168331

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNSAN MAKİNE ETKİLEŞİMİ UYGULAMASI

Elektrik Müh. Tayfun ULU

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Galip CANSEVER

Doç. Dr. Tülay YILDIRİM

Yrd. Doç. Dr. İbrahim B. KÜÇÜKDEMİRAL

İSTANBUL,2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ iii

KISALTMA LİSTESİ iv

ŞEKİL LİSTESİ v

ÖNSÖZ vi

ÖZET vii

ABSTRACT viii

1. GİRİŞ 1

2. İNSAN-MAKİNE ETKİLEŞİMİ UYGULAMASI 3

2.1 İnsan makine etkileşimi 3
2.1.1 Kullanıcıya geri dönüş 4
2.1.2 Kullanıcının kendini kontrolü ve açıklık 4
2.1.3 Tahmin edilebilirlik ve sistem analizi 5
2.1.4 Hata toleransı 6
2.2 İnsan elinin anatomik yapısı 6
2.3 Eldiven tabanlı diğer insan makine arayüzleri 8
2.4 Ev otomasyonu uygulamaları 10
2.5 Yapay sinir ağları 11
2.5.1 Yapay sinir ağının mimarisi 11
2.5.2 Yapay sinir ağının eğitilmesi 12
2.5.3 Geri yayılım algoritması 12

3. ELDİVEN ARAYÜZÜ İLE İNSAN MAKİNE ETKİLEŞİMİ UYGULAMASI. 14

3.1 Arayüz için kullanılacak olan eldiven 14
3.2 Kuvvetlendirici ve yol seçici devreleri 17
3.3 Mikro denetleyicinin donanım ve yazılımı 18
3.4 Bilgisayarda hazırlanan arayüzün özellikleri 19

4. SONUÇLAR 24

KAYNAKLAR 26

EKLER 27

Ek 1 Mikro denetleyicilerin programları 28
Ek 2 Arayüz ve güç kaynağının devreleri 35
Ek 3 Arayüzün baskı devresi 37

ÖZGEÇMİŞ 39

SİMGE LİSTESİ

S_i	YSA'nın ağırlaştırılmış girişlerin toplamı
x_i	YSA'nın girişleri
$\theta_{DIP}, \theta_{PIP}$	Distal ve Proximal interphalangeal bağlantı noktalarındaki açılar.
Θ	Nöron için eşik değeri.
K_n	n. sensörünün kalibre edilmiş değeri.
F_n	n. sensörünün kalibre edilmemiş değeri.

KISALTMA LİSTESİ

ADC	Analog - digital converter
ÇKP	Çok katmanlı perception
DIBN	Distal interphalangeal bağlantı noktası
GYA	Geriye yayılım algoritması
MBN	Metacarpophalangeal bağlantı noktası
OPAMP	Operasyonel amplifikatör
PIBN	Proximal interphalangeal bağlantı noktası
PWM	Pulse width modulation
SPI	Serial peripheral interface
USART	Universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter
YSA	Yapay sinir ağları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bir arayüzün genel yapısı 3
Şekil 2.2 İnsan elinin modellenmesi (Bebis G. vd., 2002) 6
Şekil 2.3 İnsan elinin anatomik yapısı (Bebis G. vd., 2002) 7
Şekil 2.4 Fifth Dimension Technologies ürettiği DataGlove 9
Şekil 2.5 Çok katmanlı bir ağ yapısı[1] 13
Şekil 3.1 Uygulaması yapılan insan makine arayüzünün donanım mimarisi 14
Şekil 3.2 Flex sensörün fiziksel özellikleri 15
Şekil 3.3 Wheatstone köprüsü 15
Şekil 3.4 Flex sensörün montaj şekli 16
Şekil 3.5 Çıkarma ve kuvvetlendirici devre 17
Şekil 3.6 Ana programın görünümü 20
Şekil 3.7 Bağlantı için özel ayarlar 21
Şekil 3.8 Ana programın YSA modülü 22
Şekil 3.9 Hiperbolik tanjant fonksiyonu 23
Şekil Ek 2.1 Simetrik güç kaynağı 35
Şekil Ek 2.2 Arayüz devresi 36
Şekil Ek.3.1 Baskı devrenin ön yüzü 37
Şekil Ek.3.2 Baskı devrenin arka yüzü 38

ÖNSÖZ

Çalışmalarımda bilimsel ve kişisel yardımlarını eksik etmeyen danışmanım Prof. Dr. Galip Cansever'e, Kontrol ve Otomasyon Anabilim Dalı Öğretim görevlilerine ayrıca yapay sinir ağları konusunda verdiği bilgilerden dolayı Doç. Dr. Tülay Yıldırım'a teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimin süresince gösterdikleri ilgi ve anlayış için aileme, fikirleri ve kişisel desteği ile katkıda bulunan Elk. Yük. Müh. Özhan Karaman'a ve diğer tüm dostlarıma teşekkür ederim.

ÖZET

Bu tez çalışmasında, insan makine etkileşimi ele alınmıştır. Etkileşimi sağlayan arayüzler incelenmiş ve alternatif bir arayüz olan eldiven arayüzünün uygulaması yapılmıştır. Bu arayüz direk olarak insan elinin hareketleri ile çalışmaktadır. Parmak eklemlerindeki açı değişimleri bükülmeye duyarlı flex sensörlerle ölçülerek bir mikro denetleyici aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Bilgisayara aktarılan veriler iki açıdan ele alınmıştır. Birincisi, kullanıcının el hareketleri ile çevre birimlerini kontrol edebilmesinin sağlanmasıdır. İkinci amaç ise parmak eklemlerindeki açıların bulunmasıdır. Bu açısal bilgilerin bulunmasında bir yapay sinir ağı türü olan çok katmanlı perception kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: İnsan-Makine etkileşimi, arayüz, flex sensör, eldiven, yapay sinir ağı(YSA)

ABSTRACT

Human-Machine Interaction (HMI) is researched in the thesis. The interfaces which supply the interaction are analyzed and the glove based interface application which is an alternative interface, is made. This interface works with the movement of human hand. The alteration in the angle of finger joints is measured by a flexible sensor and transferred to computer by a Microcontroller.

The Data are investigated in two aspects. First one is to supply the control of the environment units with hand movement of the user. Second intention is getting the angles of the finger joints. The multilayer perception which is a kind of neural network is used in order to get the angular data.

Keywords: Human-Machine Interaction (HMI), Interfaces, flex sensor, glove, artificial neural network(ANN)

1. GİRİŞ

Teknolojideki gelişeme rağmen tüm makineler insan ile etkileşimli olarak çalışmak zorundadır. Sistem ne kadar gelişmiş olursa olsun. En azından bir açma kapama işlemi bile insan makine etkileşimine örnek teşkil eder. Bu etkileşim mekanik sistemlerde pedal, ışık ve kollarla sağlanırken gelişmiş teknoloji ürünü cihazlarda düğmeler ve ekranlarla sağlanmaktadır. Etkileşimi sağlayan cihazlara arayüz (interface) denir. Örneğin sıradan bir bilgisayarda: İnsandan bilgisayara olan etkileşim klavye ve fare ile yapılırken, bilgisayardan insana olan etkileşim ekran ve sesli uyarılar ile sağlanır. Bu arayüzler tasarlanırken dikkat edilmesi gereken bazı standartlar vardır (Johannsen, 1994; Reed vd., 1999;Aydın ve Kurt, 2002;[3]). Bu kıstaslar göz önüne alınarak tasarlanan arayüzlere kullanıcı dostu sistemler denir. Önemli olan arayüz sayesinde kullanıcının daha önceden belirlenen özellikleri kullanabilmesidir ayrıca bu erişimin sorunsuz ve kolay sağlanabilmesi verim açısından önemlidir. Dikkat edilmesi gereken unsurlar ve bir arayüzde bulunması gereken temel özellikler ikinci bölümde incelenmiştir.

Halen kullanılmakta olan arayüzler kullanışlıklarını kanıtlamışlardır ve yıllar içinde daha da geliştirilmişlerdir. Fakat gelişen teknoloji, yanında birçok gereksinimi de getirmektedir. Örneğin, gelişmekte olan ev otomasyonu sistemleri için standart arayüzler yeterli ve kullanışlı olamayacaktır. Kullanıcı vereceği emirleri, kendisini en az sınırlayacak şekilde vermek ister bu da arayüzlerin ergonomik olmasını gerektirir (Aydın ve Kurt, 2002).

Ellerimiz karmaşık kas ve iskelet yapısı sayesinde vücudumuzdaki en işlevsel uzunumuzdur. Elin özellikleri sayesinde karmaşık ve hassas olan işleri bile kolaylıkla yapabilmekteyiz. İnsanlar bu sebepten makineleri ve makinenin özelleşmiş bir dalı olan bilgisayarı da bu uzunu aracılığı ile kontrol eder (Sturman ve Zeltzer, 1994).

Gelişen ihtiyaçlar ve kullanım kolaylığına olan ilgi dolayısı ile birçok alternatif arayüz geliştirilmektedir. Bu çalışmada, insan makine etkileşimine örnek olarak yapılan eldiven arayüzleri ele alınmıştır (Sturman ve Zeltzer, 1994; Karlsson, vd., 1998; Tarchanidis, 2003). Daha önce yapılan ve ticari olarak da satışı devam eden ürünler incelenmiştir. Elin hareketlerini gerçek zamanlı olarak bilgisayar ortamına aktardıktan sonra yapılabileceklerin sınırı yoktur. Tasarlanan yazılımlar sayesinde kullanıcılar ellerinin hareketleriyle çevre birimlerini kontrol edebilirler. Örneğin yapılan uygulamalar arasında; işitme engelliler için yapılan işaret dilini sesli hale çeviren sistemler (Fels ve Hinton, 1993), bilgisayarlarda oynanan oyunlar için arayüzler ve tıp alanı uygulamaları sayılabilir (Krapichler, vd., 1997).

İkinci bölümde incelenen bilgilerin ışığında eldiven şeklinde arayüz tasarlanmıştır. Tasarlanan arayüzün özellikleri ve tasarlanmasındaki adımlar üçüncü bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Amaç kullanıcının parmak hareketleriyle çevre cihazlarına komut gönderebilmesidir. Bu amaç için tasarlanan devre, parçalar şeklinde ele alınarak anlatılmıştır. Ayrıca geliştirilen yazılımın yapısı ve özellikleri, sensör verilerinin işlenmesinde kullanılan yapay sinir ağı metodu; kullanılan ağın yapısı, eğitim parametreleri, eğitim verilerinin elde edilmesi de bu bölüm başlığı altında incelenmiştir.

Son bölümde uygulamanın alternatif kullanım alanlarından bahsedilmiş, donanım ve yazılım artıları ve eksileri ile ele alınmıştır.

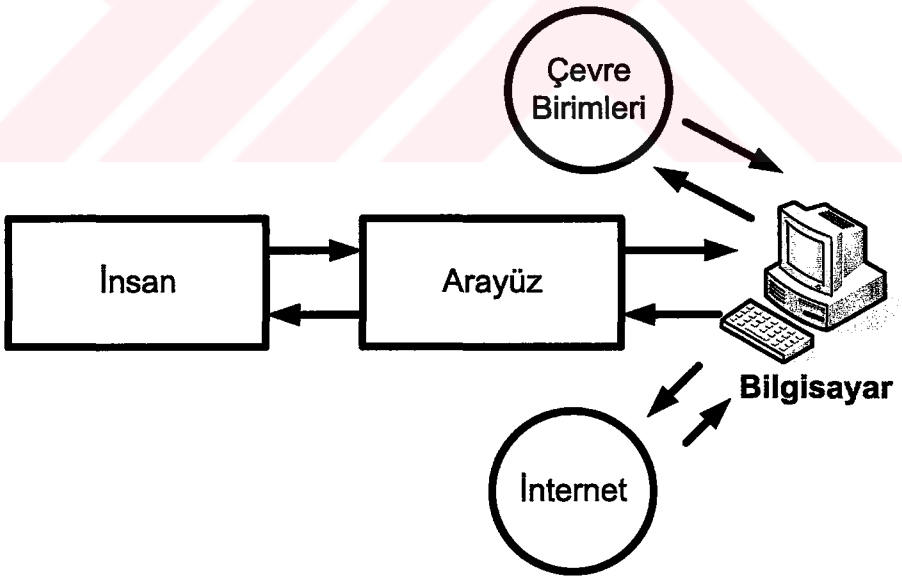
2. İNSAN-MAKİNE ETKİLEŞİMİ UYGULAMASI

Bu bölümde uygulamanın teorik altyapısı ve hazırlık aşamasında yapılan araştırmalar bulunmaktadır. İnsan-makine etkileşimin ne olduğu, temelde nelerin dikkate alınması gerektiği, ardından da insan elinin anatomik yapısı ele alınacaktır.

