T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI BİR UZMAN SİSTEM TASARIMI

Adnan Fatih KOCAMAZ

Doktora Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR

İkinci Danışman: Prof. Dr. Murat DİKMENGİL

EDİRNE 2012

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI BİR UZMAN SİSTEM TASARIMI

Adnan Fatih KOCAMAZ

Doktora Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez…….. 2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.	Prof. Dr.	Doç. Dr.
Erdem UÇAR	Levent ÖZTÜRK	H. Hüseyin BALIK
Jüri Başkanı (Danışman)	Üye	Üye

Doç. Dr.	Doç. Dr.
Yılmaz KILIÇASLAN	Tahir ALTINBALIK
Üye	Üye

ÖNSÖZ

Yapay zekâ kavramı bilgisayar bilimleri kavramı ile anılmaya başlayan bir kavramdır. Yapay zekâ uygulamalarıBilgisayarlar "aptal makineler" olmaktan çıkaracak ve onları düşünen ve karar verebilen makinalar haline getirmeye çalışmaktadır. Zekanın en temel unsuru ise öğrenmedir. Makine öğrenmesi kavramı yapay zeka uygulamalarının esas dayanağıdır.

Bu kavramlar bilgisayar bilimleri içerisinde uzun yıllardaır geliştirilmekte ve farklı alanlara uygulamaya başlanmaktadır. Gün geçtikçe makine öğrenmesi kavramı yeni yazılımlara girmektedir. Bu tez konusunda ise makine öğrenmesi insandan alınan yaşamsal veri ve parametrelerin değerlendirilmesi ve yorumlanması amacı ile kullanılmıştır.

Son yıllarda Tıp alanındaki gelişmeler sadece tanı ve tedavi süreçlerinin seyrinden oluşmamaktadır. Biyogenetik, biyoinformatik gibi bilim dallarının yaygınlaşması ile artık bilgisayar teknolojileri Tıp alanına sadece veri kaydetmek için değil teşhis ve tedavide birincil örüntü (pattern) bulma unsuru haline gelmiştir.

Bu çalışma, tıp dünyasının artık varlığını kesin olarak kabul ettikleri ve kullanımı ve gün geçtikçe artan tele tıp alanında yapılmıştır. Bu çalışma ile herhangi bir kişiden sensörler ve dönüştürücüler vasıtasıyla alınan ve işlenen verileri GPRS alt yapısını kullanarak sunucu tarafındaki yazılıma iletilebilir. Alınan veriler "makine öğrenmesi" yöntemleriyle eğitim verisi olarak kullanılarak öğrenme işlemi sağlanabilir. Bu sayede kişinin durumu hakkında sistemin karar vermesi hedeflenmektedir. Geliştirilen uzman sistem birçok alanda uygulanabilir. Tez çalışmasında ise örnek uygulama alanı olarak kalp hastalarının uzaktan takibi ve izlenmesi konusu ele alınmıştır.

Tez uygulaması tele tıp gibi geniş bir alan olduğu için konularda kablosuz haberleşme, GSM, GPRS, internet, pletismogram sinyalleri, tıp bilişimi, tele tıp,

uygulamalarına kadar geniş ve farklı konulara doktora tezi konuları içerisinde değinilmiştir.

Bu tezde öncelikle tezin dayandığı ana başlık olan “makine öğrenmesi” konusu anlatılmıştır. 3. konuda kişiden alınan verilerin iletim ortamı olan GPRS mimarisi ve temel konuları anlatılmıştır. 4. konuda tez konusunun temel prensipleri anlatılmıştır. 5. konu ise tezin uygulama alanı olan “teletıp” ve “tıp bilişimi” konularını anlatmaktadır. 6. konuda ise tezin uyuglama alanında yapılan tüm donanımsal ve yazılımsal konular detayları ile anlatılmıştır. 7. konuda ise tezin ve uygulamanın tamamının sonuçlarının değerlendirildiği bölüm bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve Doktora eğitimim boyunca her türlü fedakârlıkla eğitimime destek veren ve vermeye de devam eden, beni yönlendiren ve her zaman hocam olmaya devam edecek olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR'a, tez ismi ve içeriği oluşturulmasında verdiği fikirler ile ikinci danışmanım Prof. Dr. Murat DİKMENGİL'e, tez yazılım konusundaki desteği ve doktora projemin tam bir ürün haline gelmesinde büyük emeği olan samimi arkadaşım Fatih AYDIN'a web tabanlı uygulama yazılımı ve tez konularını yazımımdaki katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca tüm akademik kariyerim boyunca her zaman yanımda olan ve desteğiyle akademik çalışmalarımı bitirmemde çok büyük emeği bulunan eşim Zehra Betül KOCAMAZ' a çok teşekkür ederim.

ÖZET

Bilişim sözcüğü, bilgi ve iletişim sözcüklerinden türetilmiştir ve bilginin anlamlı bir formatta dolaşımını ve paylaşımını ifade etmektedir. Bilişim alanları içerisinde yer alan tıp Bilişimi ise son yılların en popüler bilim uygulama alanları arasında yer almaktadır.

Yapılan bir araştırmaya göre ev bilgisayarlarında en belirgin artış sıralamasında Türkiye ilk beşe girmektedir. İnternet kullanımı açısından Türkiye, ülke bazında en hızlı gelişen ülkelerdendir. İnternet hayatın her alanına girdiği gibi tıp alanına da girmiştir. Tele tıp uygulamaları ile hastaların tıbbi görüntüleri ve laboratuar analizleri gibi anlık olmayan veriler dijital olarak saklanabildiği gibi uzak mesafelere de gönderilmesi mümkün kılınmıştır.

