu sürece $E[|e(n)|^2]$ değerini etkilemez. $Y(n)$ süzgeç çıkışı değişik algoritmalar yardımıyla hesaplanarak, hatanın değeri minimuma getirilir. Hatanın sıfır olduğu durumda gürültü tam olarak arındırılmış ve gürültüsüz işaret elde edilmiştir [1].

İstatistiksel ortalama karesel hata ifadesi;

$$J(n) = E[le(n)P] \quad (5)$$

$$e(n) = d(n) - Y(n) \text{ şeklindedir.} \quad (6)$$

$$d(n) = \text{İstenen işaret,}$$

$$Y(n) = \text{Süzgeç çıkışı,}$$

Bu çözüm Wiener çözümü olarak bilinir [1,6]

$$R_x = E[X(n).X(n)^T] \quad (7)$$

$$p = E[d(n).X(n)] \quad (8)$$

R_x : Giriş sinyalinin otokorelasyon matrisi,

p : Giriş sinyali ile istenen sinyalin çapraz korelasyonu,

W_{opt} : Optimal katsayıları içeren çözüm vektörü
Her durumda da oto korelasyon matrisi, Toeplitz Matrisi şeklindedir. Ayrıca, her iki durumda da oto korelasyon matrisinin öz değer dağılımı ve nümerik şartlandırması, uyarlamalı öğrenme işleminin yaklaşım oranında büyük bir etkiye sahiptir [1].

$$R_x - W_{opt} = p \quad (9)$$

Buna göre R_x oto korelasyon matrisi hem simetrik hem de Toeplitz' dir [1].

$$\begin{bmatrix} R_{xx}(0) & R_{xx}(1) & \dots & R_{xx}(0) \\ R_{xx}(1) & R_{xx}(0) & \dots & R_{xx}(n-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_{xx}(n) & R_{xx}(n-1) & \dots & R_{xx}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W(0) \\ W(1) \\ \vdots \\ W(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x(0) \\ R_x(1) \\ \vdots \\ R_x(n) \end{bmatrix}$$

Uyarlamalı süzgeç ile çalışmalarda, verilen uyarlamalı parametreler $Y(n)$ ile $d(n)$ 'in karşılaştırılmasıyla ayarlanabilen katsayılar, belli bir değerde sabitlenir ve bu şekilde hata değeri elde edilir.

$$E[e^2(n)] = E[\dot{f}^2 - 2W^T(n).p + W(n).R_x.W(n)] \quad (10)$$

Buradaki $W(n)$ değişen ağırlaştırıcı katsayı vektörüdür. Uyarlamalı süzgeç, hata yüzeyini ve $W(n)$ değerlerini hata değeri minimum olacak şekilde ayarlar.

Genel olarak uyarlamalı süzgeçleme probleminde hata değerinin bulunmasında aşağıdaki iterasyon algoritması kullanılır [1,6]

$$W(n+1) = W(n) + \mu.X(n)e(n) \quad (11)$$

Uyarlamalı süzgeçlerde, yaklaşımda, adım boyu parametresi (ağırlaştırma oranı) μ 'nün tespiti çok önemlidir. μ adım boyu parametresi istenen oranda yaklaşım üretmek üzere ampirik olarak seçilir. Bu parametre için henüz evrensel bir çözüm yoktur [7].

Buna rağmen;

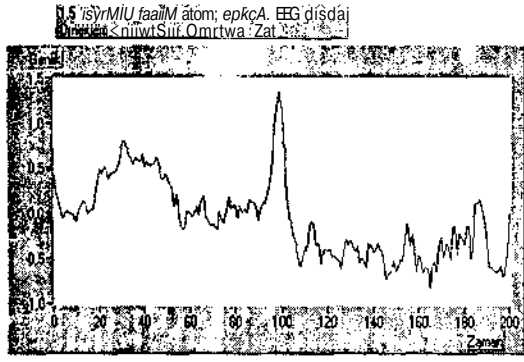
$$0 \leq \mu < 1/k_{max} \text{ şartını sağlamalıdır [6]}$$

μ^* - Giriş oto korelasyon matrisinin öz değerlerinin en büyük olanıdır.

3. SONUÇLAR

Çalışmada National Instrument firmasının geliştirdiği grafiksel programlama olan LabVIEW/ grafik

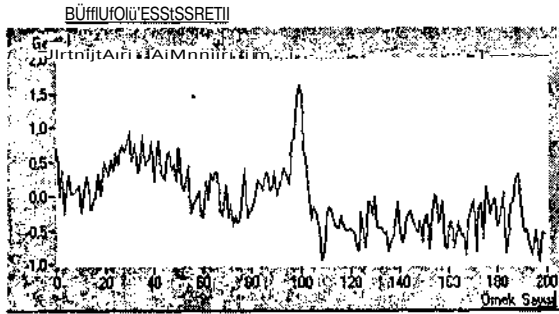
programlama ü.* Kullanıldı. LabVIEW ile geliştirilen yazılımla bu işaretlere LMS algoritması uygulanmıştır.



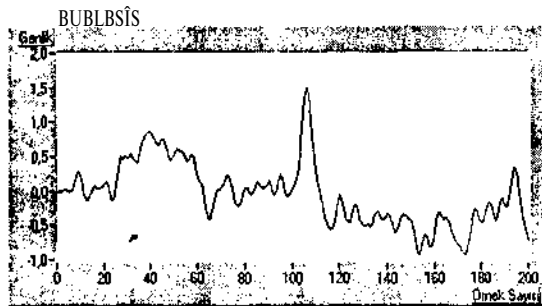
Şekil 2. Parsiyel epileptik rahatsızlık geçiren 1.5 yaşındaki çocuktan alınan bir gerçek EEG işareti

Şekil 2 'de bir buçuk yaşında bir hastadan alınan epileptik EEG işaretinin zamana göre değişimi görülmektedir. Epilepside keskin pikler ve frekans içeriklerinde ise düşük frekanslar yoğunluktadır. Şekil 2'deki EEG işaretine beyaz gürültü işareti bindirilirse, Şekil.3' deki gürültülü EEG işaretinin zamana göre değişimi elde edilmektedir

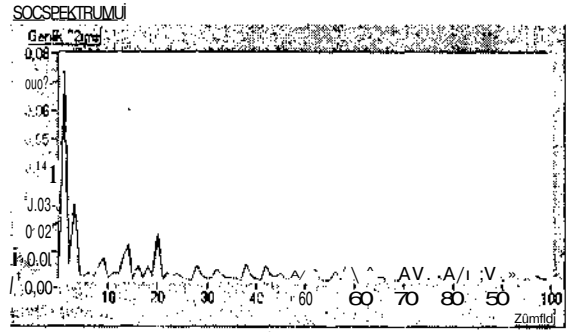
Referans işaret olarak beyaz gürültü işareti ile gürültülü EEG işareti süzgeç girişlerine uygulanırsa Şekil 4 'deki süzgeç çıkışın elde edilir.