Ayrıca insan makine etkileşiminde, alternatif arayüzlerin değer kazandığı ev otomasyonu uygulamalarından ve son olarak da sensör verilerinin yorumlanmasında kullanılacak olan yapay sinir ağları(YSA) metodu incelenecektir.

2.1 İnsan makine etkileşimi

Geçmişten günümüze neredeyse tüm aletler aslında insan makine etkileşimine birer örnektir. Günümüz bilgisayarlarından, ankesörlü telefonlara ve arabalara kadar tüm araçlar insanla etkileşimli bir şekilde çalışırlar. İnsanın bilgisayarla iletişimini; fare, klavye ve monitör sağlarken araba ile etkileşimini; direksiyon ve pedallar sağlar. Arayüz dediğimiz bu giriş-çıkışlar sayesinde insan makineleri kontrol edebilir. Kullanıcı da verdiği komutlarının doğru olarak yapılıp yapılmadığını; makineden gelen uyarılar (sesli, ışıklı vb...) sayesinde anlayabilir.



Şekil 2.1 Bir arayüzün genel yapısı

Şekil 2.1'de insan-makine etkileşimi için genel bir tasarım bulunmaktadır. İnsan arayüz aracılığı ile bilgisayarla iki yönlü bir iletişim sağlar. Burada bilgisayar yerine özelleştirilmiş sistemler bulanabileceği gibi mekanik sistemlerde direk makine de gelebilir.

Arayüzlerin tasarlanmasında bazı temel standartlar vardır (Johannsen, 1994; Reed vd., 1999; Aydın ve Kurt, 2002; [3]). Bu temel kurallar kullanıcının ve sistemin verimini artırmak için düşünülmüştür:

2.1.1 Kullanıcıya geri dönüş

Kullanıcı bir giriş yaptığı zaman, makinenin verilen işlemi anladığını belirtmesi gerekmektedir ayrıca kullanıcı, verdiği komutların doğru olarak çalıştığından ve işlemin tam olarak sonuçlandırıldığından emin olmak da ister. Bu geri dönüşler için ideal olan ise kullanıcının yapılan işlemleri görmesine izin vermektir. Örneğin bir telefonda; kullanıcı telefonu açtığında çevir sesini duyar bu sayede hattın sağlam olduğunu anlar, her düğmeye bastığında sesli olarak bir geri dönüş alır, arama işlemi bittikten sonra; çalma veya meşgul sesi gelir. Bu sayede kullanıcı tüm süreci takip edebilir.

Eğer sistem olumlu veya olumsuz bir geri dönüşte bulunmazsa kullanıcı verdiği emrin yerine getirilmediğini düşünerek tekrar bir giriş yapmak isteyebilir. Bu tür bir durumda arayüzün tasarımı yüzünden sistemin geneli zarar görebilir. Bu noktada önemli bir diğer unsurda: Sistemin geri dönüş zamanı veya cevap zamandır. Bu zaman ne kadar az olursa o kadar iyidir. Ayrıca eğer sistem verilen işlemi uzun sürede yapacaksa, süreç içinde olduğunu da belirtmelidir. Bu bilgi çok basit olarak ışıklı bir uyarı ile verilebileceği gibi bilgisayardaki gibi tahmini kalan süre olarak da verilebilir.

Yapılan geri dönüşlerin gücü de önemlidir. Durumlar için farklı geri dönüşler tasarlanırken buna özellikle dikkat edilmelidir. Kritik veya tehlikeli durumlarda geri dönüşler yüksek sesli alarmlarla veya kuvvetli ışıklarla yapılmalıdır. Örneğin bir apartmanda yangın durumunda çalan alarmların rahatsız edici seviyede olması gerekirken, asansörün kata gelme durumu mümkün olduğunca alçak bir sesle, sadece asansörü bekleyen kişinin dikkatini çekecek seviyelerde tutulmalıdır.

2.1.2 Kullanıcının kendini kontrolü ve açıklık

Kullanıcı, hangi komutlar verdiğini ve komutlarının ne durumda olduğunu kontrol edebilmelidir hatta gelişmiş sistemlerde ileri zamanlar için verilmiş görevler varsa o görevleri de görebilmeli, değiştirebilmeli veya tamamen kaldırabilmelidir. Gelişmiş bir sistemin arayüzünde;

- Durum bilgisini görüntüle.
- Yapılan veya verilen görevleri listele.

- Sonraki işleme geç.
- Önceki adıma dön.
- Bir veya daha fazla adımı geri al.
- Bir veya daha fazla adımı ileri al.
- Durdur, Acil durdur ve beklemeye al.
- Kalan yerden devam et.
- Yardım
- Kapat

Gibi temel özellikler bulunmalıdır. Yani sistem üzerinde, yetkili bir kişinin maksimum kontrolü olmalıdır. Açıklık kavramı burada devreye girer, kullanıcının sistemin ne durumda olduğunu görmesi, sistemin kontrolü açısından önemlidir. Sistem ne kadar açıksa tamiri ve bakımı da o kadar kolay olur. Gelişmiş bir sistem sensörlerle sürekli olarak takip edilmelidir. Örneğin bir sıcaklık sensörü kullanarak kullanıcının sistemin sıcaklığını sürekli olarak takip etmesi sağlanabilir. Bu sayede kullanıcı sistemde ters giden bir ısınma görürse sistemi devre dışı bırakabilir. Bu tarz takip sistemleri kurulum maliyetinin artmasına sebep olurlar ama bu maliyet uzun vadede düşünüldüğünde, oluşabilecek büyük hasarlar ve bakım masrafları sebebiyle göz ardı edilebilirler.

2.1.3 Tahmin edilebilirlik ve sistem analizi

Tasarlanan arayüz mümkün olduğunca insanların kullandığı diğer arayüzler ile benzer olmalıdır. Bu sayede kullanıcı, arayüzü daha rahat bir şekilde kullanabilir ve verdiği bir komutun nasıl bir sonuç verebileceğini tahmin edebilir. Örneğin büyük ve kırmızı bir düğme birçok sistem için acil durum alarmını çalıştırır. Sistem arayüzünde eğer böyle bir girişe ihtiyaç varsa bu şekilde standartlaşmış tasarımların kullanılmasında fayda vardır. Bu tür standartlara uyulması kullanıcının sisteme alışma ve öğrenme süresini kısaltır.

Ayrıca tasarımcı, arayüzü kullanıcının ihtiyaçlarına ve bilgi seviyesine göre tasarlamalıdır. Kullanıcı gibi düşebilmek önemlidir. Basit bir ev gereci için sadece açma kapama düğmesi yeterli olurken aynı cihazın endüstriyel amaçlı olanında çok daha karmaşık özellikler bulunmalıdır. Tasarımcı hedef kitlenin dilinden konuşabilmeli, kullanıcın ne isteyeceğini iyi analiz etmelidir. İki taraflı (İnsan-Makine) sağlıklı bir iletişimin devamlı olmasını sağlamak tasarımcının görevidir.

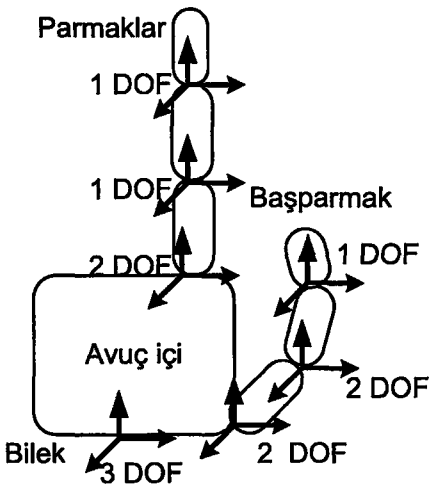
2.1.4 Hata toleransı

İnsanlar makinelere göre daha çok hata yaparlar. İnsanların, özellikle uzun süre aynı işi yaptıktan sonra hatalı girişler yaptıkları görülmektedir. Bu tür girişlere sistem toleranslı olmalıdır. Gerekiyorsa kullanıcıdan tekrar onay istemelidir.

Oluşabilecek hataları önlemek için tasarımcının, arayüzü bu hatalı girişleri engelleyecek şekilde tasarlaması gerekmektedir. Bu tür durumlar için gerekiyorsa bir uyarı da eklenmelidir. Örneğin matbaalarda kullanılan kesme makinelerinin çalışması için kullanıcının iki farklı düğmeye aynı anda basıyor olması istenmektedir. Bu sayede bir iş kazasının oluşma ihtimali azaltılmış olur.

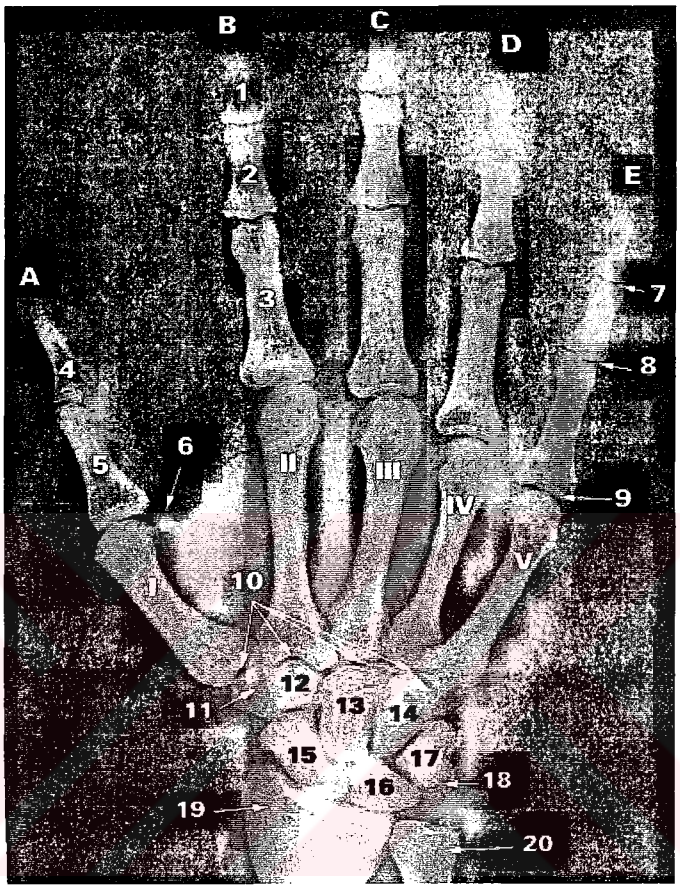
2.2 İnsan elinin anatomik yapısı

Bir insan elinde 20 den fazla kemik ve 15 tane birleşim noktası bulunmaktadır. Bu karmaşık yapı Şekil 2.2'de de gösterildiği şekilde üç boyutlu uzayda 27 serbestlik dereceli olarak modellenebilir (Bebis G. vd., 2002) Dokuz tane olan Interphalangeal bağlantı noktası birer serbestlik dereceli olarak hatasız şekilde, beş tane olan Metacarpophalangeal bağlantı noktası (MBN) ise iki serbestlik dereceli olarak gösterilebilir. Başparmağın modellemesi daha karmaşık ve zordur çünkü başparmak için olan Trapeziometacarpal eklemi çok daha esnek bir yapıya sahiptir. Son olarak kol ekleminin dönme hareketi vardır. Bu dönme hareketini altı serbestlik dereceli bir gösterim ile modellenebilir: Üç serbestlik derecesi, elin döndürme hareketi için, üç serbestlik derecesi de dönme hareketinin yönünü belirlemek için kullanılmalıdır.