Bu tezde bir kişiden alınan çeşitli yaşamsal veri ve parametrelerin GPRS teknolojisi aracılığı ile sunucuya gönderilmesi ve gönderilen verinin makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak değerlendirilmesi ile uzman bir sistem tasarımı gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Tasarlanan sistem iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım veri toplama ve iletim cihazıdır. Bu cihazın amacı verileri bir sensör, dönüştürücü ile veya sensör modülleri ile elde edilen analog verileri elektronik filtre işleminden geçirilmesi, bu verilerin dijital forma dönüştürülmesi, sunucuya belirli bir formatta, güvenli, veri kaybına izen vermeyecek veri transfer oranı ile iletilmesini sağlamaktır. Bu konuda en öenmli işlem verinin gürültülerden arındırılarak gerçek analog verinin elde edilmesi ve sonrasında ise ADC yöntemleri ile dijital forma dönüşebilmesidir.

Bu dönüşümden sonra dijital formdaki verilerin veri kaybı yaşanmadan toplanmasına ve GPRS teknolojisi ile internet üzerinden sunucu tarafında çalışan yazılıma iletmesi işlemi gerçekleştirilir. Böylece kişi her an gözlem altında tutulabilecektir. Bu işlem kişinin haftanın belli günlerinde değil, heryerde ve devamlı gözlem altında tutulmasına izin verecektir. Kişinin izlenmesi için klinik ortamda olması gerekmeyecektir.

İkinci kısımda ise gelen veri ve parametreler sunucu tarafında veri tabanına kaydedilir. Kaydedilen verileriler uzman onayı ile "makine öğrenmesi" yöntemi için eğitim verisi olarak kullanmaya izin verilir. Eğitim verileri ile sunucu yazılımı, uzman bir kişinin karar vermesine gerek kalmadan kişinin durumunu "kritik", "normal" gibi değerlerle sınıflandırabilir. Bu sınıflandırmanın doğruluğu kullanılan eğitim verilerinin miktarına, kullanılan makine öğrenmesi algoritmasının çeşidine göre farklılık gösterebilir. Bu sayede "kritik" olarak sınıflandırılan durumlarında kişiye hızlı müdahale imkânı sağlanmış olacaktır.

Bu tez çalışması örnek bir uygulama alanı olarak nabız, kandaki oksijen saturasyonu, sinyal kalitesi, sinyal genliği gibi parametrik değerler ve pletismogram işaretleri gibi yaşamsal değerlerin sürekli izlenme ve analizi için uygulanması hedeflenmiştir. Kalbin korunması için bu parametrelerinin sürekli izlenmesi ve kaydedilmesi önem arz etmektedir. Fakat bu işlemlerin klinik ortamda izleme ve kaydetme cihazları ile yapılmaları gerekmektedir. Bu ise hastanın sadece haftanın belli günlerinde değil devamlı ve her ortamda takip etmeye izin verir.

Örnek çalışmanın kalp pletismogram veri ve parametreleri üzerinde gösterilmesinin nedeni; kalbin korunması için bu parametrelerinin sürekli izlenmesi ve kaydedilmesi önem arz etmesidir. Fakat bu işlemlerin klinik ortamda izleme ve kaydetme cihazları ile yapılmaları gerekmektedir. Bu ise kişinin heran, devamlı ve her ortamda değil sadece haftanın belli günlerinde takip edilmesine izin verir.

Anahtar kelimeler: GPRS, makine öğrenmesi, Puls oksimetre, Tele tıp.

ABSTRACT

The Turkish word “bilişim” is derived from the words “bilgi” (information) and “iletişim” (communication) and it denotes the sharing and circulation of information in a meaningful format. Medical informatics, which is one of the fields of informatics, is among the most popular scientific application areas in the recent years.

According to a survey, Turkey is on the top five in terms of most significant increase in home computer use. Turkey is one of the fastest growing countries in internet usage. As it has entered into all areas of life, internet has also taken its place in the medical field. With Tele-medicine applications, laboratory analysis of medical images and patients non-instant data can be stored digitally and can be sent over long distances.

The aim of this thesis is to send the vital data and parameters taken from a person to the server via the GPRS technology and to design an expert system based on evaluations using machine learning algorithms.

The designed system consists of two parts. The first part is a device for data collection and transmission. This device is intended to apply an electronic filtering process to analog data acquired by means of a sensor, a transducer or a sensor module and to transform the data into a digital form and allow for the transmission of the data to the server in a specific form, safely and with enough baud rates without data loss. The most important process of this operation is to acquire real analog data by filtering out the noise and transform the data into a digital form with ADC methods.

After this transformation, the data is collected in digital form without any loss and is sent to the software running in the server via internet using GPRS technology. The patient can be kept under control any time in this way. This process allows the patient to be followed continuously and everywhere, not only on the certain days of the week. The patient need not be in the clinic in order to be monitored.

The second part of the system records the coming data and parameters in the database in the server. The data serves as “training data” for the "machine learning"

algorithms. The selected algorithm learn a classifier using the training data, which will allow for the classification of the patient status as “critical”, “normal” etc. with no expert intervention. Thus, the situations classified as “critical” can be intervened quickly.

In this thesis, the application area is chosen to include cases concerning oxygen saturation, heart frequency, signal quality, signal amplification and data like pletismogram signals. Continuous monitoring and recording of these parameters are of vital significance for the protection of the heart. However, this process must be made in the clinical environment with monitoring and recording devices. Further, this process allows the patient to be followed continuously, anywhere and anytime.