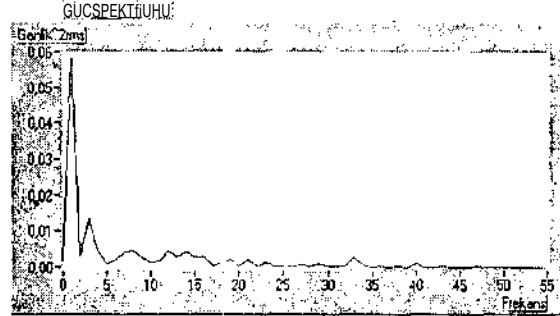
Şekil 3. Gürültülü epileptik EEG işareti



Şekil 4. Gürültülü EEG işaretinin Uyarlamalı süzgeç çıkışı



Şekil 5. Gürültülü EEG işaretinin güç spektrumu



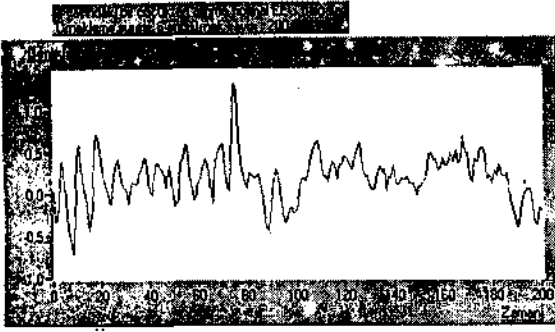
Şekil 6. Uyarlamalı süzgeç çıkışından alınan işaretin güç spektrumu

Şekil 5, beyaz gürültü eklenmiş olan, Şekil 3'deki gürültülü işaretin güç spektrumu, Şekil 6, ise gürültülü işaretin, gürültüsünün bastırılması prosesinden sonraki uyarlamalı süzgeç çıkışından alınan işaretin güç spektrumlarını gösterilmektedir.

Şekil 5' deki güç spektrumunda, işaretin frekans içerikleri tam olarak gözlenememekte, işaretin mevcut frekans bileşenlerinin yanında beyaz gürültüden kaynaklanan frekans bileşenleri de görülmektedir. Değişik frekans değerlerinde yanıltıcı ani pikler de mevcuttur.

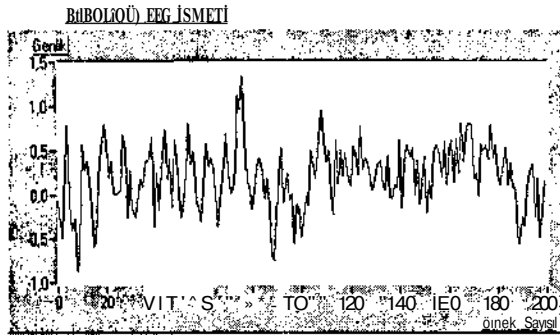
Şekil 6'daki güç spektrumunda, uyarlamalı süzgeç çıkışından alınan gürültüsü bastırılmış işaretin güç spektrumu verilmiştir. Burada, güç spektrumunda, frekanslar 0-5 Hz arasında yüksek genlikli olarak görülmektedir. 5-10 Hz ve 10-17 Hz arasında da işaretin frekans içerikleri, belirgin olarak tespit edilebilmektedir. Şekil 5 'de daha yüksek frekanslarda görülen, istenmeyen frekans içerikleri bastırılarak, Şekil 6 'daki düzgün güç spektrumu elde edildi.

Şekil 2 'deki işaret epileptik EEG işaretidir. Epilepsi hastalığında EEG işaretleri özellikle 0-8 Hz arasında yoğun olarak görülmekte, diğer frekans değerleri ise işarete bulunmamaktadır. Dolayısıyla Şekil 6 'da elde edilen güç spektrumu Şekil 5'deki güç spektrumuna göre daha belirleyici olmaktadır. İstenmeyen frekans içerikleri bastırılmış ve buradaki pikler görülmemektedir.

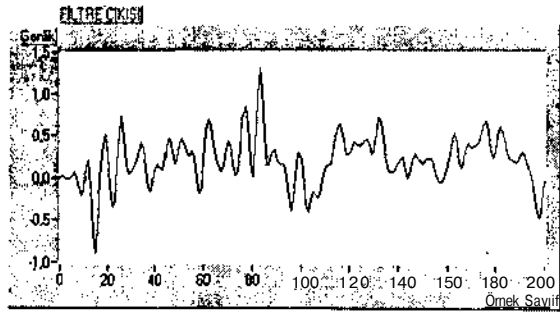


Şekil 7. Üç yaşındaki çocuktan alınan normal EEG işaretini

Şekil 7'de üç yaşında bir çocuktan alınan normal EEG işaretinin zamana göre değişimi verilmektedir. Bu normal EEG işaretine, beyaz gürültü bindirilirse, gürültülü EEG işareti Şekil 8'deki gibi olur.

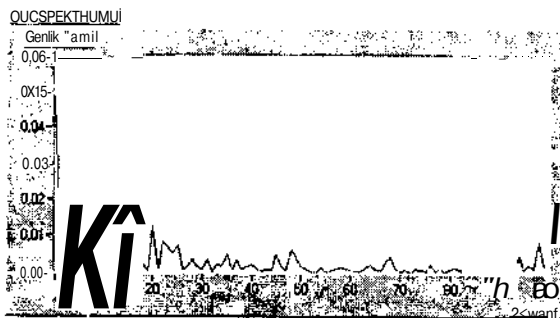


Şekil 8. Gürültü bindirilmiş normal EEG işareti

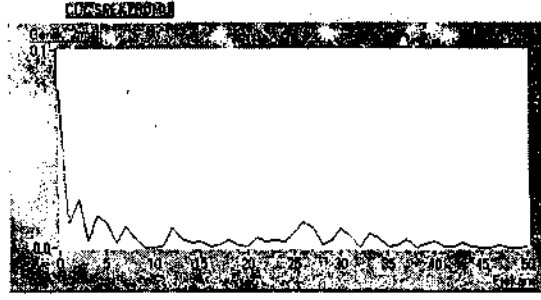


Şekil 9. Gürültülü normal EEG işaretini filtre çıkışı

EEG işaretlerinin içerdiği Delta, Dalgaları, (0.5 - 3.5 Hz), Teta Dalgaları (4-7 Hz), Alfa Dalgaları (8-12 Hz) ve Beta Dalgalarının (13 - 22 Hz) oluşturduğu dört ayrı frekans bandının yanında beyaz gürültüden kaynaklanan frekansları da içermektedir [5] (Şekil 11).



Şekil 10. Gürültülü normal EEG işaretinin güç spektrumu



Şekil 11. Gürültüden arındırılmış normal EEG işaretinin güç spektrumu

Şekil 10'daki güç spektrumunda, EEG'nin frekans bileşenleri yanında, beyaz gürültüden kaynaklanan değişik frekanslarda pikler de görülmektedir.