Şekil 2.2 İnsan elinin modellenmesi (Bebis G. vd., 2002)

Birleşim noktaları bulundukları yere göre adlandırılırlar(Şekil 2.3); ön kolu avuç içine bağlayan eklem (bilek eklemi) Trapeziometacarpal, avuç içini parmaklara bağlayan eklem Metacarpophalangeal, parmaktaki kemikleri birbirine bağlayan ekleme de Interphalangeal olarak adlandırılır.



Şekil 2.3 İnsan elinin anatomik yapısı (Bebis G. vd., 2002)

Şekil 2.3' de gösterilen anatomik yapıda A. Başparmak, B. İşaret parmağı, C. Orta Parmak, D. Yüzük parmağı, E. Serçe parmağıdır.

Şekil 2.3'deki kemikler I-V. Metacarpal, 1,4. Distal phalanx, 2. Middle phalanx, 3,5. Proximal phalanx, 6. Sesamoid, 11. Trapezium, 12. Trapezoid, 13. Capitate, 14. Hamate, 15. Scaphoid, 16. Lunate, 17. Triquetrum, 18. Pisiform, 19. Radius ve 20. Ulna olarak isimlendirilir.

Elin hareketini sağlayan bağlantı noktalarıdır. Şekil 2.3'deki 7. Distal Interphalangeal bağlantı noktasını (DIBN), 8. Proximal Interphalangeal bağlantı noktasını (PIBN), 9. Metacarpophalangeal bağlantı noktasını (MBN) ve 10. Carpometacarpal bağlantı noktalarını gösterir.

Tüm eklemler düşünüldüğünde elin yapabileceği hareketlerin olasılığı çok fazladır. Bağlantı noktalarındaki kaslar, tendonların birbirleriyle etkileşimi ve bağlantı noktalarının fonksiyonelliği sebebiyle elin hareket kabiliyeti kısıtlanmaktadır. Bu kısıtlamalar statik ve dinamik olarak iki genel başlık altında toplanabilir. Statik kısıtlamaların sebebi parmakların bağlantı noktalarının yapısından dolayı meydana gelen imkânsızlıklardır. Örneğin parmaklardaki eklemler (DIBN, PIBN) sadece tek bir tarafa hareket edebilirler. Dinamik kısıtlayıcı sebepler ise, eldeki kas ve tendonların komşu birimlerdeki tendon ve kaslardan etkilenmesi ile oluşur. Örneğin DIBN, PIBN'den etkilenmektedir. PIBN'nin açı değişimi ile orantılı olarak DIBN'de de açı değişimi oluşur. (2.1) 'de bu iki bağlantıda açı değişimleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.

$$\theta_{DIBN} = \frac{2}{3}\theta_{PIBN} \tag{2.1}$$

Dinamik kısıtlayıcılara bir örnek de, serçe parmağın yüzük parmağından bağımsız olarak hareket edememesidir. Eklemlerin yapısı bu harekete tamamen müsait olmasına rağmen kas yapısı yüzünden serçe parmağın bağımsız bir şekilde hareket ettirilebilmesi zordur.

2.3 Eldiven tabanlı diğer insan makine arayüzleri

El hareketlerini elektronik ortama taşıyan birçok farklı metot vardır. Görüntü işleme, bükülme ölçen sensörler bu metotların başlıcalarıdır. Bu konuda akademik çalışmaların yanında ticari çalışmalar da bulunmaktadır. Genellikle bu ticari amaçla satılan eldivenler sanal gerçeklik uygulamaları için üretilmektedir. Bu firmalardan ve ürettikleri ürünlerden en önemlileri;

Fifth Dimension Technologies

5DT (Fifth Dimension Technologies)* özellikle Sanal gerçeklik uygulamaları (Donanım ve yazılım) üzerine çalışan bir firmadır. 5DT eğitim simülasyonları ve simülatörleri gibi özelleştirilmiş sistemleri de müşterilerin isteği üzerine üretmektedir. Eldiven arayüzü olarak ürettiği ürünler Data Glove 5, 5W, 16, 16W, 5 MIR ve 16 MIR şeklinde isimlendirilmiştir.

---

* Resmi web sitesi http://www.5dt.com/

Şekil 2.4 Fifth Dimension Technologies ürettiği DataGlove

Data Glove 5'in üzerinde her parmak için bir, Data Glove 16'ın üzerinde ise her parmak için iki tane olacak şekilde 8 bitlik çözünürlükte fiber optic bend sensörlerden vardır. Ayrıca tüm modellerinde elin konum durumunu da izlenebilmektedir. Bilgisayarla, seri portdan (RS-232) veya uzaktan radyo frekansları ile (20m menzilli) haberleşebilirler. Manyetik alanda çalışabilmesi için tamamen plastikten üretilmiş modelleri de satılmaktadır(5 MIR, 16 MIR). Tamamen plastikten üretilmesinin sebebi bazı tıbbi cihazların yüksek manyetik güçle çalışıyor olmasıdır. Bu tip alanlarda metal aksamlar sorun çıkardığı için eldiven tamamen plastikten üretilmiştir.

Immersion Corporation

Immersion Corporation* 1993'de kurulmuştur. Sanal gerçeklik ve birçok alanda yazılım ve donanım geliştirmektedir.

CyberGlove isimli ürünlerinde 22 tane yüksek hassasiyetli sensör kullanılmaktadır. Saniyede 150(filtreli) veya 112(filtreli) kez yenilenen sensörlerin çözünürlüğü 0,5 derece kadardır. Oluşturulan sistem maksimum %0,6 lık bir lineersizlik gösterir. Sistem elin tam olarak konumunu verebilmektedir. Dış dünya ile haberleşmesinde için iki farklı metot desteklemektedir: Bilgisayarla haberleşmesi için RS-232 standardında çıkışı vardır ayrıca verileri dışarıya analog olarak da verilmektedir. Bu sayede tasarımcılar, sistemlerinde bu eldiveni rahatlıkla kullanabilmektedirler.

---

* Resmi web sitesi http://www.immersion.com

CyberForce, CyberGrasp, CyberTouch modelleri ise farklı sanal gerçeklik uygulamalarıdır. Elin durumu ve hareketi bilgisayara aktarılırken bunun yanında bilgisayardan da kullanıcıya bir geri dönüş olmaktadır. Sanal gerçeklikte kullanıcının elinde bir cisim varsa eldiven yardımıyla bu cismi hissedebilir ve tutabilir. Sanal olarak temsil edilen ürününe göre kullanıcı elinde bir karşı kuvvet hisseder ve bu sayede gerçekten o cismi tuttuğunu hissedebilir.

2.4 Ev otomasyonu uygulamaları

Ev otomasyonu, ev ve çevresinde yapılması gereken işlerin teknolojik donanım yardımı ile otomatik olarak yapılmasıdır. Gelişen ve ucuzlayan teknoloji ev yaşamını da etkilemiştir. Günümüzde içinde elektronik eşya bulunmayan ve git gide otomatikleşmeyen ev yok gibidir.

Otomasyon evlerimizin içine girmesinin ilk örnekleri alarm sistemleridir. Alarm sistemleri ev otomasyonunun, akıllı ev dediğimiz kavramın en önemli bileşenidir. Başta kullanılan alarm sistemleri giderek gelişmiştir. Şu anda evin girişlerine ayrıca belirli bölgelerine yerleştirilmiş sensörler, kablosuz görüntü kaydedicilerden alınan bilgiler ana sistemde işlenmektir: Tehlike analizi yapılmakta ve önceden belirlenen kurallar dâhilinde gereği yapılmaktadır. Bu söylenenler (Duman sensörleri veya benzeri sensörler yardımı ile) yangın ve benzeri durumumlar için de geçerlidir.

Tabii akıllı ev dediğimiz kavram sadece güvenlik amaçlı değildir. Evin her yeri aynı anda takip edilebilir. Isıtma, su ve elektrik gibi sistemlerle bağlantısı sağlanarak bunları kontrol etmesi; gerekirse acil müdahale etmesi sağlanabilir.

Zeki sistemler; karar verme algoritmaları ve öğrenme algoritmaları sayesinde kullanıcıların işlerini kolaylaştırabilir. Ev sakinlerinin saat kaçta uyandıkları bilerek onları uyandırır kahve makinesini çalıştırabilir. Film izlemeye başlarsanız ışıkları azaltabilir. Gereksiz olan birimleri belirleyerek devre dışı bırakabilir, bu sayede enerji tasarrufu da sağlar: Gündüzleri açık unutulmuş aydınlatma elamanını kapatılabilir veya ev sakinlerinin yaşam alışkanlıklarını zamanla öğrenerek hafta içi mesai saatleri içinde evin sıcaklığını azaltabilir.

Ev kontrolünü sağlayan sisteme (Merkezi bilgisayar sistemi) kullanıcılar ev içinden veya internet aracılığı ile dünyanın istedikleri yerinden bağlanarak evin durumunu takip edebilirler veya kontrol edebilirler. Tatildeki bir aile bahçeli evlerindeki sulama sistemini internetten devreye alıp, devreden çıkarabilir.

Bağlantı birçok farklı şekilde sağlanabilir. Cep telefonu, el bilgisayarları veya normal bilgisayarlarla olabileceği gibi, bu iş için özelleştirilmiş dokunmatik ekranlar, sesli yanıt

sistemleri gibi akla gelebilecek her tür arayüz aracılığı ile de olabilir.

Bu çalışma kapsamında yapılmış olan eldiven de bir arayüz olarak kullanılabilir. Kullanıcı elinde bulunan eldiven aracılığı ile ana sistemle iletişimini sağlar ve komutlarını çalıştırabilir. Bu sayede sadece parmaklarının hareketleriyle evin cihazlarını kontrol etmiş olur.

2.5 Yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları (YSA) beynin çalışma mekanizması temel alınarak geliştirilmiştir. İnsan beyni birbirileriyle sürekli olarak ilişkide olan ve paralel olarak çalışan sinir hücrelerinden oluşur. Bu yapının donanımsal veya yazılımsal olarak modellenmesi ile YSA oluşur. YSA birçok yapay sinir hücresinden oluşur. Bu yapay sinirler katmanlar şeklinde yerleştirilerek birbirleriyle olan ilişkileri belirlenir. Yapay sinirlerin çıkışları, ağırlıklar üzerinden diğer hücrelere ya da kendisine giriş olarak bağlanabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA yapıları geliştirilmiştir. YSA temel olarak;

1) Ağın yapısına
   - İleri beslemeli (feed forward)
   - Geri beslemeli (feed back)
   - Ağırlık matrislerinin simetrik veya asimetrik oluşuna
   - Ağırlık matrisi değerlerinin sabit veya değişken oluşuna
2) Ağda yer alan düğümlerin özelliklerine
3) Kullanılan eşik fonksiyonunun deterministik veya stokastik oluşuna
4) Düğüme sadece analog / ikil veya sürekli değerlerin uygulanabilmesine
5) Eğitim veya öğrenme kurallarına

Göre sınıflandırılabilir.

2.5.1 Yapay sinir ağının mimarisi

YSA'nın mimarisini incelemek için iki katmanlı basit bir perceptron ağ ele alınmıştır (Estebon, M. D., 1997). Katmanlar; giriş, çıkış ve gizli katmandan oluşur. Katmanlardaki yapay sinirler kendilerinden önce gelen katmandaki sinirlerle ile tam olarak bağlıdır ama aynı katmandaki sinirlerin hiçbir bağlantısı yoktur. Katmandan çıkan sinyaller güncellenebilen ağırlıklarla sonraki katmandaki yapay sinirlere ulaşır. Bu sinyaller yapay sinirlerde toplanır. Eğer eşik değerini aşıyorsa hücre aktif hale geçer.

$$S_J = \sum_{i=0}^{n} a_i w_{ij} \tag{2.2}$$

S_J, J nöronu için a_i girişlerin w_{ij} ağırlıkları ile ağırlaştırılmış toplamını göstermektedir. Bu ağırlaştırılmış toplam, $S_J > \Theta$ ise nöronun çıkışı $x_j = 1$, $S_J \leq \Theta$ ise $x_j = 0$ olacaktır. Θ önceden belirlenmiş bir eşik değeridir. Burada kullanılan eşik değeri fonksiyonu yerine uzman tarafından seçilen bir aktivasyon fonksiyonu da kullanılabilir.