The reason for the application of the sample work on the heart pletismogram data and parameters is that it is important to continuously monitor and record these data and parameters for protecting the heart. Hence, the patient shall not be held under observation at all times and it shall not be necessary to follow the patient in a clinical environment.

Key words: GPRS, Machine Learning, Pulse Oksimeter, Tele medicine.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I

TEŞEKKÜR III

ÖZET IV

ABSTRACT VI

İÇİNDEKİLER VIII

SİMGELER XI

ŞEKİLLER TABLOSU XIII

ÇİZELGELER TABLOSU XIV

1. GİRİŞ 1

1.1. Literatür Taraması 4

2. MAKİNE ÖĞRENMESİ 9

2.1. ML (Machine Learning) 11

2.2. Öğrenme Türleri 11

2.3. Örneğe Dayalı Öğrenme 12

2.4. kNN Sınıflandırıcı 13

2.5. k-Katlı Çapraz Doğrulama 16

2.6. Özellik Seçimi 18

2.7. İstatiksel Değerlendirme Ölçütleri 19

2.7.1. Kappa istatistiği 19

2.7.2. F-ölçütü 21

2.7.3. Hata ölçütü: ortalama karesel hatanın karekökü 22

2.8. Gürültü 23

2.9. Bias-Varyans Ayrışımı 24

3. GPRS SİSTEM MİMARİSİ 33

3.1. GPRS Sisteminin Gelişimi 33
3.2. GPRS Sistemi Tanımı 34
3.3. GPRS Sistem Yapısı 35
3.3.1. Harici Paket Veri Ağları (PDN) 36
3.3.2. Sunucu GPRS Destek Düğümü (SGSN) 36
3.3.3. Ağ Geçidi GPRS Destek Düğümü (GGSN) 36
3.4. GPRS Sisteminin Çalışması 37
3.4.1. Yönlendirme 38
3.4.2. GPRS Terminalleri 39
3.5. GPRS Kodlama Teknikleri 40
3.6. GPRS Servisini Kullanmak İçin Gerekenler 41
4. MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI BİR UZMAN SİSTEM TASARIMI 43
4.1. Giriş 43
4.2. Parametre Değerlerinin Belirlenmesi 44
4.3. Uzman Sistem yazılımı 46
4.3.1. Uzman Değerlendirmeleri için Geliştirilen Uygulama 46
4.3.2. Veri Toplama ve Veri Sınıflandırma için Geliştirilen Uygulama 51
5. TIBBİ UYGULAMALAR İÇİN TEMEL KAVRAMLAR 54
5.1. Tıp Bilişimine Giriş ve Genel Tanımlar: 54
5.2. Bir Bilim Dalı Olarak Tıp Bilişimi 57
5.3. Tıp Bilişiminde Alt Disiplinler ve Konular: 58
5.4. Tıp Bilişiminin Uygulama Alanları ve Gerekliliği: 59
5.5. Tıpta Bilgisayar Uygulamaları 60
5.6. Tıp Bilişiminin Geleceği 62
5.7. Tıp Bilişimi ve Bilgisayar Mühendisliği İlişkisi 63
5.8. Tele Tıp (Telemedicine) 64

5.8.1. Teletıp Tarihçesi 65
5.8.2. Teletıptan Beklentiler 66
5.8.3. Türkiye'de Teletıp 67
6. TASARLANAN SİSTEMİN TELE TIPTA UYGULAMA ÖRNEĞİ 69
6.1. Nitelikler 70
6.2. Tasarlanan Sistemin Donanımına Genel Bakış 72
6.2.1. Dijital Puls Oksimetri Modülü (ENVITEC ChipOx) 73
6.2.1.1. Puls Oksimetri Prensibi 76
6.2.1.2. ChipOx Modülü Çalışma Prensibi ve İletişim kurmak 77
6.2.2. Optik Sensörler 81
6.2.3. GPRS Modül (TELIT GM862) 85
6.2.3.1. GM862 Modülü Ürün Özellikleri ve Avantajları 88
6.2.3.2. GPRS erişimini Yapılandırma 89
6.2.3.3. İnternet HOST İle Bağlantı Açmak 89
6.2.3.4. İçeriği devre Dışı Bırakmadan Soket Kapatma 91
6.2.3.5. HTTP İstemci Uygulama Örneği 92
6.2.4. Mikrodenetleyici (PIC 18F452) 94
6.3. Donanım Mimarisi 96
6.4. Mikrodenetleyici Yazılım Mimarisi 100
6.4.1. SPO_2, GSM Modül Ön Ayarları, GPRS internet bağlantısı 101
6.4.2. Ana Program Algoritması 104
6.4.3. SPO2 Verilerini USART Modülü İle Toplayan KESME Algoritması 107
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 109
KAYNAKLAR 113
ÖZGEÇMİŞ 119

SİMGELER

AI	Artifical Intelligence - Yapay Zekâ
ALU	Aritmetic Logic Unit - Aritmetik Lojik Birim
BSC	Base Station Controller - Baz istasyonu kontrol merkezi
BTS	Base Transceiver Station - Baz istasyonu
CSD	Circuit Switch Data - Devre Anahtarlamalı Veri Transferi
DSP	Digital Signal Procesing - Dijital Sinyal İşleme
GGSN	Gateway GPRS Support Node-Ağ Geçidi GPRS Destek Düğümü
GPRS	General Packet Radio Service - Paket anahtarlamalı radyo hizmeti
GSM	Global System for Mobile Communications-Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
HLR	home location register-Ev konum kaydı
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data - Yüksek hızlı devre anahtarlamalı veri iletimi
ID	Identify - Kimlik
IML	Inductive Machine Learning - Tümevarımsal makine öğrenmesi
LL	Lazy Learning - Tembel Öğrenme
MIPS	Million instructions per second - Bir Saniyedeki Milyon Komut Sayısı
ML	Machine Learning - Makine Öğrenmesi
MSC	Mobile Switching Center - Mobil anahtarlama merkezi
PDA	Personal Digital Assistant - Kişisel Sayısal Yardımcı
PDP	Packet Data Protocol-Paket Veri Protokolü
PIC	Programmable Interface Controller - Programlanabilir Arayüz Denetleyicisi
PLMN	Public Land Mobile Network - Yerel Karasal Mobil Telefon Ağı
SGSN	Serving GPRS Support Node-GPRS Destek Düğümü Sunucusu