Normal EEG işaretinin süzgeç çıkışı Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 11'de, Şekil 9'da verilen süzgeç çıkışındaki, gürültüsü bastırılmış EEG işaretinin güç spektrumu çizdirilmiştir. Burada, güç spektrumunda istenmeyen frekans bileşenleri yok edilmiştir. 0-9 Hz arasında ve 24-32 Hz arasında EEG işaretinin yüksek genlikli frekans bileşenleri görülebilmektedir. Yanıltıcı frekans bileşenleri süzgeç çıkışında bastırılmıştır.

4. KAYNAKLAR

- [1] Jenkins, W. Kenneth, Strait, Jeffrey C., Schnauffer, B. A., Andrevv, W. Hull, Li, X., *Advanced Concepts in Adaptive Signal Processing*. Kluwer Academic Publishers.
- [2] Michael J. V/erter, "FSK Demodulation Using an Adaptive Recursive Digital Filter". *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol.44, No. 7, pp.1822 - 1833, July, 1996.
- [3] Bahor, H., *Analog & Digital Signal Processing*, pp.431 - 451.
- [4] Laguna, P., Thakor, Nitish V., Caminal, P., Jane, R., "Low - Pass Differentiators for Biological Signals with Known Spectra: Application to ECG Signal Processing." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.37, No. 4, pp.420 - 425, April, 1990.
- [5] Yazgan, E., Korürek, M., *Tıp Elektronikü*. İTÜ Elektrik - Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, 1996.
- [6] Widrow, B., Stearns, S.D., *Adaptive Signal Processing*. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall, 1985.
- [7] Thakor, N. V., Zhu, Y. S., "Applications of Adaptive Filtering to ECG Analysis: Noise Cancellation and Arrhythmia Detection." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.38, No. 8, pp.785 - 793, August, 1991.

EKLEMLERİN YARATTIĞI MEKANİK DALGALARIN İŞARET ANALİZİ

Başar UNSAL¹, Aydın AKAN¹ Cihan AKSOY²
A.Fahri BURŞUK¹ Ayşe KARAN² ve Özlem KARABACAK MALKONDU³

¹ Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, akan@istanbul.edu.tr

² İstanbul Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı

³ Diş Hekimliği Fakültesi, Çene-Yüz Protezi Bilim Dalı
İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

ABSTRACT

Many research have been done on sounds recorded from patients with pain and/or mechanical dysfunction at their temporomandibular joint (TMJ). It is generally accepted that a detailed analysis of TMJ sounds might offer valuable information for diagnosis and initiation of a treatment. In this work, TMJ sounds from TMJ's of patients are gathered by means of accelerometers while mouth opening and closing cycles. After performing the amplification and filtering processes, they are converted into digital data by using an analog/digital converter and stored in an IBM compatible PC. Then, these signals are analyzed using Multi-window Chirp Gabor Expansion. These results are compared with other symptoms of patients, and TMJ sounds are grouped into four main categories. Examples of each of these categories are given.

1. GİRİŞ

Temporomandibular eklem (TME), kafatasının alt kısmındaki temporal kemiği, alt çene kemiğinin üst kısmına (mandible) bağlar. Alt çenenin yuvarlak olarak sonlanan ucuna kondil adı verilir. Bu yapı kafatasının alt kısmındaki temporal kemiğin içinde, fossa adı verilen çukur içine yerleşmiştir. Bu iki yapı arasında artiküler (articular) disk yer alır. Ağız açılımı sırasında artiküler disk, temporal kemiğin altında kondille birlikte rotasyon (kendi etrafında dönme) ve translasyon (ileriye kayma), hareketlerini yapar. TME sesleri, eklem hareketlerindeki bu kondil ve disk uyumunun bozulmasından kaynaklanmaktadır [1, 2]. Aşağıdaki bölümlerde TME'de ortaya çıkan değişik yapısal bozukluklar ve bunlar nedeniyle ortaya çıkan sesler hakkında kısa bilgiler verilecektir.

1.1 TME Bozuklukları

Temporomandibular eklemdeki bozukluklar dört ayrı sınıfta toplanır. Bunlar; redükte olabilir disk bozukluğu, redükte olmayan disk bozukluğu, dejeneratif eklem hastalığı, kapsül dışı bozukluklar olarak gruplanabilir.

Bu gruplardaki her bir bozukluğun eklem üzerindeki etkisi farklıdır. Redükte olabilir disk ve redükte olmayan disk bozukluklarının her ikisinde de eklem yüzeyler normaldir. Fakat kondil ve diskin hareket sırasındaki mekanik uyumsuzluğundan dolayı hareketin zamanlaması anormaldir. Redükte olabilir disk bozukluklarının son aşamasında disk tamamen yerinden çıkmıştır. Hareket sırasında diskin normal konumuna dönmesi mümkün olmayabilir. Redükte olmayan disk bozukluğu, olarak adlandırılan bu durumda diskin dejenerasyonu görülebilir. Yüzeyler arasında eklem sıvısı yetersizliğinden yapışmalar olabilir. Dejeneratif eklem hastalığında ise eklem yüzeyinde dokusal değişiklikler oluşmuştur. Eklemde sürtünmeye sebep olacak bir mekanik anormallik oluşur. Kapsül dışı bozukluklarda ise eklem yüzeyler ve kondil-disk mekanik uyumu normaldir. Bozukluk eklem dışı yapılardan kaynaklanmıştır. Bu tür bozukluklarda ağrı ve kas spazmı olmasına rağmen ses oluşmaz [1, 2, 3].

1.2 TME Sesleri

Eklem bozukluklarından kaynaklanan sesler, yapılarına ve oluşumlarına göre farklı adlandırılır. Kısa süreli ve ani atlama hareketlerinden oluşan sesler çıtırtı (klik) olarak adlandırılır. Eklemi oluşturan yüzeyler arasındaki sürtünmelerden dolayı oluşan sesler, sürtünme (krepitasyon) olarak bilinir [1].

Çıtırtının genliği sürtünme sesine göre daha fadadır. Sürtünme sesi ise daha yüksek frekans bilekleri içerir. Redükte olabilir eklem bozukluğunda g«n«lde, kondilin disk üzerinden ani atlama yapması sonucu duyulabilir bir çıtırtı sesi oluşur. Diskin tamamen yerinden çıktığı ve ekiem hareketi sırasında yerine gelmeyebildiği durumda (redükte olamayan diiak. bozukluğu) karşılıklı açma ve kapama çıtırtısı oluşabilir. Ancak eklem yırpanması söz konusudur ve çıtırtı ile birlikte yüksek frekans bileşenleri içeren sürtünme sesi de oluşur. Dejeneratif eklem hastalığı olan kişilerin eklem yüzeyleri bozulmuştur. Ağız açılması sırasında- disk yerine gelemez, sürtünme sesi oluşur [4,3,5].