2.5.2 Yapay sinir ağının eğitilmesi

Katmanlar arasındaki ağırlıkların güncellenmesi olayına eğitim denir. Ağ girişler için istenilen çıkışları sağlamıyorsa, sistem eğitilerek istenilen çıkışlara ulaşılmaya çalışılır. Bu işlem hatanın istenilen bir toleransın altına düşene kadar veya uzman tarafından belirlenen diğer sınırlamalara ulaşıncaya kadar tekrarlanır. Ağırlıkların belirlenmesinde kullanılabilecek birçok eğitim metodu vardır. Ama genel olarak oluşan hata, hatanın değişimi, eğitim katsayısı gibi değerler yeni ağırlıkların belirlenmesinde kullanılır.

$$w_{ij}^{yeni} = w_{ij}^{eski} + C(t_j - x_j)a_i$$

Örnek olarak verilen eğitim kuralında yeni ağırlıkların belirlenmesinde; eski ağırlıklar sistemin çıkışı (x_j), hedef çıkışlar (t_j) ve eğitim oran sabiti (C) kullanılmıştır (Estebon, M. D., 1997).

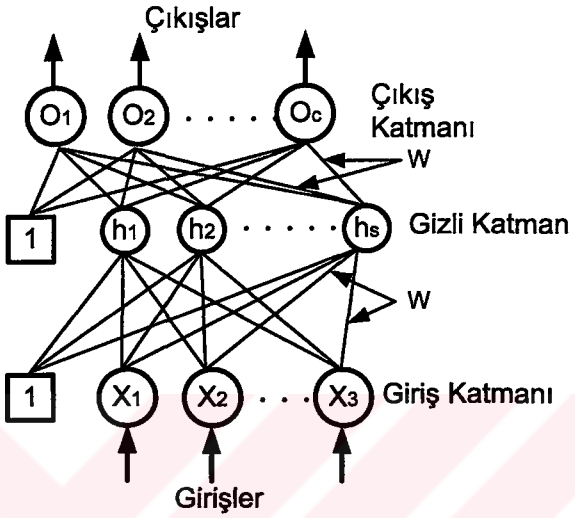
2.5.3 Geri yayılım algoritması

Karmaşık verilerin sınıflandırılmasında kullanılan etkin YSA modellerinden birisi; ilk olarak Werbos tarafından düzenlenen daha sonra Parker, Rummelhart ve McClelland tarafından geliştirilen geri yayınım ağıdır (Backpropagation Network)[1]. İlk uygulamaları yazılı metinden söz sentezi, robot kollarının kontrolüdür. Sınırları ise denetimli eğitim giriş ve çıkış örneklerinin çok sayıda olmasıdır. Backpropagation günümüzde en yaygın kullanılan öğrenimi kolay sonuçları etkin bir YSA' dır.

Yayınma ve uyum gösterme (Propagate - Adapt) olmak üzere iki aşamada işlemleri gerçekleştiren GYA, katmanlar arasında tam bir bağlantının bulunduğu çok katmanlı (Multilayer), ileri Beslemeli (Feed Forward) ve eğitmenli (Supervised) olarak eğitilen bir YSA modelidir.

GYA birçok uygulamalarda kullanılmış en yaygın öğrenme algoritmasıdır. Anlaşılması kolay

ve tercih edilen öğretme algoritmasıdır. Bu algoritma; hataları geriye doğru çıkış tan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayılmalı öğrenme kuralı ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Bir geri yayınımlı ağ modelinde (Şekil 2.5) giriş, gizli ve çıkış olmak üzere 3 katman bulunmakla birlikte, problemin özelliklerine göre gizli katman sayısını artırabilmek mümkündür.



Şekil 2.5 Çok katmanlı bir ağ yapısı[1]

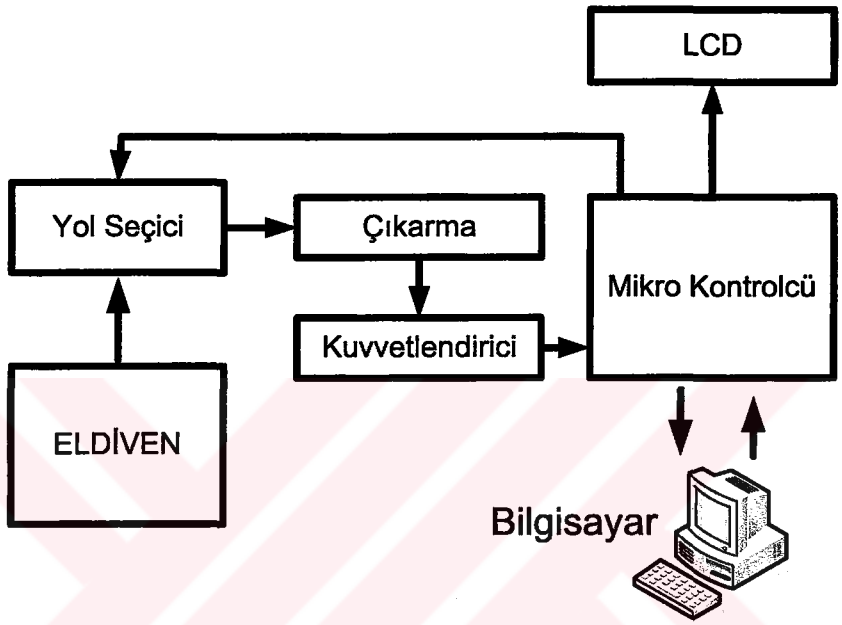
Giriş katmanı; giriş veri gruplarının ağa sunulduğu terminallerdir. Bu katmanda nöron sayısı, giriş veri sayısı kadardır ve her bir giriş nöronu bir veri alır. Burada veri işlenmeden bir sonraki katman olan gizli katmana geçer.

Gizli katman; ağın temel işlevini gören katmandır. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla gizli katman bulunabilir. Gizli katman sayısı ve katmandaki nöron sayısı, probleme göre değişir, tamamen ağ tasarımcısının kontrolündedir ve onun tecrübesine bağlıdır. Bu katman; giriş katmanından aldığı veriyi probleme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki katmana iletir. Bu katmanda gereğinden az nöron kullanılması giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine sebep olur. Aynı şekilde gerektiğinden daha çok sayıda nöron kullanılması durumunda da aynı ağda yeni tip veri gruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkar.

Çıkış katmanı; ağının en uç katmanıdır. Gizli katmandan aldığı veriyi ağın kullandığı fonksiyonla işleyerek çıkışları verir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu katmandan elde edilen değerler yapay sinir ağının söz konusu problem için çıkış değerleridir.

3. ELDİVEN ARAYÜZÜ İLE İNSAN MAKİNE ETKİLEŞİMİ UYGULAMASI

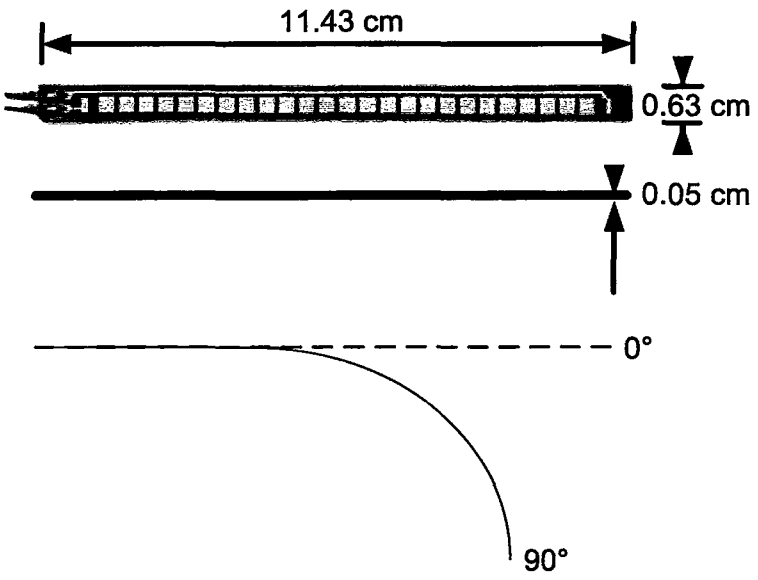
Elin hareketlerini mikro denetleyici yardımıyla bilgisayara aktarmak için sensör bilgileri Şekil 3.1'de gösterilen ön işlemlere tabii tutulur. Mikro denetleyicinin iki ana görevi vardır. Birincisi sensör bilgilerini alıp bunları bilgisayara ulaştırmak ikincisi ise bilgisayardan gelen bilgileri LCD aracılığı ile kullanıcıya ulaştırmak. Verilerin bilgisayara aktarımı kadar verilerin bilgisayarda işlenmesi ve yorumlanması da önemlidir.



Şekil 3.1 Uygulaması yapılan insan makine arayüzünün donanım mimarisi

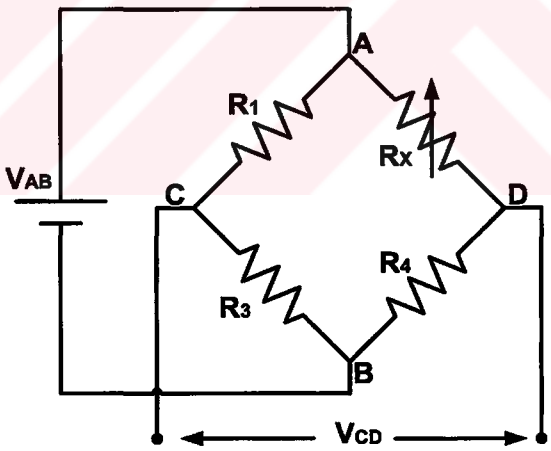
3.1 Arayüz için kullanılacak olan eldiven

Eldivenin yapılmasında en önemli konu kullanılacak sensörlerin belirlenmesidir. Çünkü donanımdan yazılıma her şey bu sensorlerin yapısına ve verdikleri çıkış türüne göre hazırlanacaktır. Eldiven projesinde sensörler parmakların üzerine yerleştirileceği için hafif ve küçük olmalıdır. Uygulamada, bağlantı noktalarındaki açı değişimlerini ölçmek için öncelikle mekanik yöntemler denenmiştir. Ana düşünce parmakların açılıp kapanma durumunda üst yüzeydeki toplam uzunluğun değişiminin kullanılmasıdır. Bu tür mekanik yöntemlerden sağlıklı bir sonuç alınamamıştır. Elin esnek yapısı mekanik sistemin kararlı çalışmasını engellemiştir. Bu yüzden esneklikle direnci değişen sensör olan flex sensör kullanılmıştır.



Şekil 3.2 Flex sensörün fiziksel özellikleri

Şekil 3.2' de ölçüleri görünen flex sensör değişken bir direnç gibi çalışır. Direnç değeri sensörün bükülme miktarı ile lineer olarak bağlantılıdır. Hiç bükülme yokken 10 KOhm olan direnç değeri, açı arttıkça 35- 40 KOhm değerlerine ulaşır.