SMS	Short Message Service- Kısa Mesaj Hizmeti
SpO2	Oxygen Saturation - Oksijen Doygunluğu
TCP	Transmission Control Protocol - İletim Denetimi Protokolü
UART	Universal Asenkron Reciever Transmitter- universal asenkron alıcı verici
UDP	User Datagram Protocol - Kullanıcı Veribloğu İletişim Kuralları
USART	universal asynchronous receiver/transmitter - Evrensel Assenkron veri alma/ gönderme
VLR	Visitor Location Register- Ziyaretçi konum kaydı

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 2.1 k değerinin sınıflandırıcının tahminine etkisi 15
Şekil 2.2 Bir veri kümesinde gürültü 24
Şekil 2.3 g tahmin edicisinin bias ve varyansı 29
Şekil 2.4 kNN sınıflandırıcının k değerine bağlı olarak MSE, bias ve varyans değişiminin grafiği 32
Şekil 3.1 GPRS sistem yapısı 35
Şekil 3.2 GPRS Sisteminde yönlendirme 38
Şekil 4.1 Genel proje diyagramı 43
Şekil 4.2 Geliştirilen uygulamadan bir görünüm 47
Şekil 4.3 Hastanın veritabanında kayıtlı bir verisinden görünüm 48
Şekil 4.4 Hastanın tüm verilerine göre sınıflandırıcının değerlendirmesi 49
Şekil 4.5 Uzman kişinin verinin eğitim için yeterliliğine karar verme süreci 50
Şekil 4.6 Geliştirilen uygulamanın arayüzü 51
Şekil 4.7 Gelen veriye göre karar verme süreci 53
Şekil 6.1 Mobil hasta kalp takip sistemi blok diyagramı 73
Şekil 6.2 Dijital Puls Oksimetri modülü genel görünüşü 73
Şekil 6.3 Dijital puls oksimetri cihazının alttan ve üstten görünüşleri 74
Şekil 6.4 Örnek ekran çıktısı 76
Şekil 6.5 ChipOx katman yapısı 77
Şekil 6.6 SpO2 Parmak probu (finger probe) 81
Şekil 6.7 SpO2 kulak probu (Earlobe probe) 81
Şekil 6.8 Pediatrik SpO2 propları 82
Şekil 6.9 Çok kullanımlık sensör 83
Şekil 6.10 Çok kullanımlık flexible sensör 83
Şekil 6.11 Tek kullanımlık sensörler (Disposable sensor) 83
Şekil 6.12 SpO2'de kullanılan fotodiyotlar 84
Şekil 6.13 Transmisyon ve reflektans 84
Şekil 6.14 Reflektans prop 85
Şekil 6.15 TELIT GM862 modülü genel görünümü 87
Şekil 6.16 18F452 Pin Yapısı (www.microchip.com) 96
Şekil 6.17 Tasarlanan sistemin devre dizaynı 99
Şekil 6.18 SPO2, GSM modül ön ayarları ve GPRS internet bağlantısı algoritması, .. 102
Şekil 6.19 Ana program algoritması 106
Şekil 6.20 Kesme alt yordam algoritması 108

ÇİZELGELER TABLOSU

Tablo 2.1 Landis ve Koch'un Kappa değerleri tablosu. 20
Tablo 2.2 İki sınıflı bir tahmin için doğruluk tablosu..... 21
Tablo 6.1 Puls oksimetre modülünün pin dağılımı..... 74
Tablo 6.2 ChipOx genel paket yapısı..... 78
Tablo 6.3 Projede kullanılan bazı ChipOx komut ve ayarları..... 79
Tablo 6.4 GM862 modülünde kullanılan pinler 88
Tablo 6.5 örnek bir HTTP erişim uygulaması..... 92
Tablo 6.6 Lojik seviye, besleme değerleri 97
Tablo 6.7 SPO2 modülüne gönderilen komut dizisi ve açıklamaları 104

1. GİRİŞ

İlk bilgisayarlar üretildiğinden beri, bilgisayarların insanlar gibi öğrenip öğrenemeyeceği tartışma ve merak konusu olmuştur. Bilgisayarların öğrenmesi konusunu inceleyen akademik disiplin makina öğrenmesidir. Eğer bir şey, davranışlarını ileride kendisine avantaj sağlayacak bir şekilde değiştirebiliyorsa, o şeyin öğrendiğini söyleyebiliriz. Makina öğrenmesinin genel bir tanımını yaparsak; eğer bir bilgisayar programı, belirli bir işteki performansını, tecrübe edindikçe artırıyorsa, makina öğrenmesinden bahsedebiliriz (Kahveci, 2011).