2. ÖLÇÜM DÜZENEGİ

Bu çalışma, çene eklemde ağrı ve ses gelmesi gibi şikayetlerle Çapa Tıp Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü, Çene Hastalıkları Tanı ve Tedavi Ünitesine gelen 30 hasta üzerinde yapılmıştır. Hastalar önce hekim tarafından muayene edilmiş ve hasta değerlendirme formları doldurulmuştur. Muayene sırasında doktor, hastanın ağız açma-kapama yeteneğini araştırmış, palpasyon yöntemi ile eklem sesi dinlenmiştir. Ağız açma yada kapamada zorluk çeken hastaların MRJ sonuçları da değerlendirilmiştir. Daha sonra da bu hastaların 5 sn boyunca ard arda açma kapama çene eklemi sesleri kaydedilmiştir.

Dönüştürücü TME hastalarının sağ ve sol TME'leri üzerine yerleştirilerek, hastalara 5 saniye boyunca çenelerini açıp kapamaları için komut verilmiş, bu şekilde hastaların açma kapama eklem sesleri kaydedilmiştir, ölçüm hatalarını minimuma indirmek için, tek dönüştürücü ile önce sol eklem üzerinden, sonra sağ eklem üzerinden kayıt tekrarlanmıştır. Dönüştürücü olarak, "HP-Quartz ICP Miniature Shear Accelerometer" kullanılmıştır.

Alınan TME işaretleri, 300 kat kuvvetlendirildikten sonra 6 kHz kesim frekansına sahip analog bir alçak geçiren aktif süzgeç devresine uygulanmıştır. Bu işaret daha sonra PCL-818 model, analog/dijital çevirici kartı ile 20 kHz de örneklenmiş ve IBM uyumlu bilgisayarda saklanmıştır.

Daha sonra bu verilerin, zaman-genlik grafikleri çizilmiş,tipik hastalık belirtileri gösteren bazı hastaların verileri ise zaman-frekans (ZF) yöntemlerinden "Çok Pencerele Çırp Gabor Açılımı" [6] ile analiz edilmiş, analiz sonucu elde edilen TME ses/titreşim işaretlerinin ZF dağılımları ile hastaların diğer hastalık semptomları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonucunda TME işaretlerinin analizinin ek-

lem patalojisi hakkında aydınlatıcı bilgiler verdiği görülmüştür.

3. TME SESLERİNİN ZAMAN-FREKANS ANALİZİ

TME seslerinin analizinde birkaç ZF yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler, dalga şekli ve güç spektrumundan elde edilemeyen bazı özelliklerin gözlenmesine olanak vermiştir [4].

Spektrogram [3, 7]'de, Wigner Dağılımı (WD) ve Azaltılmış Girişim Dağılımı (AGD): Reduced Interference Distribution (RID) [4,8]' de ve Evrimsel Periodogram (EP) [1]'de ele alınmıştır. [3, 4]'de Spektrogramın TME bozukluklarının teşhisinde sınırlı kullanıma sahip olduğu rapor edilmiştir. [8]'de ise TME sesleri AGD kullanılarak, ZF düzlemindeki enerji dağılımlarına göre beş ayrı sınıfta gruplanmıştır. Diğer Cohen sınıfı bilineer dağılımlar gibi, AGD da yapısı gereği ortaya çıkan girişim terimlerini bastırmak için kernel kullanır. Tamamen yok edilemeyen bu girişim terimlerinin azaltılması, çözünürlüğün de azalması sonucunu doğurur. Ayrıca AGD, genellikle pozitif bir enerji dağılımı sergilemediği için yorumlanması oldukça güçtür.

Burada da, TME sinyallerinin ZF analizinde çok pencerele çırp Gabor açılımına dayanan bir ES kestirim yöntemi kullanılacaktır Çok pencerele çırp Gabor açılımı sinyalleri ölçeklenmiş, zamanda eşit aralıklar ile ötelenmiş ve doğrusal çırp ile modüle edilmiş taban fonksiyonları yardımıyla temsil eder [6]. Bu Gabor açılımının katsayılarından bir ES kestirimi elde edilmektedir. Bu yöntem bir sinyalin dar-bandlı, geniş bandlı ve zamanla değişen frekans bileşenlerini yüksek bir ZF çözünürlüğü ile temsil edebilmektedir.

3.1 Çok Pencerele Çırp Gabor Açılımı

Sonlu uzunlukta, ayrık zamanlı TME işareti $x(n)$, zamanla değişen genliğe sahip doğrusal çırpın birleşimi olarak gösterilebilir:

$$x(n) = \sum_{p=0}^{P-1} \sum_{k=0}^{K-1} A(n, \omega_k, p) e^{jn(\omega_k + \frac{\omega_p}{2} n)} \quad (1)$$

Burada $A(n, Uk, p)$ zamanla değişen zarf fonksiyonunu göstermekte olup, $u_k = 2\pi k/K$ ve a_p bir çırpın eğimini göstermektedir. Böylece $x(n)$ işaretinin ES kestirimi $S(n, Wk, p) = |A(n, u_k - a_p, p)|^2$ şeklinde bulunur [9]. ES'un hesaplanması çok pencerele çırp Gabor açılımı [6] yardımı ile yapılabilir. Çok pencerele çırp Gabor açılımı işaretleri zamanda

ölçeklenmiş, ötelenmiş ve doğrusal çırpılar ile modüle edilmiş taban fonksiyonları ile temsil eder. Buna göre $x(n)$ işaretinin çırp Gabor gösterimi

$$x(n) = \sum_{k=-1}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{I-1} e^{jn(\omega_k + \frac{2\pi}{T}n)} \quad (2)$$

olarak verilmiştir [6]. $hi(n)$ birim enerjiye sahip bir ana Gabor penceresi $h_i(n)$ 'den $hi(n) = 2^i / \sqrt{2^{2i}}$, $i = 0, 1, \dots, I-1$ şeklinde elde edilen ölçeklenmiş sentez penceresidir. Burada h_i kullanılan pencere sayısını göstermektedir [6]. İşaretin zamanla-değişen kerneli $A(n, w^*, p)$ Gabor katsayıları yardımıyla aşağıdaki şekilde bulunur:

$$A(n, u, i, k, p) = \sum_{t=0}^1 \sum_{m=0}^{M-1} a_p(i, m, k) hi(n-mL) \quad (3)$$