Şekil 3.3 Wheatstone köprüsü

Direnç değerindeki bu değişimi daha hassas ölçmek için Şekil 3.3'deki Wheatstone* köprüsü kullanılmıştır. Eğer iki koldaki dirençlerin değeri eşit ise çıkış uçları arasındaki gerilim farkı sıfır olacaktır. Dirençlerden bir veya daha fazlası değişirse çıkış uçları arasındaki oluşan gerilim(3.1) sıfırdan farklı değerler alır. Dirençlerde oluşan değişimle, orantılı olarak (3.2)

* Bu köprü Charles Wheatstone tarafından bulunmuştur.

değişen gerilim farkı sayesinde; direnç değişimi hakkında hassas bir bilgiye dolaylı yoldan ulaşmış oluruz.

$$V_{CA} = \frac{V_{AB}}{R_1 + R_3},\ V_{DA} = \frac{V_{AB}}{R_X + R_4} \tag{3.1}$$

$$V_{ÇIKIŞ} = V_{CD} = V_{CA} - V_{DA} = \frac{V_{AB}}{R_1 + R_3} - \frac{V_{AB}}{R_X + R_4} = V_{AB}\frac{(R_X + R_4) - (R_1 + R_3)}{(R_1 + R_3)(R_X + R_4)} \tag{3.2}$$

Eldiven yapımı için malzeme seçiminde yumuşak ve elin hareketlerini çok fazla engellemeyen bir eldiven seçilmiştir. Yumuşak ve kumaş bir eldiven seçilmesi sayesinde sensörler eldivenin üzerine dikiş ile tutturulabilir. Elin açılıp kapanması durumunda sensörlerin o bölgede az da olsa hareket edebiliyor olması gerekir çünkü eklemlerin kapanmasından dolayı toplam uzunluk artacaktır. Sensörler hareket edemezlerse hasar görebilirler ayrıca elin hareketi de bu gerginlikten dolayı zorlaşacaktır. Şekil 3.4'de yapılan bağlantı sayesinde sensör rahatlıkla kendisi için ayrılan bölgede hareket edebilir.

Şekil 3.4 Flex sensörün montaj şekli

Ayrıca silikonla tutturma gibi metotlar uzun vadede, yerleştirilen bölgenin çok yönlü hareket edebilmesinden dolayı, sorun çıkaracaktır. Ayrıca sonradan yapılması gerekebilecek bir değişikliğe imkân sağlamayacaktır.

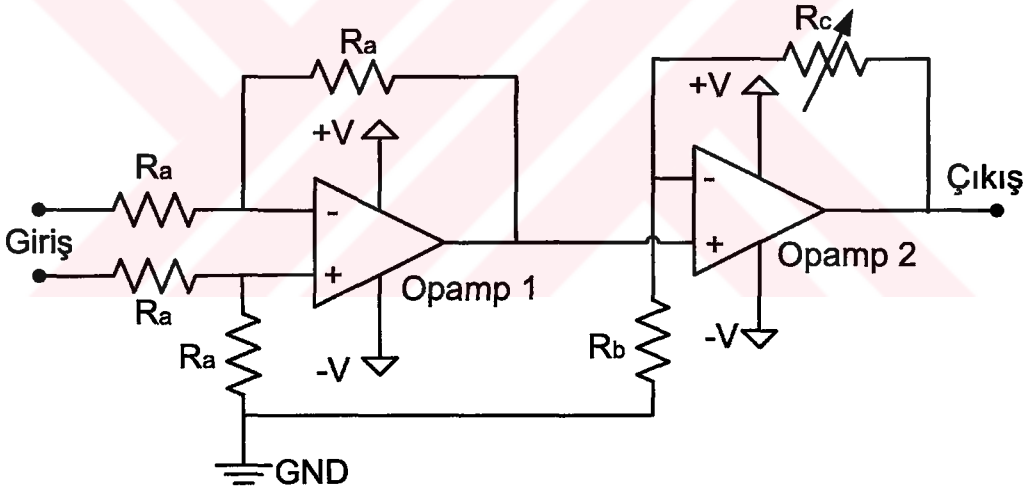
Sensörün çeşidi ve bağlantının nasıl yapılacağını belirledikten sonra en önemli konu yerleştirilecek noktaların belirlenmesidir. İkinci bölümde incelendiği üzere elin fiziksel yapısı karmaşıktır. Tüm noktalardaki durumları kontrol etmek gereksiz ve maliyetlidir. Etkin olarak kullanılan başparmak, işaret parmağı ve orta parmaktaki MBN, DIBN, PIBN'lerin açıları bizim için önemlidir. Amaca yönelik olarak yapılan ve parmakların açılması, kapanması temeline dayalı olan bu modelleme elin birçok hareketini algılayamayacaktır. Yapılan kabullenmede; yüzük ve serçe parmağı modellenmemiştir ayrıca en karmaşık parmak olan başparmak modellenirken sadece tek bir nokta temel alınmıştır.

DIBN'nin açısı PIBN'nin açısındaki değişiminden etkilendiği için ayrıca bir ölçüm

gerekmeyecektir. MBN ve PIBN deki açı değişimlerinin parmağın durumunun belirlenmesi için yeterli olacaktır her eklem için bir tane olacak şekilde her parmak için iki tane sensör kullanılmıştır. Ama buradaki sorun bağlantı noktalarının birbirleri arasındaki uzaklığın 5-6 cm civarında olmasıdır. Flex sensörlerin uzunlukları bu mesafeler için uzundur ve sadece eklemlerin üzerine gelecek şekilde yerleştirilmesinin imkânı yoktur. MBN için bağımsız bir sensör yerleştirilebilir fakat PIBN için yerleştirilecek sensör MBN' deki değişimlerden de etkilenecektir. MBN' deki değişim tek başına ölçülebilindiği için bu iki bilgiden PIBN' deki açı değişimine ulaşılabilir.

3.2 Kuvvetlendirici ve yol seçici devreleri

Şekil 3.5'deki ilk Opamp girişten gelen sinyallerin farkını alır. Bu sayede köprü devresindeki gerilim farkı bulunmuş olur. İlk Opamp bir kuvvetlendirme işlemi yapmaz, kuvvetlendirme işlemi ikinci Opamp da yapılır ve çıkış gerilimi kuvvetlendirerek ADC için uygun hale getirir. Bu kuvvetlendirme R_c/R_b kadardır.



Şekil 3.5 Çıkarma ve kuvvetlendirici devre

Eldivende beş tane flex sensör kullanılmıştır. Her bir flex sensör için; Wheatstone köprüsü, çıkarma ve kuvvetlendirme devreleri gerekmektedir ayrıca sensör sayısı kadar ADC' ye de ihtiyaç vardır. Bu uygulamada aynı tip devreden sensör sayısı kadar kullanılması yerine bir tane kullanılarak sorun çözülmüştür. Analog yol seçici (multiplexer) yardımıyla gelen sinyaller sıra ile bu işlemlere tabii tutulmuştur. Bu işlem sayesinde;

- Her sensör için ayrı ayrı köprü karşılaştırma ve kuvvetlendirme devresine gerek kalmamıştır.

- Hem devrenin boyutunun, hem de maliyetinin azalmasına sebep olmuştur.
- Kalibre işlemi genel bir hal almıştır. Bu işlemin doğurabileceği eksiklikler yazılımla giderilmiştir.

Tüm verilerin seri hale getirilmesi sistemi yavaşlatmamıştır. Çünkü analog yol seçicinin maksimum çalışma frekansı, örnekleme frekansından hızlı olduğu için sistemin çalışmasında bir yavaşlama olmamaktadır.

3.3 Mikro denetleyicinin donanım ve yazılımı

Donanımda; mikro denetleyicinin seçimi çok önemlidir. Uygulamadaki ihtiyaçlar belirlendikten sonra mikro kontrolünün seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada önemli kriterler; seçilen mikro denetleyicinin dâhili olarak ADC, PWM, USART modüllerini bulundurmasıdır.

Çalışmada Microchip firmasının ürettiği PIC ailesi, RISC mimarisine sahip mikro denetleyiciler gerek maliyet, gerek programlanmasının kolay olmasından dolayı tercih edilmiştir. PIC 16F877 yapılan arayüzün beynini oluşturmaktadır. Bu mikro denetleyici bizim ihtiyaçlarımızı tam olarak karşılayabilmektedir. Bu ürünün bazı teknik özellikleri;

- Çalışma hızı DC olarak 20 Mhz (200 ns)
- Program belleği 8k*14 FLASH
- 256x8 byte EEPROM veri belleği
- 368x8 byte veri belleği (RAM)
- 40 Bacaklı ve 33 adet giriş çıkış sağlayabiliyor.
- 8 kanallı 10 bitlik referansı ayarlanabilir ADC
- Zamanlayıcı, sayıcı
- PWM, Yakalama ve karşılaştırma.
- SPI, I2C Haberleşme modülleri
- 8 bit paralel uydu port harici kontrol uçları
- 9 bit adresli USART/SCI

Denetleyici kristal ve birkaç ek malzeme ile kolayca çalışır hale getirilebilir. A Portu ayarlanarak 8 adet analog giriş (ADC) için de kullanılabilir. Bu uygulamada Port A'nın 0. ucu ADC için kullanılmıştır. Bu uçtan toprağa bağlanan zener diyot ise; gerilimin 5 V' un yukarısına çıkıp denetleyiciye zarar vermesini engellemek içindir.

Mikro denetleyicilerde bilgisayarlar gibi programlar olmadan çalışmazlar. Bu programlar

makine dilindedir fakat derleyici dediğimiz programlar yardımıyla direk makine dili kullanımı zorunlu değildir. Bu çalışmada, mikro denetleyicilerin kodları gelişmiş bir dil olan C ile yazılmıştır; kodun oluşturulması, anlaşılması ve takibi kolaylaşmıştır. Derleyici yazılan C kodunu seçilen denetleyiciye göre makine diline çevirir. Bu esneklik programlara bağımsızlık kazandırır ama hafızada kapladığı alanı da artırır.

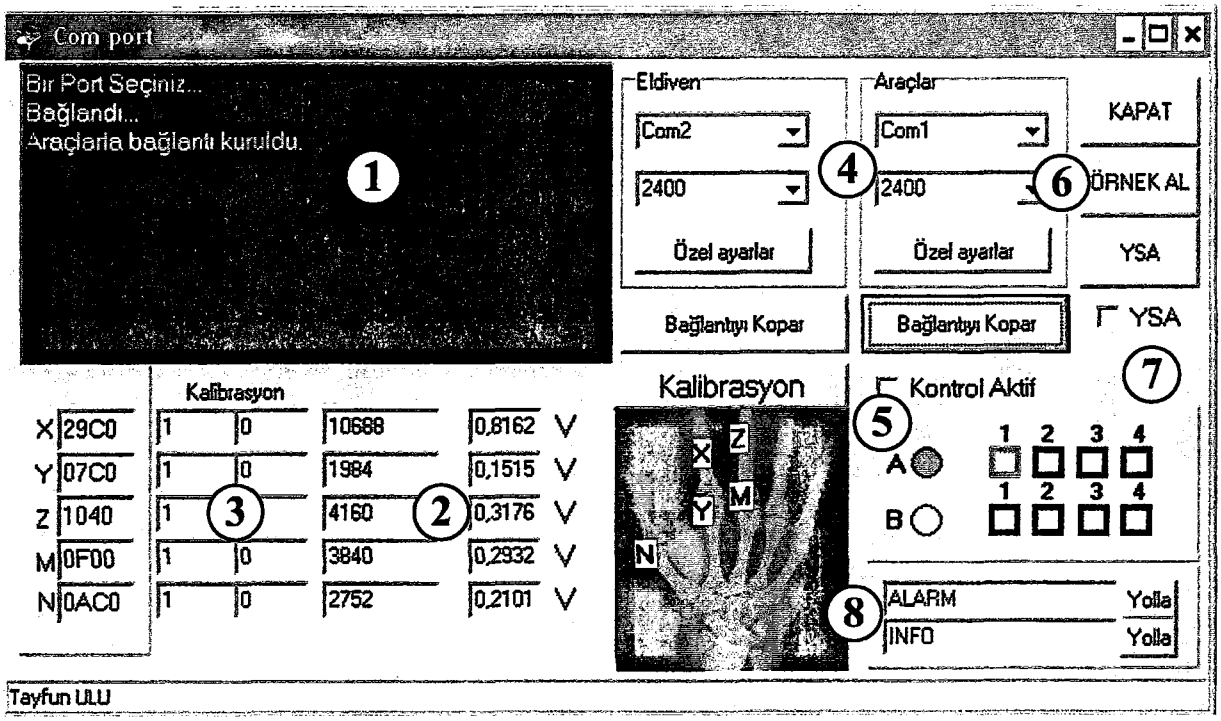
Ek 1' deki C ile yazılmış programı mikro denetleyicinin hafızasının yaklaşık %20 sini kaplamaktadır. Programda öncelikle kesmeler, PWM ve USART modülleri ayarlanmaktadır ve LCD'nin sürülmesi yapılmaktadır. Program sonra sonsuz bir döngü içinde yol seçici yardımı ile sensörlerden gelen 10 bitlik ADC verilerini okur ve yedekler. Döngünün sonunda seri haberleşme ile bu bilgileri karşı tarafa kontrolsüz olarak yollar. Hiçbir kesme gelmezse program sonsuz döngü içinde bu işlemlere devam edecektir. Bu sonsuz döngüyü kesecek iki tip kesme vardır. Birincisi karşı taraftan mesaj gelme durumudur. Program seri yoldan bir bilgi geleceğini anlar ve gelen bilgiyi dinlemeye başlar. Mesaj bittikten sonra gelen mesaj LCD'nin ekranına yazdırılır ayrıca gelen mesaj bir alarm mesajı ise ekstradan sesli bir uyarıda verir ve asıl görevi olan örneklemeye devam eder.