Yapay zekâ bilgisayarları daha akıllı hale getirmeye çalışan bilgisayar bilimlerinin bir bölümüdür. Zeki davranışın en temel gereksinimi öğrenmedir. Bugün birçok araştırmacı ortak fikir olarak öğrenmeden zekadan bahsedilemeyeceği konusunda hem fikirdirler. Bundan dolayı makine öğrenmesi yapay zeka uygulamalarının en önemli dalıdır ve yapay zeka araştırmalarının en hızlı gelişen alt disiplinidir (Shavlik and Dietterich, 1990; Michie vd., 1994; Mitchell, 1997; Michalski vd., 1998).

Ellili ve atmışlı yıllarda elektronik bilgisayarların kullanıma girmesiyle büyük veri setlerini etkin modelleme ve analiz yöntemlerini içeren algoritmalar geliştirilmiştir. Makine öğrenmesi en başından üç ana dalları ortaya çıkmıştır. Symblic öğrenmemedeki klasik çalışma (Hunt vd., 1966) tarafından, istatistiksel yöntemler Nilsson tarafından (1965), ve yapay sinir ağları Rosenblatt tarafından (1962) açıklanmıştır. Yıllar boyunca her üç daldan gelişmiş yöntemler geliştirildi (Michie vd.,1994). k-NN yakın komşuları, diskriminant analizi, Bayes sınıflandırıcıları gibi istatistiksel veya örüntü tanıma yöntemleri, top-down karar ağaçları, karar kuralları ve mantık programları gibi endüktif öğrenme sembolik kuralları ve geri yayılım öğrenmeli çok katmanlı edforward sinir ağı, Kohonen'in kendinden organizeli ağ ve Hopfield çağrışımlı bellek gibi, yapay sinir ağları bunlardan bazılarıdır (Kononenko, 2001).

Makine öğrenmesi algoritmaları başlangıçtan beri medikal verilerin analizinde kullanılmışlardır. Bugün makine öğrenmesi akıllı veri analizleri için birçok araç sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda verilerin toplanması ve depolanması adına ucuz ve

uygulanabilir yöntemler gelişti. Modern hastaneler görüntüleme ve veri toplama cihazları ile donatıldı. Veriler geniş paylaşım alanlarında toplandı ve paylaşıldı.

Makine öğrenmesi alanında yapılan kuramsal çalısmalarda, hiçbir öğrenme algoritmasının evrensel olarak bir diğerinden daha üstün olmadığını göstermektedir (Wolpert ve Macready, 1995). Bu nedenle, Hoste'un (Hoste, 2005) da vurguladığı gibi, hangi öğrenme yönteminin hangi öğrenme isine uygun olduğunun belirlenebilmesi için, makine öğrenmesi yöntemlerinin belirli dil isleme görevlerindeki davranıslarının deneysel olarak karsılastırılması gereklidir.

Tıbbi teşhis çözümlerinde yararlı olabilmesi için bir makine öğrenme (ML) sisteminin, aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir: iyi perfomans, eksik veri ve gürültülü veri (veri hataları) ile başa çıkabilmek, tanısal bilginin şeffaflığı, kararları açıklama yeteneği ve güvenilir bir tanı elde etmek için gerekli testlerin sayısını azaltmayı sağlayan algoritma yeteneği.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), ilk kez 2009 yılına ait ölüm nedeni istatistiklerini açıkladı. Bu istatistiklere göre ölüme sebep olan ilk beş hastalık grubu sırasıyla yüzde 39,9 ile dolaşım sistemi hastalıkları, yüzde 20,7 ile habis urlar, yüzde 8,9 ile solunum sistemi hastalıkları, yüzde 6,4 ile endokrin, beslenme ve metabolizmayla ilgili hastalıklar ve yüzde 4 ile dışsal yaralanma nedenleri ve zehirlenmeler olarak görülmüştür (www.tuik.gov.tr, 2011).

Dünya çapında yapılan birçok araştırmada da yine ölüm nedenlerinin başında kalp rahatsızlıklarının geldiği bilinmektedir (Tantimongcolwat vd., 2008, The world health report, 2004). Bunun en önemli nedeni ise bu rahatsızlıkların hastada ani bir şekilde ortaya çıkması ve müdahale süresinin çok kısa olmasıdır. Aynı zamanda bu rahatsızlıkları geçirmiş ve tıbbi süreçten geçmiş olan kişilerinde devamlı gözlem altında tutulması gerekmektedir.

Bu öneminden dolayı tasarlanan uzman sistem öncelikli olarak kalp veri ve parametrelerinin aktarımı için kullanılması örnek olarak seçilmiştir. Tasarlanan sistemin kişi ile birlikte gezebilmesi ve mekândan bağımsız bir şekilde ölçüm alabilmesi

tasarımın ana esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle kişiden elde edilen verilerin uzak mesafelere kablosuz iletişim teknikleri ile gönderilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Tasarlanan sistem örnek olarak nabız değerini, pletismogram işaretini, SPO2 değerini, sinyal kalitesi ve sinyal genliği gibi değerleri işleyerek sunucu tarafına aktarır.

Bu çalışmanın nihai hedeflerinden bazıları şöyle sıralanabilir:

- Hastane dışında hastaları gözlem altında tutabilme imkanı sağlayabilmek,
- Hasta başına düşen tedavi maliyetlerden tasarruf sağlanmak,
- Hasta ile ilgilenen uzmanların zamanlarını daha verimli kullanabilmelerini sağlamak,
- Bölümdeki hasta yoğunluğunu düşürerek verimli zaman kullanımına olanak vermeye çalışmak,
- Hastayı günün istenen saatlerinde anlık olarak kontrol edebilme imkânı sunabilmek,
- Herhangi bir hayati tehlike durumunu önceden tespit edebilmek ve erken müdahale imkânı sunabilmek,
- Makine öğrenmesi yöntemleri ile geliştirilen yazılımın hasta hakkında karar verebilme kapasitesini geliştirerek hastanın acil hayati tehlike durumunu tespit edebilmek, bu sayede acil müdahale süresini kısaltabilmek.