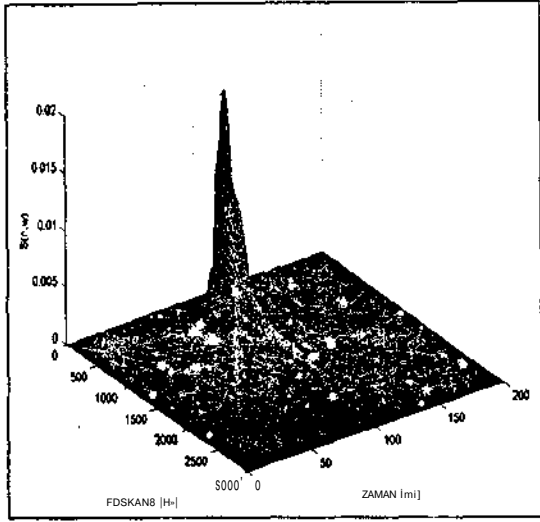
Burada TME işaretlerindeki farklı frekans bileşenlerinin kabul edilebilir bir çözünürlük ile gösterilebilmesi için, ölçekleme kümesi $\{2^i, i = 0, \dots, I-1\}$ ve eğimleri eşit aralıklarla artan doğrusal çırp kümesi $\{a_p : |a_p| < f, p = 0, \dots, P-1\}$ kullanılır. Böylece elde edilen analiz sonuçlarının birleştirilmesi sonucu yüksek ZF çözünürlüğüne sahip evrimsel spektrum kestirimi elde edilmiş olur [10]. TME seslerinin yukarıdaki şekilde bulunan ES kestirimleri, önceden belirlenmiş olan ana grup özellikleri ile karşılaştırılarak sınıflama yapılmaktadır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

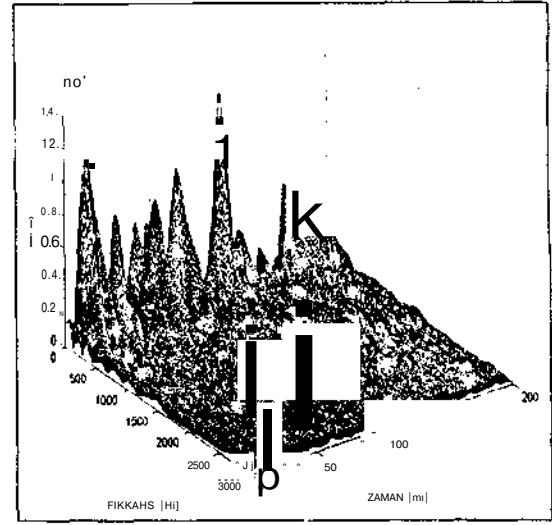
Hastaların TME işaretleri Çok Pencereli Çırp Gabor Açılımı ile analiz edilerek evrimsel spektrumları elde edilmiş ve analiz sonuçları ile hekim tarafından doldurulan hasta değerlendirme formunda yer alan hastalık belirtileri ve muayene sonuçları arasında uyumluluk olduğu görülmüştür. Bu ortak değerlendirme sonucu TME sesleri dört ana grupta toplanmıştır. Bu gruplar: 1) klik, 2) klik + krepitasyon, 3) ince krepitasyon ve 4) kaba krepitasyon olarak adlandırılmıştır. Bu ortak değerlendirme sonucu elde edilen dört gruptan tipik birer örnek aşağıdaki şekillerde sunulmuştur. Şekil 1 klik grubuna ve Şekil 2 klik + krepitasyon grubuna ait TME işaretlerinin ES'larını göstermektedir. ZF enerji dağılımından bu işaretlerin farklı yapıya sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü yani ince krepitasyon grubunun bir örneği Şekil 3'de ve bu işaretin ES'u da Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 5 bir kaba krepitasyon TME işareti örneğini ve Şekil 6 bu işaretin ES'unu göstermektedir. Şekillerden görüleceği gibi farklı gruplara ait TME işaretleri, farklı ZF bloklarında enerji taşımakta olup bu bilgiler kullanılarak otomatik bir sınıflandırmaya gidilebilir.

5. KAYNAKÇA

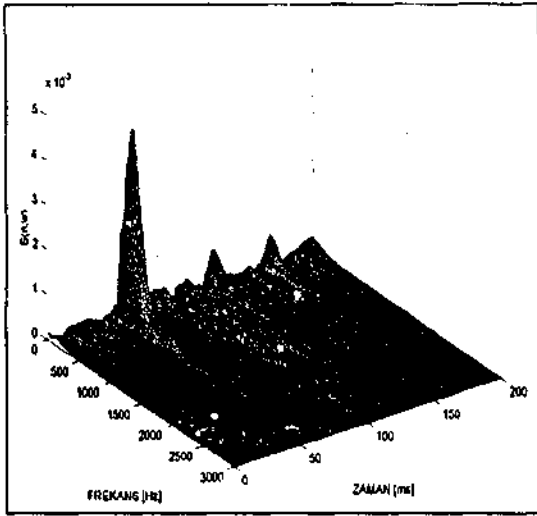
- [1] Aviyente, S., Yildirim, M., Sankur, B., and Dönmez, H., "Temporomandibular Eklem Titreşimlerinin Zaman-Sıklık Dağılımları," *Biyomut-97*, pp. 1-7, İstanbul, Turkey, 1997.
- [2] Keskin, H., Özdemir, T., Tuncer, N., Aksoy, C., "Gnatoloji", İ. Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, 1997
- [3] Gay, T., Bertolami, C.N., "The Spectral Properties of Temporomandibular Joint Sounds," *J. Dent. Res.*, Vol. 66, No. 6, pp. 1189-1194, June 1987.
- [4] Widmalm, S.E., Williams, and Zheng, C., "Time Frequency Distributions of TMJ Sounds," *J. Oral Rehabilitation*, Vol. 18, pp. 403-412, 1991.
- [5] Oster, C., Kartzberg, R. W., Tallents, R. H., Morris, T. W., Thomas, L. M., Hayakawa, K., Bartholomew, J., "Characterization of TMJ sounds," *Oral Surg.*, Vol. 58, pp. 10-16, 1984.
- [6] Akan, A., and Chaparro, L.F., "Evolutionary Spectral Analysis Using a Warped Gabor Expansion," *IEEE Proc. ICASSP-96*, Atlanta, GA, May 1996.
- [7] Kimoto, K., Aoki, H., Tamaki, K., and Fujiwara, M., "A Three Dimensional Display for TMJ Sounds Using STFT," *The Bull. Un. of Kana. ga. wa Dental College.*, Vol. 24, No. 1, pp. 19-20, 1996.
- [8] Widmalm, S.E., Williams, W.J., Christiansen, R.L., Gimn, S.M., and Park, D.K., "Classification of Temporomandibular Joint Sounds Based upon Their Reduced Interference Distribution," *J. Oral Rehabilitation*, Vol. 23, pp. 35-43, 1996.
- [9] Akan, A., and Chaparro, L.F., "Multi-window Gabor Expansion for Evolutionary Spectral Analysis," *Signal Processing*, Vol. 63, pp. 249-262, Dec. 1997.
- [10] Unsal, B., Akan, A., and Çekiç, Y., "Time-Frequency Analysis of Temporomandibular Joint Sounds Using Gabor Expansions," *Proc. IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-scale Analysis, TFTS-98*, pp. 249-252, Pittsburgh, PA, Oct. 6-9 1998.