3.4 Bilgisayarda hazırlanan arayüzün özellikleri

Yazılım, nesle yönelimli bir dil olan C++ la yazılmıştır. Kütüphaneler dâhil yaklaşık 7500 satırdan oluşan program modüler olarak tasarlanmıştır ve şu ana görevleri vardır.

- Seri haberleşme portunu sürekli olarak dinler.
- Gelen sensör bilgilerini alır ve bu bilgileri işler.
- İstenirse bu veriler kullanarak çevre birimlerinin kontrolü yapılır.
- İstenirse bu verileri YSA ile yorumlayarak bağlantı noktalarının açılarını belirler

Seri portun sürekli olarak takip edilmesi gerekir bu iş bir döngü ile yapılırsa programın başka işleri yapması güçleşecektir. Bu sorun ana programın içinde ufak iş parçaları(thread) denilen alt programlarla yardımıyla çözülebilir. Bu alt programlar; bağımsız programlar gibi sürekli olarak kendilerine verilen işi yaparlar ve ana programın daha hızlı çalışmasını sağlarlar ayrıca bu metot sayesinde program daha az sistem kaynağı harcayacaktır.



Şekil 3.6 Ana programın görünümü

1) Bilgi ekranı

Bu bölge sayesinde kullanıcı yapılmış işlemleri geriye dönük olarak takip edebilir. 2 nolu bölümde sensörlerin kalibre edilmiş değerleri tam sayı olarak ve gerilim farkı olarak gösterilmektedir.

2) Eldivenden gelen kalibre edilmiş veriler

3) Kalibrasyon sabitleri

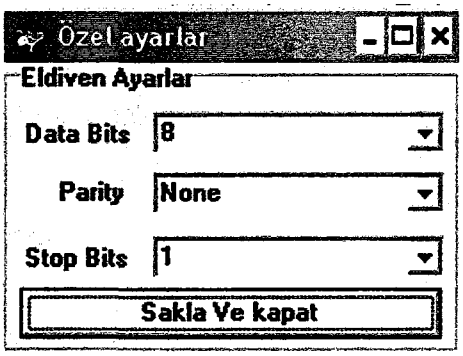
Sensörlerden gelen veriler donanımla kalibre edilmediği için bu işlem yazılımla yapılmaktadır. Kalibrasyon işlemi için elin tam açık ve tam kapalı olduğu anlardaki sensör değerleri kullanılmaktadır. Bu sayede sensörlerin ölçümünde yapılan genellemenin negatif etkileri azaltılmıştır. Elin açık olma durumundaki n sensörünün değeri minimum, elin kapalı olduğu durumdaki değer ise maksimum olarak kabul edilir. (3.3)'de n sensörü için kalibrasyon işleminin formülü gösterilmiştir. A değeri ise ADC'nin döndüreceği maksimum değer olan 65,472 alınmıştır.

$$K_n = (F_n - \min\{F_n\})\frac{\max\{F_n\}}{A} \tag{3.3}$$

4) Seri haberleşme ayarları

Kullanıcı kendi bilgisayarının ve uygulamasının ihtiyaçlarına göre programda ayar

yapabilmektedir. Kullanıcı eldiveni ve çevre birimlerini hangi seri haberleşme portuna takacağını ve hangi hızda bağlanacağını Şekil 3.6' daki 4 nolu işaretin olduğu yerden yapabilir. Ayrıca protokolün kullandığı gelişmiş ayarlar "Özel ayarlar" (Şekil 3.7) bölümünden değiştirilebilir.



Şekil 3.7 Bağlantı için özel ayarlar

5) Kontrol Arayüzü

Program, istenildiği zaman çevre birimlerini kontrol etmek için bir arayüz olarak çalıştırılabilir. Programda örnek olarak iki adet çevre birimi için hazırlanmıştır. Her çevre biriminin dört fonksiyonu olduğu düşünülmüştür. Arayüz yardımıyla bu fonksiyonlar açık veya kapalı duruma getirilebilir. Yazılım öncelikle hangi çevre birimine komut gönderdiğini belirten adres satırını yollar. Bundan sonra gelecek komutları sadece o çevre birimi dinleyecektir. Çevre birimi seçildikten sonra fonksiyonun kodu ardından da fonksiyonun parametresi yollanır. Bundan sonrası çevre ünitesinin görevidir. Örneğin A kodlu çevre birimi evin ışık sistemini kontrol ediyorsa; kullanıcı eldiven arayüzü aracılığı ile önce A kodlu çevre birimine gelir, istediği odayı seçer sonra göndereceği parametre ile ışığın durumunu değiştirir.

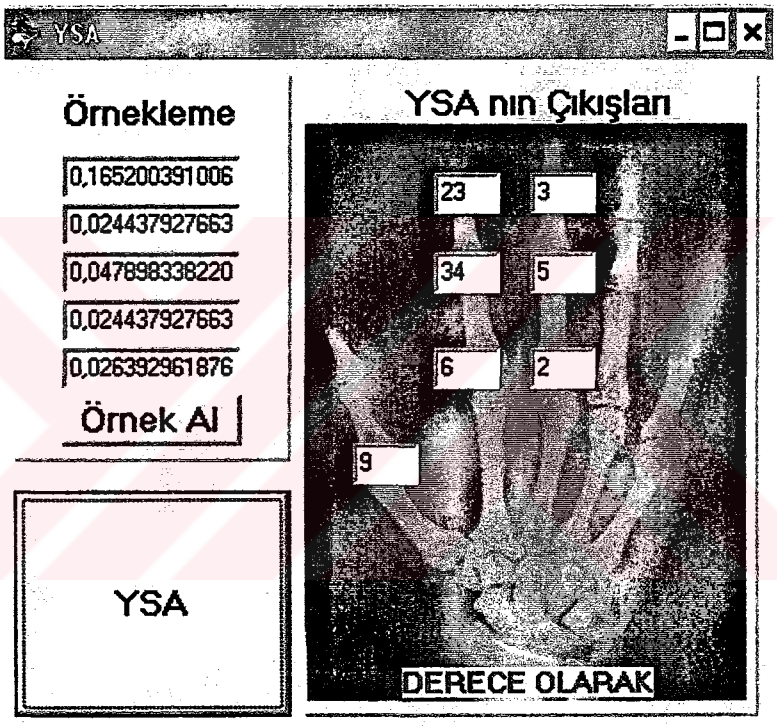
Kontrol modülü aktifken üç parmağın hareketleri dikkate alınır. Başparmak çevre birimleri arasında geçiş yapmaya yarar; başparmağın her kapanıp açılması programın bir sonraki çevre birimine geçer, işaret parmağının açılıp kapanması ile fonksiyonlar arasıda geçiş sağlanır. Ortaparmağın açılıp kapanması ile fonksiyonun parametresi belirlenir ve çevre birimine komut gönderilir. Tüm bu işlemler süresinde kullanıcı süreci bilgisayar ekranından takip edebilir. Ayrıca kullanıcın bilgisayardan bağımsız olarak çalışabilmesi için yapılan işlemler eldivenine bilgi mesajı olarak da gönderilir. Bu sayede kullanıcı verdiği komutların doğru algılandığından emin olur. İnsan makine iletişimi iki taraflı olarak sesli ve görsel olarak sağlanmış olur.

6) Örnekleme

Örnekleme kısmında, eldivenden gelen sensör verileri ve tahmini açı değerleri başka bir dosyaya aktarılmaktadır. Bu sayede başka programlar ile bu veriler işlenebilir. Bir standardın sağlanabilmesi için tüm veriler 0 ile 1 arasına gelecek şekilde normalize edilmiştir.

7) YSA ile verilerin yorumlanması

Bu modül iki şekilde çalışabilir. İlk metotta, örnekleme modülünde olduğu gibi sistemden örnek alınır ve YSA'nın bu verileri yorumlaması istenir ve kullanıcı bu veriler üzerinde değişiklik yapabilir(Şekil 3.8). İkinci metotta ise sistem sürekli olarak çalışır. Gelen veriler hazırlanan YSA ile yorumlanır ve sonuçlar ekranda gösterilir.



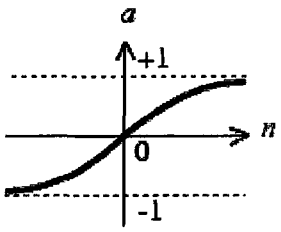
Şekil 3.8 Ana programın YSA modülü

YSA'nın ağırlıkların bulunması işlemi dışarıdan yapılmaktadır. Programda bir eğitim işlemi yapılmaz, örnek alma modülü sayesinde elde edilen veriler harici programlarda eğitim işleminde kullanılır. Programa ağın yapısını ve ağırlıkları bir nesle olarak dışarıdan alır. Bu sayede uzman bir kullanıcı veya programcı istediği zaman farklı bir ağ kullanabilir.

Bu çalışmada, öncelikle giriş ve çıkış katmanlarındaki nöronların sayılarına karar verilmiştir. Beş farklı sensör verisi olduğu ve beş tane çıkış istendiği için ağın giriş ve çıkış katmanlarında beşer tane nöron kullanılmıştır. Gizli katmanda ise 50 tane nöron

kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sürekli bir fonksiyon olan hiperbolik tanjant fonksiyonu (tanjant sigmoid) kullanılmıştır(3.4). Bu fonksiyon Şekil 3.9'da gösterildiği üzere -1 ile +1 arasında değişmektedir. Bu fonksiyonun en önemli özelliği türetilebiliyor olmasıdır.

$$\varphi(n) = \tanh(n) = \frac{2}{1+e^{-2n}} - 1 \tag{3.4}$$



Şekil 3.9 Hiperbolik tanjant fonksiyonu

Eğitim işleminde, ağırlıkların ve bias'ın güncellenmesinde Levenberg-Marquardt optimizasyon kuralı kullanılmıştır. Bu kuralın kullanılması için en önemli kural aktivasyon fonksiyonun türetilebilir olmasıdır. Çünkü güncelleme işleminde aktivasyon işleminin türevi kullanılmaktadır.

Oluşturulan ağın eğitim işleminde 40 adet 0 ile 1 arasında normalize edilmiş veri seti kullanılmıştır örnekleme miktarını artırarak verimin artırılması da mümkündür.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ikinci bölümde belirtilmiş olan bilgiler ışığında bir insan-makine arayüzü tasarlanmıştır. Tasarım yapılırken iyi bir arayüzde bulunması gereken özelliklerin göz önünde bulundurulmuştur. İnsan elindeki sekiz tane bağlantı noktasındaki veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamında YSA ve klasik mantık ile bu veriler analiz edilmiştir.