Veri toplama ve iletim cihazı üzerinde geliştirilen donanımsal haberleşme devreleri ile ucuz ve basit bir şekilde, çok farklı lojik haberleşme seviyelerine ve beslemelerini sahip modüller birleştirilmeye çalışılmış ve bu tampon devreler yüksek hızlı veri transfer hızında sorunsuz olarak çalışması hedeflenmiştir. Birçok çalışmadan farklı olarak cihazın hasta ile grafik bir arayüz üzerinden iletişim kurması planlanmıştır. Bu sayede kişi kendi hayatsal değerlerini cihaz üzerinde grafik bir ortamda inceleyebilecektir, verilerin paketlenme için hazırlanmasını, internete bağlanma gibi süreçleri gözle takip edebilecektir. Ayrıca kişiye veriler sunucu tarafı yazılımında değerlendirildikten sonra hasta ile ilgili bilgilendirme mesajlarını geri bildirim olarak alınması düşünülmektedir. Böylece doktorun hastaya özel mesajları bu şekilde iletilebilecek, doktor hasta ile ayrıca vakit geçirmek zorunda kalmayacak, hastanın verilerini incelerken tavsiyelerde bulunabilecektir. Birçok uygulamada olduğu gibi

sistem verileri yedekleyerek veya bir hafızada saklayarak işlem yapmaz. Bunun yerine verileri aynı anda canlı olarak sunucuya iletilmesi esas tutulmuştur.

Yazılımsal olarak bir mikrodenetleyici üzerinden veri kaybı yaşanmadan GSM modül ile USART haberleşme sağlayan algoritmalar geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede mikrodenetleyici üzerinden tek bir donanımsal USART modülüne bağlı kalmadan birçok USART haberleşmeli harici modüllerle veri transferi yapmaya olanak sağlanması gerçekleştirilmiştir.

Sunucu tarafında uzman sistemin karar mekanizması "makine öğrenmesi (Machine Learning)" algoritmaları ile desteklenmiştir. Bu sayede veriler üzerinde uzman kişi teker teker ilgilenerek sınıflandırmak zorunda kalmayacaktır. Sistem elde ettiği öğrenme algoritmaları ve uzman tarafından öğretilen verileri kullanarak yeni veriler üzerinde yorum yapabilecek ve kişinin acil ve acil olmayan durumlarını belirleyerek hem uzman kişinin yükünü azaltacak hem de hastaya acil durumda çok hızlı müdahale imkânı sunabilecektir.

1.1. Literatür Taraması

İkinci Dünya Savaşı öncesinde Turing'in hesaplanabilirlik teorisi üzerine yaptığı çalışmalar zeki sistemler üzerine yapılan önemli çalışmaların başında gelmektedir. 1940'larda sibernetik alanında yapılan çalışmalar insan ve makine arasındaki birçok paralellikleri ortaya çıkarmıştır. 1948 yılında Norbert Wiener sibernetik üzerine yayınladığı yazısında, insan beynindeki tüm fonksiyonların elektronik olarak kopyalanmasının mümkün olduğunu iddia etti. İleriki yıllarda sibernetik, bilgi teorisi, geri beslemeli kontrol sistemleri ve elektronik bilgisayarlarla ilgili kavramları birleştiren önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. 1940'larda John von Neumann günümüz bilgisayarlarının temelini oluşturan özellikleri açıklamış ve modern bilgisayarların mimarisini tasarlamıştır (Kocabaş, 2011).

1950'lerde bilgisayarların ticari şirketlerde kullanılmaya başlaması ile yapay zeka ayrı bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Claude Shannon ve Allen Newell'in geliştirdikleri satranç programları ve diğer oyunları oynayan programlar

ortaya çıkmıştır. Otomatik çeviri programları üzerine çalışmalar da bu yıllarda başlamıştır.

1956 yılında IBM tarafından düzenlenen konferansa yapay zekanın öncüleri olarak sayılan Marvin Minsky, Allen Newell, Claude Shannon ve Herbert Simon katılmış ve aynı toplantıda John McCarthy bu alandaki çalışmalara "yapay zeka" adını vermiştir. Allen Newell ve Herbert Simon daha sonra ilk teorem ispatlayıcısı olan Logic Theorist programını geliştirdiler (Russell ve Norvig, 1995). Bu program Whitehead ve Russell'ın eseri Principia Mathematica'daki teoremleri ispatlamak üzere düşünülmüştü. Bu çalışma, Newell ve Simon'ın sonraki projesi GPS sistemi (Genel Problem Çözücü) için de bir temel oluşturdu. GPS sistemi, sembolik integral almadan yamyamlar-misyonerler problemine kadar çeşitli problem çözümleri için geliştirilmişti (Russell ve Norvig, 1995). Herbert Gelernter tarafından geliştirilen geometri teoremi ispatlama makinesi ortaokul düzeyi düzlem geometrisi problemlerini çözebiliyordu.

1965 yılında kimyasal bileşenler ve kütle spektrometri verilerinden moleküler yapıları bulan DENDRAL programı çalışması J. Lederberg, Edward Feigenbaum ve Carl Djerassi tarafından Stanford Üniversitesi'nde başlatıldı. DENDRAL programı, ilk bilgi tabanlı uzman sistem olarak geliştirildi (Feigenbaum vd., 1971; Lindsay vd., 1980).