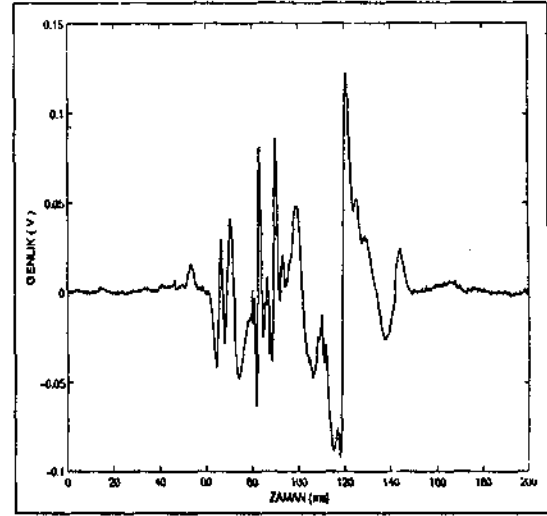
Şekil 1: Klik grubuna dahil TME işaretinin ES'u



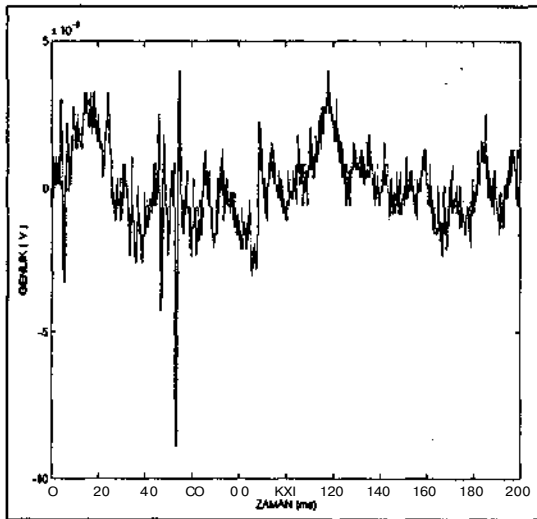
Şekil 4: İnce kreptasyon TME işaretinin ES'u



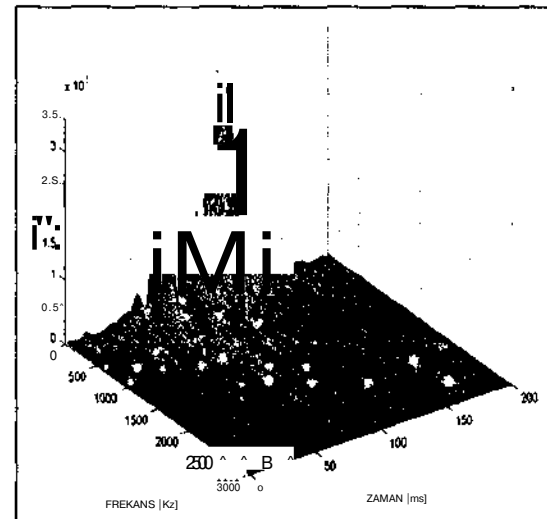
Şekil 2: Klik + kreptasyon işaretinin ES'u



Şekil 5: Kaba kreptasyon işareti



Şekil 3: İnce kreptasyon işareti



Şekil 6: Kaba kreptasyon TME işaretinin ES'u

TEK ÇENTİKLİ UYARLAMALI SAYISAL SÜZGEÇLER KULLANILARAK SES SİNYALLERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Ergun ERÇELEBİ, Arif NACAROĞLU
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gaziantep Üniversitesi
27310-Gaziantep
E-mail: ercelebi@alpha.bim.gantep.edu.tr

ABSTRACT

This paper propose a new method for speech enhancement by using adaptive digital notch filter. Particularly, the method is applied to the case where speech signal is corrupted by sinusoidal or other periodic interference corrupting signal. The method uses Adaptive Noise Canceller (ANC) which consists of two inputs. These inputs are primary and reference input. Primary input is composed of corrupted speech signal while reference input is composed of noise. The primary and reference input are adaptively filtered to obtain the speech alone in primary input. Preliminary test indicate that the method improves the perceived speech quality and increase the signal to noise ratio.

1. GİRİŞ

Bir çok uygulamalarda Uyarlamak Gürültü Giderimi (UGG), sinüzoidal veya periyodik gürültü tarafından bozulan işaretleri iyileştirmede etkili bir yoldur. Sinüzoidal gürültünün giderimi sabitlenmiş çentik süzgeçler vasıtasıyla da yapılabilir ancak bu tür süzgeçleri tasarlarken önceden gürültünün (bozucunun) karakteristik bilgisine ihtiyaç vardır, diğer taraftan uyarlamalı sayısal süzgeçler kullanıldığında bu tür bilgilere gereksinim olmadan süzgeçler tasarlanabilir. Çünkü uyarlamalı sayısal süzgeçler kendi parametrelerini otomatik olarak ayarlayabilirler. Periyodik gürültüden istenen işaretin çıkarılması sözcük tanımada, ses bilgisinin işlenmesinde ve sayısal işaret işleme alanında önemli ve genel bir problemdir. Bu bildiride, sinüzoidal gürültü tarafından bozulan ses sinyalini iyileştirmek için alternatif basit bir method önerildi. Bu methodta uyarlamalı sayısal çentik süzgeç gürültünün ana harmoniği bulunarak tasarlanır ve primeri, referans girişler ayrı ayrı süzgeçten geçirilir daha sonra bu işlem sinyal-gürültü oranı (SGO) maksimum oluncaya kadar devam eder.

2. UYARLAMALI SAYISAL ÇENTİK SÜZGEÇLER

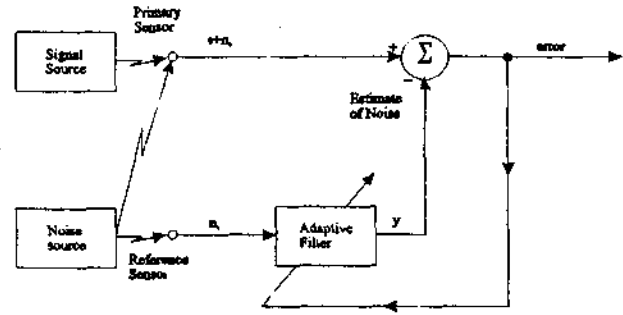
Uyarlamalı sayısal çentik süzgeçler tasarlanırken şekil 1'de verilen Uyarlamalı Gürültü Giderimi (UGG) kullanıldı. Primeri giriş sinyal artı gürültü içerir. Referans giriş primerdeki sinyalle ilintisiz fakat primerdeki gürültüyle

ilintili W_j gürültüsü içerir. Referans giriş $77,$ y çıkışı elde etmek için uyarlamalı süzgeçten geçirilir, ve y çıkışı primer girişteki n_0 gürültüsüne oldukça benzemektedir, bundan sonraki işlemde y çıkışı primer girişten, $Z = s + n_0 - y$ sistem çıkışını elde etmek için çıkarılır. Şekil 1'deki uyarlamalı algoritma UGG' nin çıkışı ile kontrol edilir, s sinyaline eklenen ve referans giriş uygulanan örneklenmiş gürültü, aynı frekansta farklı faz ve genlik değerinde sinüzoidal formundadır.