Hazırlanan donanım kararlı bir şekilde çalışmaktadır. Yol seçici kullanılması, devrenin boyutunu ve maliyetini azaltmıştır ayrıca çalışma hızını da yavaşlatmamıştır. Ölçümler daha da hassas duruma getirilmek istenirse daha kaliteli devre elemanları kullanılmalıdır. Devrenin çalışma hızı ve yapısından dolayı her ölçüm bir sonraki ölçümü az da olsa etkilemektedir. Bu sorun; tüm verilerin aynı Opamplarda işleniyor olmasından kaynaklanmaktadır.

Donanımın kurulumundan önce sistem bilgisayar ortamında gerçeklenmiştir. Yazılımın geliştirilmesine simülatör üzerinde başlanmıştır. Dolayısıyla, donanım ve yazılımdaki değişiklikler çok daha hızlı yapılabilmiştir. Devre gerçeklendiği zaman yazılımda bir sorun oluşmamıştır ancak donanımsal sorunlar görülmüştür. Bu sorunlar; sensörlerin ve devre elemanlarının hassas değerlerde olmamasından kaynaklanmıştır. Özellikle uygulamanın kalbi olan sensörler birbirlerinden farklı karakteristik özellikler göstermişlerdir. Bu bozucuların, sistemin geneli üzerindeki etkileri eklenen ayarlanabilen dirençlerle ve yazılımla telafi edilmiştir.

Simülasyon üzerinde çok başarılı olan klasik mantık tahmin edilemeyen karakteristik özelliklerden dolayı gerçek uygulamada bu başarısını sürdürememiştir. Hazırlanan YSA'nın eğitiminde de bu bozucu etkiler mevcut olduğundan ve YSA'nın hataya toleransı olması sayesinde klasik mantığa göre uygulamada daha verimli çalıştığı görülmüştür. Ayrıca YSA kullanılması sayesinde farklı kullanıcıların sistemi kullanmasından dolayı oluşabilecek hataların önüne de geçilmiş olur. Bu hatalar herkesin elinin fiziksel yapısının farklı olmasından kaynaklanır. YSA'nın eğitiminde kullanılacak veri miktarı ve çeşitliliği bu sebeplerden dolayı çok önemlidir. Örneklemenin miktarı ve çeşidi artıkça sistemin verim de artacaktır.

Kontrol ünitesi ile istenilen sayıda uç üniteye, istenilen sayıda kontrol parametresi gönderilebilir. Standart bir otomasyon uygulamasında kullanabilineceği gibi felçli insanlar için özelleştirilip de kullanılabilir. Sadece el hareketleri ile evdeki tüm elektronik cihazları kontrol edebilir. Örneğin başparmağını hareket ettirerek telefonu seçebilir. Sonra işaret parmağı ile rehberden istediği numarayı seçer en son olarak da ortaparmağı ile arama işlemini

yapabilir.

Uç birimler de hazırlanan yazılımlar tamamen ana sistemden bağımsız düşünülmektedir. Ana sistem yapılması istenen komutu ilgili uç birime iletir. Geri kalan tüm işlemlerden uç birim sorumludur. Gerekiyorsa uç birimler dışarıdan ölçüm yaparak verilen komutlara uygun karar da verebilir. Uç birimlerin ana yazılımdan ayrı tutulması sayesinde sisteme ekleme yapmak çok kolaydır.

Çalışmanın eksik kalan yönleri; hazırlanan eldiven arayüzü bilgisayara kablo ile bağlanmaktadır. Bu da kullanıcının çalışma alanını kısıtlamaktadır. Bir ev otomasyonu için mantıklı bir çözüm değildir. Eğer yapılan arayüz bilgisayarla radyo frekansları ile haberleşebilirse kullanıcı tamamen ortamdan bağımsız olacaktır. Bu işlemin olması için güç kaynağında ve donanımda da değişiklikler yapılmalıdır. Devre taşınabilir değildir, devre yüzey montaj şeklinde hazırlanırsa bilek kısmını yerleştirilebilir. Bu sayede kullanıcıyı kısıtlamayan tamamen ergonomik bir arayüz yapılmış olur.

Ayrıca elin uzay üzerindeki konumu bu proje kapsamında ele alınmamıştır. Bu işlem mekanik bir düzenek ile yapılabileceği gibi görüntü işleme teknikleri ile de yapılabilir. Elin üzerine yerleştirilen bir işaret iki tane kamera ile takip edilirse elin uzaydaki konumu da kesin olarak belirlenebilir.

KAYNAKLAR

Aydın, A.O., Kurt, M., (2002) "Bilişim Ergonomisi" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 17, No 4, 93 - 114, 2002

Bebis, G., Haris, F., Erol A., Yi B., (2002) "Development of a Nationally Competitive Program in Computer Vision Technologies for Effective Human-Computer Interaction in Virtual Environments", Space Grant/EPSCoR Annual Meeting, University of Nevada Reno, Nov. 7, 2002

Estebon, M.D., (1997) "Perceptrons: An Associative Learning Network", Virginia Tech CS 3604, Spring 1997

Fels, S.S., Hinton, G.E., (1993) "Glove-Talk: a Neural Network Interface Between a Data-Glove and a Speech Synthesizer", Neural Networks, IEEE Transactions on, Volume: 4, Issue: 1, Jan. 1993 Pages:2 – 8

Johannsen, G., (1994), "Design of Intelligent Human-Machine Interfaces", Robot and Human Communication, 1994. RO-MAN '94 Nagoya, Proceedings., 3rd IEEE International Workshop on , 18-20 July 1994 Pages:18 – 25

Karlsson, N., Karlsson, B., Wide, P., (1998) "A Glove Equipped with Finger Flexion Sensors as a Command Generator Used in a Fuzzy Control System", Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on , Volume: 47 , Issue: 5 , Oct. 1998 Pages:1330 – 1334

Mascaro, S., Asada, H.H., (1998) "Hand-in-Glove Human-Machine Interface and Interactive Control: Task Process Modeling Using Dual Petri Nets" , Robotics and Automation, 1998. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on , Volume: 2 , 16-20 May 1998 Pages:1289 - 1295 vol.2

Reed, P., Holdaway, K., Isensee, S., Buie, E., Fox, J., Williams, J., Lund, A., (1999), "User Interface Guidelines and Standards: Progress, Issues, and Prospects",Interacting with Computers, 12, 119-142.

Sturman, D.J., Zeltzer, D., (1994) "A Survey of Glove-Based Input", Computer Graphics and Applications, IEEE , Volume: 14 , Issue: 1 , Jan. 1994 Pages: 30 – 39

Tarchanidis, K.N., Lygouras, J.N., (2003) "Data Glove with a Force Sensor", Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on , Volume: 52 , Issue: 3 , June 2003 Pages:984 – 989

INTERNET KAYNAKLARI

[1] www.backpropagation.netfirms.com

[2] www.vrealities.com/glove.html

[3] www.eit.ihk-edu.dk/subjects/mmi

[4] www.smarthome.com/

EKLER

Ek 1 Mikro denetleyicilerin programları
Ek 2 Arayüz ve güç kaynağının devreleri
Ek 3 Arayüzün baskı devresi

Ek 1 Mikro denetleyicilerin programları

Arayüz devresinin C kodları (PIC 16f877)

```
/*                  ELDIVEN PROJESİ
                     ANA PROGRAM

                       TAYFUN ULU

*/
#include <16f877.h>
#device *=16 ADC=16
#fuses XT,NOLVP,NOWDT,PUT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=2400,PARITY=N,BITS=8,xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
#include <lcd.c>
#include <input.c>
#include <string.h>

#define lamba PIN_B7
#define acil PIN_B1
#define sabit 5

#byte PORTB  =  6

byte deger=50;
char yazi2[25]="SISTEM HAZIR", yazi1[25]="TAYFUN ULU";
char A[1] = 'A';
#INT_RDA
rda_isr(){          //Interrupt RDA

   strcpy(yazi2,yazi1);
   get_string(yazi1,25);

   printf(lcd_putc,"\f%S", yazi1);
   printf(lcd_putc,"\n%S", yazi2);

   if (!strncmp(yazi1, A,1))  {
      output_high(acil);
      set_pwm1_duty(22);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(78);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(55);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(78);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(35);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(200);
      delay_ms(100);
```

```
      set_pwm1_duty(180);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(163);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(55);
      delay_ms(100);
      set_pwm1_duty(127);
      delay_ms(100);
   }

   set_pwm1_duty(0);
   output_low(acil);
}

#INT_EXT
ext_isr(){
   lcd_send_byte(0,0x18);
}

#INT_RTCC         //Interrupt RTCC
clock_isr() {
   if (--deger==0){
      if (bit_test(PORTB,7)){
         output_low(lamba);
      }
      else{
         output_high(lamba);
      }
      deger=sabit;
   }
}

main() {
   long yedek;
   int sayi;
   char ornek;

   OUTPUT_E(0x01); // Yol seçici ayarlanıyor.

   // LCD Ayarlama
   lcd_init();
   delay_ms(6);
   printf(lcd_putc,"\f%S", yazi1);
   printf(lcd_putc,"\n%S", yazi2);

   // ADC MODULE AYARLAMA
   setup_adc_ports( ALL_ANALOG );
   setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );
   set_adc_channel(0);
```

```
    // TIMER0 MODULE AYARLAMA
    set_timer0(0);
    setup_counters( RTCC_INTERNAL, RTCC_DIV_256);
    enable_interrupts(INT_RTCC);
    enable_interrupts(INT_RDA);
    enable_interrupts(INT_EXT);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    // PWM MODUL AYARLAMA
    setup_ccp1(CCP_PWM);
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, 100, 1);
    set_pwm1_duty(0);

    printf ("OKEY\r\n");
    while(TRUE){

       yedek=read_adc(); // ADC değeri okunuyor.
       OUTPUT_E(0x01);  // Yol seçici ayarlanıyor.
       printf ("\r\nX:%LX",yedek); // RS232 den PC ye
         aktarılıyor

       yedek=read_adc(); // ADC değeri okunuyor.
       OUTPUT_E(0x02); // Yol seçici ayarlanıyor.
       printf (";Y:%LX",yedek); // RS232 den PC ye aktarılıyor

       yedek=read_adc(); // ADC değeri okunuyor.
       OUTPUT_E(0x03); // Yol seçici ayarlanıyor.
       printf (";Z:%LX",yedek); // RS232 den PC ye aktarılıyor


       yedek=read_adc(); // ADC değeri okunuyor.
       OUTPUT_E(0x04); // Yol seçici ayarlanıyor.
       printf (";M:%LX",yedek); // RS232 den PC ye aktarılıyor

       yedek=read_adc(); // ADC değeri okunuyor.
       OUTPUT_E(0x00); // Yol seçici ayarlanıyor.
       printf (";N:%LX\n",yedek); // RS232 den PC ye
         aktarılıyor
    }
}
```

Çevre birimlerinin C kodları (PIC 16f84)