1965 yılında Weizenbaum ELIZA adındaki ilk psikiyatrist programını geliştirdi (Russell ve Norvig, 1995). Bu basit fakat etkileşimli bir programdı. 1968'de ise bir çok matematik problemini çözen MACSYMA programının çalışmaları MIT'de Carl Engelman,William Martin ve Joel Moses tarafından başlatıldı (Firebaugh, 1988).

1972'de yapay zeka dili Prolog, Alan Colmaurer tarafından geliştirildi. Bu programlama dili 1975'te D. Warren tarafından bilgisayarlarda uygulandı. Prolog, bu gün yapay zeka çalışmalarında kullanılan önemli bir programlama dilidir.

Michael Berthold'a göre tıpta yapay zeka yaklaşımlarının ilerleyen ve devam eden meydan okumaları araştırmadan önce bu araştırma alanındaki bilim türünü kategorize etmek faydalıdır. Bu kategorize etme işi üç safhaya ayrılmaktadır. Bunlar: Toplama, Sistematikleştirme ve Biçimlendirme (Vimla vd., 2009). Toplama, eldeki

problemler hakkında veri toplamaktır. Önemli düzenlemeler ve sistemler hakkında ne net bir bilgi var ne de araştırmacılar bu alandaki veri alanları hakkında çok fazla bilgiye sahiptir. Sistemleştirme, toplanan verinin daha iyi organize edilmesi ve modellerin belli özellikleri tahmin etmek için inşa edilmesidir. Ancak çoğu kez bu modeller belli sistem hakkında net bir bilgiye sahip değildir. Orijinal verileri oluşturan sistem daha çok kara kutudur. Biçimlendirme de, bu önemli sistemin daha iyi anlaşılması gerçekleştirilir ve teoriler, hedef ve sistematik deneylerle biçimlendirilebilir ve doğrulanabilir.

Medikal tanı problemleri üzerine yapılan bir çalışmada altı makine öğrenmesi sınıflandırıcısı karşılaştırılmıştır. Naive Bayesian en basit sınıflama yöntemlerinden birisi olmasına rağmen çalışma hızı yüksektir. Örnek olarak yapılan bir çalışmada naive bayesian sınıflandırıcısının diğer 5 sınıflandırıcıya göre çok daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kononenko vd., 1998). Medikal mühendisliği alanındaki mesh dizaynı olarak adlandırılan bir başka çalışmada indüktif mantık programlama algoritmaları %12 ile %29 arasında bir doğruluk verirken naive bayesian sınıflandırıcısı %35 doğruluk vermiştir (Lavrac ve Dzeroski, 1994; Pompe ve Kononenko, 1997). Yine yeni doğan çocuklardaki kalp rahatsızlıklarını tespit etmek için geliştirilen bir uzman sistemde sınıflandırıcının nihai doğruluğu %65,5 olarak tespit edilmiş ve aynı işlemde naive bayesian algoritması kullanıldığında doğruluğun %67,3' e çıktığı görülmüştür.

Smrdel ve Jager 2011 yılında yaptıkları bir çalışmada kalp hastalığı türüne göre uzun dönemli gezici EKG kayıtlarının otomatik olarak sınıflandırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada uzun dönemli ST veri tabanının gezici EKG kayıtlarını kullanmışlardır. Bu kayıtların ayrılması için kendi geliştirdikleri algoritmaları kullanmışlardır. Sonuç olarak kalp hastalıkları türüne göre geliştirilen algoritmaların ayrım yapabildiğini görmüşlerdir. (Smrdel ve Jager, 2011)

Kononenko 1993 yılında yaptığı bir çalışmada makine öğrenmesinin tıbbi uygulamalar için iki farklı yaklaşımla karşılaştırılmıştır: karar ağaçları ve naif Bayes sistemi. Her iki metodoloji dört tıbbi tanı sorunları test edilmiştir; tiroit hastalıkları, romatoloji, meme kanseri tanısı, primer tümörün yer tespiti. (Kononenko, 1993).

Yine Kononenko 2001 yılında yaptığı bir çalışmada ise makine öğrenmesi metotları ve tarihi gelişimini anlatmış ve kalp verileri üzerinde makine öğrenmesi

metotlarını kullanmıştır. Buna göre Kononenko, makine öğrenme yöntemleri objektif aynı hasta için mevcut tüm sonuçları yorumlamayı ve bu şekilde her adımda tanı doğruluğunu artırmak mümkün olabileceğini ifade etmiştir. Farklı tanı yöntemleri performansı genellikle sınıflandırma doğruluğu, duyarlılık, özgüllük, ROC eğrisi ve son test olasılık olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmasında 327 hastada yapılan klinik ve laboratuar tetkikleri, egzersiz EKG, miyokart sintigrafisi ve koroner anjiyografi ile bir veri kümesi kullanılmıştır. 229 hastada hastalığı anjiyo grafik olarak teyit etmiştir ve 98 hasta çıkarılmıştır. (Kononenko, 2001).

Lee ve Moghavvemi IEEE tarafından 2002 yılında Malezya' da düzenlenen Öğrenci konferansında FM alıcı verici ile kısa mesafede kalp sinyalini gönderme üzerine çalışmalar yapmıştır (Lee ve Moghavvemi, 2002).

Vogel, Hülsbusch, Starke ve Leonhardt 2007 yılında IEEE tarafından Fransa'da düzenlenen bir konferansta kulak içerisine gömülerek yerleştirilen mikro-optik yansımalı bir sensor (MORES) kullanarak yaşamsal kalp parametrelerini göndermişlerdir (Vogel vd, 2007).