$$u_k = A \cos(\hat{u}_k T + \phi) \quad (i)$$

süzgecin çıkışı,

$$y_k = \sum_{i=0}^{M-1} \hat{w}_{ik} u(k-i) \quad (2)$$



Şekil 1 Uyarlamalı Gürültü Giderici

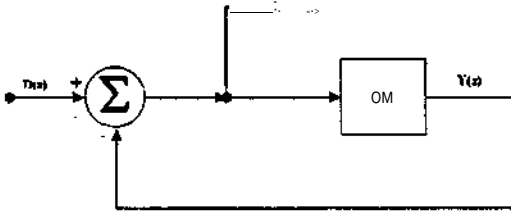
Denklem (3)' den görüleceği üzere, sistemin çıkışı hem hata sinyalini ve hemde primeri giriş ile uyarlamalı süzgecin çıkışı arasındaki farkı verir.

$$e_k = d_k - y_k \quad (3)$$

Uyarlamalı süzgecin katsayıları denklem (4) kullanılarak hesaplanır.

$$\hat{w}_i(k+1) = \hat{w}_i(k) + \mu u(k-i)e_k \quad (4)$$

Denklem (2)' deki M değeri süzgeç katsayılarının sayısıdır, ve JU adım-boyut parametresidir. Sinüzoidal giriş u_i , süzgeç katsayılarının sayısı M ve denklem (5)' deki katsayı-güncelleme $\hat{w}_i(k+X)$, açık-döngü sisteminde tek küme olarak toplanır. Şekil 2' de verilen açık-döngünün aktarım işlevi G(z) dir.



Şekil 2 Aktarım İşlev Diyagramı

Referans girişin i th elemanı u-vektör, u_{ik}

$$u_A = A \cos(\hat{u}, kT+j) = \frac{A}{2} [e^{j\omega, kT} + e^{-j\omega, kT} e^{-j\phi}] \quad (5)$$

W_n girişi hata kestirimi e_k ile çarpılır, ve bu çarpımın "ik'ik' ^-dönüşümü alındığında denklem (6) elde edilir, z-dönüşüm işlemini göstermek için $Z[\]$ kullanılır.

$$\begin{aligned} Z[e_k u_{ik}] &= -e^{j\phi} Z[e_k e^{j\omega kT}] + e^{-j\phi} Z[e_k e^{-j\omega kT}] \\ &= \left[e^{j\phi} E(z e^{-j\omega, T}) + e^{-j\phi} E(z e^{j\omega, T}) \right] \quad (6) \end{aligned}$$

$E(z)$ hata kestiriminin z-dönüşümüdür. $E(e^{j\omega T})$, $E(z)$ ' nin birim daire çevresinde $C_{\hat{u}} T$ açısı kadar saat ω yönünün tersinde döndürülmüş hahdır. Denklem (4)' ün z-dönüşümü alındığında,

$$z\hat{w}_i(z) = \hat{w}_i(z) + \mu Z[u(k-i)e(k)] \quad (7)$$

Denklem (4) $\hat{w}_i(z)$ için çözüldüğünde ve denklem (6)' da verilen z-dönüşüm kullanıldığında, $\hat{w}_i(z)$ şu şekli alır,

$$\hat{w}_i(z) = \frac{\mu A}{2} V(z) [E(z e^{-j\omega, T}) e^{j\phi} + E(z e^{j\omega, T}) e^{-j\phi}] \quad (8)$$

$$V(z) = 1/(z-1)$$

$$Y_i(z) = \mathcal{Z}[w_{ik} u_{ik}]$$

Dmldein (8), (8), ve (9) birleştirildiğinde, süzgeç çıkışı şu şekilde olur,

$$Y(z) = \frac{M\mu A^2}{4} E(z) [V(z e^{-j\omega, T}) + V(z e^{j\omega, T})] \quad (10a)$$

$$+ \frac{\mu A^2}{4} V(z e^{-j\omega, T}) E(z e^{-j2\omega, T}) \sum_{i=1}^M e^{j2\phi} \quad (10b)$$

$$+ \frac{\mu A^2}{4} V(z e^{j\omega, T}) E(z e^{j2\omega, T}) \sum_{i=1}^M e^{-j2\phi}$$

Denklem (10a) süzgeç çıkışının zamanla-değişmez tepkisidir. Denklem (10b) süzgeç çıkışının zamanla-değişen tepkisidir ve buradaki toplam ifadesi şu şekilde bulunur,

$$\sum_{i=1}^M e^{\pm j2\phi} = e^{\pm j(2\phi - \omega, T(m-1))} * \frac{\sin(M\omega, T)}{\sin(\omega, T)} \quad (11)$$

Süzgeç çıkışının zamanla-değişen kısmı $-f(z)$ ' nin frekans-değişmiş kısmıdır bu süzgeç çıkışında istenmeyen bir durumdur. Denklem (11), denklem (10)' da yerine konulup yazıldığında aşağıdaki denklem (12) elde edilir,

$$Y(z) = \frac{\mu M A^2}{4} \left(\frac{1}{z e^{-j\omega, T} - 1} + \frac{1}{z e^{j\omega, T} - 1} \right) + \frac{\mu A^2 \sin(M\omega, T)}{4 \sin(\omega, T)} \quad (12)$$

Denklem (12)'ye bakıldığında, süzgeç çıkışının zamanla-değişen kısmı, süzgeç parametresinin ve giriş frekansının fonksiyonu olduğu görülür. M değeri büyük kabul edildiğinde ihmal edilir. Denklem (10) şu şekilde yeniden yazılır,

$$Y(z) = \frac{\mu M A^2}{4} \left(\frac{1}{z e^{-j\omega, T} - 1} + \frac{1}{z e^{j\omega, T} - 1} \right) \quad (13)$$

Açık-döngü aktarım işlevi,

$$G(z) = \frac{Y(z)}{E(z)} \quad (14)$$

*UGG' nin kapalı-döngü aktarım işlevi,

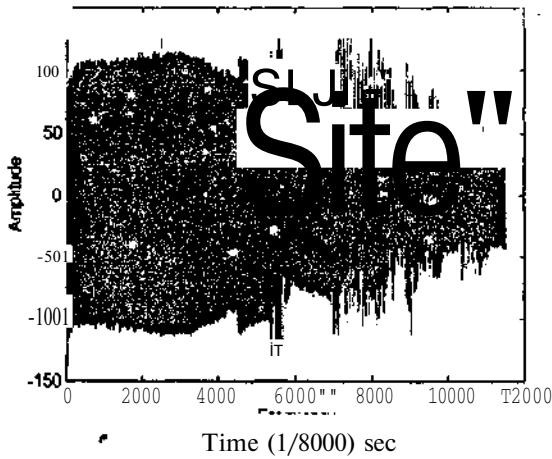
$$H(z) = \frac{1}{1 + G(z)} = \frac{1}{1 + \frac{M\mu A^2}{4} [V(z e^{-j\omega, T}) + V(z e^{j\omega, T})]} \quad (15)$$

$$H(z) = \frac{z^2 - 2z \cos \omega T + 1}{z^2 - 2z \cos \omega T + \left(1 - \frac{M\mu A^2}{2}\right)} \quad (16)$$

Denklem (16), ω_c frekansında 2. dereceden bir sayısal çentik süzgecin aktarım işlevidir.