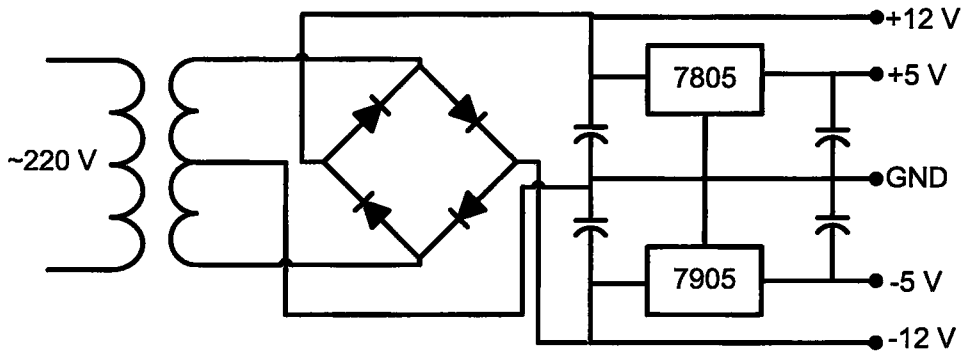
```
/*          Çevre Birimlerinin Programları
                  1. Çevre ünitesi

                        TAYFUN ULU

*/

#include <16f84a.h>
#fuses XT,NOWDT,PUT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=2400, PARITY=N,BITS=8, xmit=PIN_A2,
        rcv=PIN_A3, invert)
#include <input.c>
#include <string.h>

#define lamba PIN_A3
#define sabit 5

#byte PORTA  =  5

char yazi1[15],yazi2[4];

main() {
   OUTPUT_B(0x00);
   strcpy(yazi2,"PICA");
   while(TRUE)
   {
      get_string(yazi1,15);
      if (!strncmp  (yazi1, yazi2,4)){
         //printf("\r\ndedinki: %C\r\n",yazi1[4]);
         switch (yazi1[4]){
            case (49):
               //printf("birinci");
               if (yazi1[5]==49){
                  output_high(PIN_B0);
                }
                else{
                  output_low(PIN_B0);
                }
            break;
            case (50):
               //printf("ikinci");
               if (yazi1[5]==49){
                  output_high(PIN_B1);
                }
                else{
                  output_low(PIN_B1);
                }
```

```
                break;
                case (51):
                   //printf("ucuncu");
                   if (yazi1[5]==49){
                      output_high(PIN_B2);
                    }
                    else{
                      output_low(PIN_B2);
                    }
                   break;
                case (52):
                   //printf("dorduncu");
                   if (yazi1[5]==49){
                      output_high(PIN_B3);
                    }
                    else{
                      output_low(PIN_B3);
                    }
                   break;
            }

         }
         else{
         delay_ms(10);
         }

   }
}
```

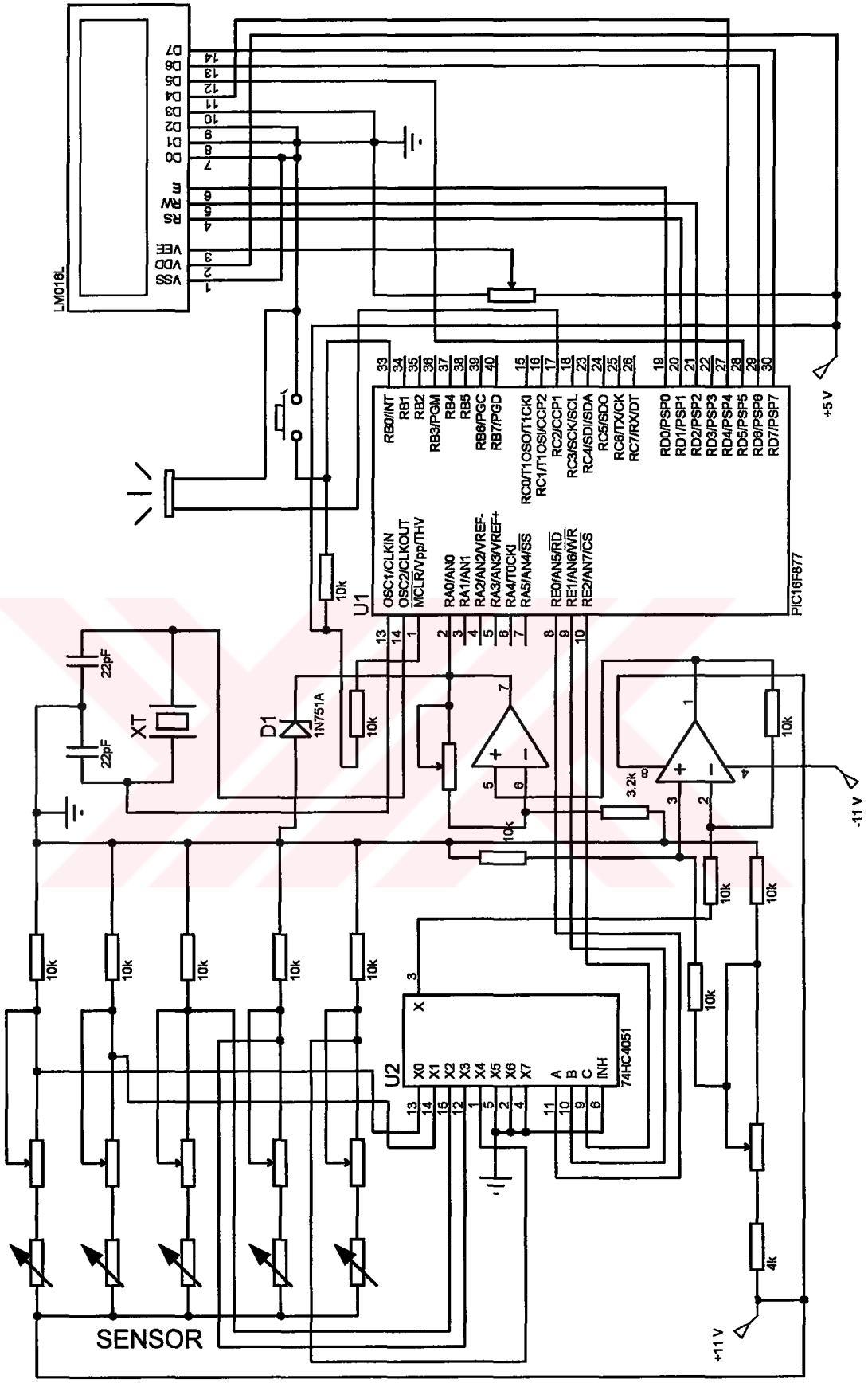
```
/*          Çevre Birimlerinin Programları
                  2. Çevre ünitesi

                        TAYFUN ULU

*/

#include <16f84a.h>
#fuses XT,NOWDT,PUT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=2400,  PARITY=N, BITS=8, xmit=PIN_A2,
        rcv=PIN_A3, invert)
#include <input.c>
#include <string.h>


#define lamba PIN_A3
#define sabit 5

#byte PORTA  =  5

char yazi1[15],yazi2[4];


main() {
   OUTPUT_B(0x00);
   strcpy(yazi2,"PICB");

   while(TRUE)
   {
      get_string(yazi1,15);
      if (!strncmp  (yazi1, yazi2,4)){
         //printf("\r\ndedinki: %C\r\n",yazi1[4]);
         switch (yazi1[4]){
            case (49):
               //printf("birinci");
               if (yazi1[5]==49){
                  output_high(PIN_B1);
                }
                else{
                  output_low(PIN_B1);
                }
            break;
            case (50):
               //printf("ikinci");
               if (yazi1[5]==49){
                  output_high(PIN_B2);
                }
                else{
                  output_low(PIN_B2);
                }
```

```
                break;
                case (51):
                   //printf("ucuncu");
                   if (yazi1[5]==49){
                      output_high(PIN_B4);
                    }
                    else{
                      output_low(PIN_B4);
                    }
                   break;
                case (52):
                   //printf("dorduncu");
                   if (yazi1[5]==49){
                      output_high(PIN_B5);
                    }
                    else{
                      output_low(PIN_B5);
                    }
                   break;
            }

         }
         else{
         delay_ms(10);
         }

   }
}
```

Ek 2 Arayüz ve güç kaynağının devreleri

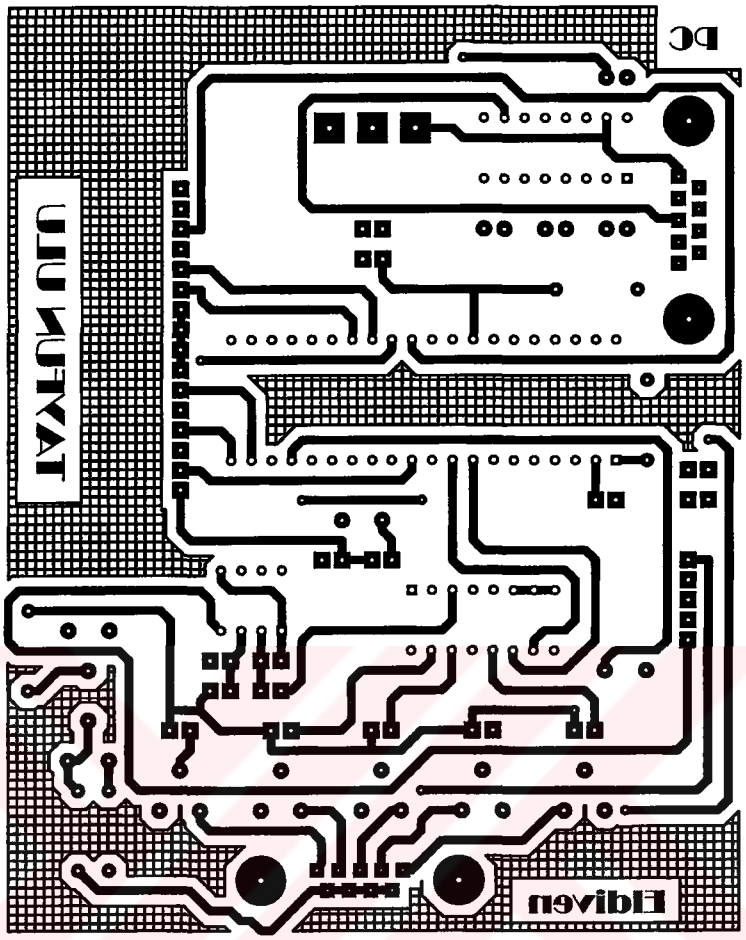


Şekil Ek 2.1 Simetrik güç kaynağı

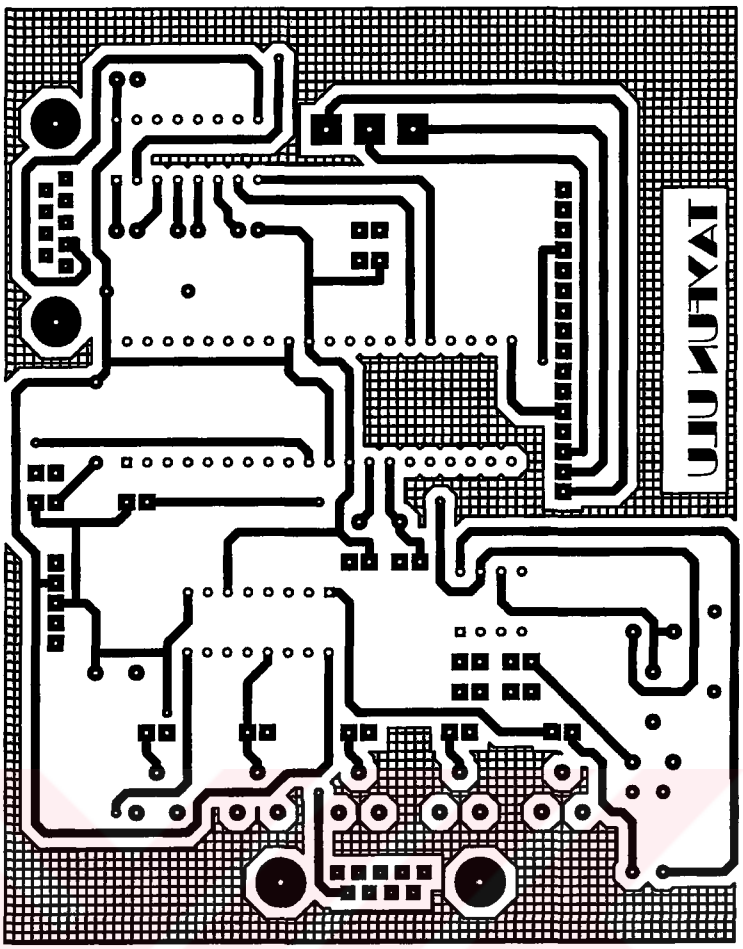


Şekil Ek 2.2 Arayüz devresi

Ek 3 Arayüzün baskı devresi



Şekil Ek.3.1 Baskı devrenin ön yüzü



Şekil Ek.3.2 Baskı devrenin arka yüzü

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.09.1980	
Doğum yeri	Karabük	
Lise	1994-1997	50. Yıl Tahran Lisesi
Lisans	1997-2002	Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Fak. Elektrik Müh. Bölümü
Çalıştığı kurum		
	2000-2001	Akdeniz Sigorta A.Ş.