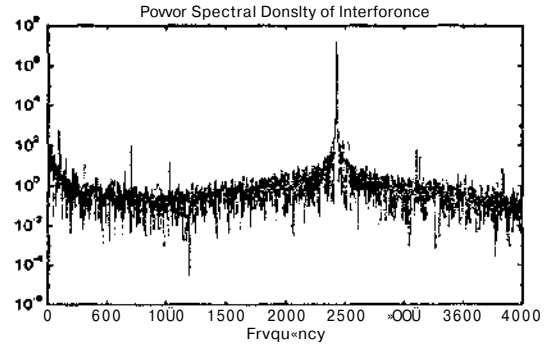
3. DENEYSSEL SONUÇLAR

Gürültülü ortamdaki ses sinyalini güçlendirmek için şekil 1' de verilen UGG kuUamlarak yapılan deneylerde konuşma sinyalleri kullanıldı. Primeri giriş erkek konuşmacının "good morning" sesi ve periyodik gürültü içerirken, referans giriş yalnızca periyodik gürültü içerir. Şekil 3' de gösterilen ses sinyali ve gürültünün örnekleme frekansı 8kHz dir.



Şekil 3 Konuşmacı sesi "goodmorning" ve gürültü

Gürültünün güç spektrum yoğunluğu şekil 4' de verildi, ve ana harmoniğinin frekansı 2.433 kHz olarak hesaplandı.

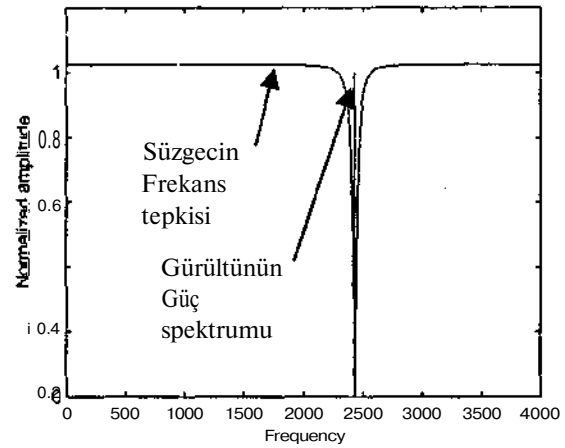


Şekil 4 Gürültünün güç yoğunluk spektrumu

Denklem (17)' de verilen çentik süzgecin ilk ön yinelemedeki aktarım işlevi, denklem (16) kullanılarak hesaplandı.

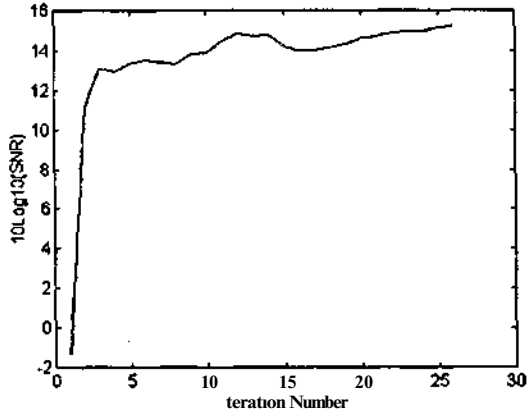
$$H(z) = \frac{z^2 + 0.6672z + 1}{z^2 + 0.6504z + 1} \quad (17)$$

Denklem (17)' deki katsayılar $M=1$, $fU = 0.05$, ve $A = 1$ değerleri için hesaplandı. Şekil 5' de süzgecin frekans tepkisi ve gürültünün güç spektrumu birlikte verildi.



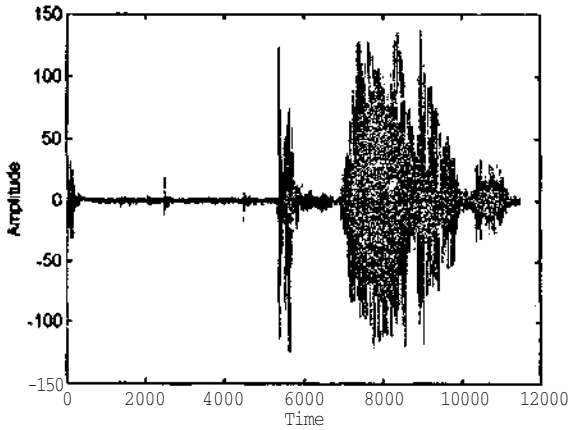
Şekil 5 Uyarlamalı çentik süzgecin frekans tepkisi ve gürültünün güç spektrumu

Şekil 5' den açıkça görüleceği üzere gürültünün ana harmoniği çentik süzgecin frekans tepkisinin tam ortasına düşer. Gürültünün ana harmoniği ses işaretinden giderildiği zaman, diğer gürültü harmonikleri ortaya çıkar. Gürültüyü ses işaretinden tamamen giderebilmek için, bu harmoniklerinde aynı işlemle SGO maksimum değere ulaşip sabit kalıncaya kadar devam ettirilir. Süzgecin band aralığı // değiştirilerekten genişletilebilir veya daraltılabilir. Fakat /4 değeri uyarlamalı algoritmanın istikrarı için 0 ila 1 arasında bir değer seçilir. Şekil 6' da Sinyal-Gürültü Oranına karşılık önyineleme sayısı verilmiştir.



Şekil 6 önyineleme sayısına karşılık SGO

Bu şekilden görüleceği üzere teklif edilen method sayesinde SGO' da 16dB' lik bir artış oldu, ve dinleme testi sırasında gürültünün ses sinyalinden hemen hemen giderildiği gözlemlendi. Şekil 3' de dalga şekli verilen "good morning" sözcüğü ve gürültüye, teklif edilen method uygulanması neticesinde elde edilen gürültüden arındırılmış ses sinyali şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7 Süzgeçlerime sonrası, ses sinyali "good Morning" ve gürültü

4. KAYNAKÇA

- [1] B. Widrow *et al*, "Adaptive noise canceling: principles and applications," *Proc. IEEE*, vol. 63, pp. 1692-1716, Dec. 1975.
- [2] M. R. SAMBUR, "Adaptive Noise Canceling for Speech Signals," *IEEE Trans Acoust., speech, signalprocessing*, vol. ASSP-26, pp. 419-423, Oct. 1978.
- [3] Julie E. Greenberg, "Modified LMS Algorithms for Speech Processing with an Adaptive Noise Canceller," *IEEE Trans. Speech, Audio Processing*, vol. 6, July 1998.
- [4] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Digital Signal Processing*, Prentice Hall, Inc., 1975.
- [5] B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice hall, Inc., 1985.
- [6] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice Hall, Inc., 1996.