Sieber, Yong, L'Abbate ve Bedini, 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada GPRS üzerinden gönderilen EKG, SPO2 gibi verileri labview analiz programı üzerinde analiz etmişlerdir (Sieber vd, 2008).

Cerny ve Penhaker, bluetooth üzerinden kısa mesafeli olarak yaşamsal kalp verilerini bilgisayar ortamına taşıma üzerine çalışma yapmışlardır. Verileri National Instruments firması tarafından geliştirilen BIOMONITOR isimli bir paket programla toplamış ve derlemişlerdir (Penhaker vd., 2007).

Chulsung Park ve Pai H. Chou 2006 yılında QUASAR firmasının ürettiği EKG sensorunu kullanarak giyilebilir bir kalp grafiği görüntüleme cihazı tasarlamışlardır. Tasarlanan cihazın en önemli avantajlarından biri jel ve benzeri ürünler kullanmadan hastadan kalp verilerini deri üzerinden kuru olarak alabilmek olarak gösterilmiştir (Chulsung ve Pai, 2006).

Bu tez çalışmasında ise benzer çalışmalardan farklı olarak kişinin yaşamsal kalp verileri sunucu tarafına internet erişimi ile anlık olarak aktarılmaksı örnek bir uygulama olarak anlatılmış.

2. MAKİNE ÖĞRENMESİ

Bu tez çalışması iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım veri toplama ve iletim cihazı, ikinci kısım ise web sunucu tarafıdır. İkinci kısım verilerin toplanması, kaydedilmesi, analizi ve değerlendirilmesi kısmıdır. Verilerin toplanması internet ortamında yapılmakta, kaydetme veri tabanı üzerinde gerekleştirilmektedir. Analiz ve değerlendirme kısmı ise uzman kişi denetiminde makine öğrenmesi metotları ile yapılmaktadır. Uzman kişinin izin verdiği veriler eğitim verileri olarak kabul görmektedir. Eğitim verileri ise geliştirilen yazılımla, makine öğrenmesi algoritmaları için öğrenme amaçlı veriler olarak kullanılmaktadır. Bu sayede geliştirilen yazılımla uzman kişiye ihtiyaç duymadan veriler üzerinde karar verebilme olanağı sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle tezin bu kısmında makine öğrenmesi metodu detaylı olarak anlatılmaktadır.

AI'nın çalışma alanlarını kronolojik olarak üç ana başlık altında toplayabiliriz. Bunlar: Bilişsel modelleme yaklaşımı, sembolik düşünmeye dayanan kavram öğrenme ve bilgi tabanlı sistemlerdir (Kocabaş, 2011).

Bilişsel modelleme yaklaşımı ile birlikte zihinsel süreçlerin nasıl çalıştığına ilişkin teoriler üretilmeye başlandı (Kılıçaslan, 2011) ve bu konudaki ilk çalışmalar McCulloch ve Pitts tarafından yapıldı (http://tr.wikipedia.org). Bu araştırmacıların önerdiği, yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Her hangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal "ve/veya" işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüler. Daha sonra Newell ve Simon, insan gibi düşünme yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan Genel Sorun Çözücüyü geliştirmişlerdir. Simon, daha sonra fiziksel simge varsayımını ortaya atmış ve bu kuram, insandan bağımsız zeki sistemler yapma çalışmalarıyla uğraşanların hareket noktasını oluşturmuştur. Simon'ın bu tanımlaması bilim adamlarının AI'ya yaklaşımlarında iki farklı akımın ortaya çıktığını belirginleştirmesi açısından önemlidir: Sembolik Yapay Zekâ ve Sibernetik Yapay Zekâ (http://tr.wikipedia.org).

Sembolik Yapay Zekâ ya da diğer bir değişle sembolik düşünmeye dayanan kavram öğrenme temel olarak mantık kurallarına dayanarak akıllı sistemler üretmeyi amaçlayan bir yaklaşım içerisinde olmuştur. Modern mantığın ve modern felsefenin kurucusu Alman mantıkçısı Gottlob Frege (1848-1925) "Matematik mantığın uygulama alanıdır," görüşünden hareketle matematiğin, mantığın aksiyomatik sistemi üzerine kurulabileceğini düşünmüştür. Bu düşünceden hareket ederek aritmetiğin temelleri konusundaki felsefi çalışmaları için bir mantık sistemi geliştirmiştir (Kocabaş, 2011). Daha sonra, Ferege'nin çalışmalarına dayanarak, Russell ve Whitehead 1910-1913 yılları arasında Matematiğin Prensipleri (Principia Mathematica) adını verdikleri eserde matematiği mantığa indirgeyerek formel bir sistem haline getirmeye çalıştılar. Fakat matematiğin formel hale getirilemeyeceğini Gödel 1933'te yayınladığı bir kitabındaki (Über die unentsheidbare Saetze der Principia Mathematica und verwander Systeme) meşhur teoremiyle gösterdi (Kocabaş, 2011; Kılıçaslan, 2011). A. Robinson, 1967'de "çözülüm teorem ispatlama" (resolution theorem proving) metodunu geliştirdi. Bu metot 1972'de A. Colmaurer tarafından ilk "Mantık Programlama" (Prolog) dilinin geliştirilmesine yol açtı. Bu dil 1975'te D. Warren tarafından "Warren Abstract Machine" (WAM) olarak uygulandı. Kişisel bilgisayarlar üzerinde ilk uygulamalar 1980'lerde ortaya çıktı. Mantığın, Frege ve öteki mantıkçılar tarafından 19. yüzyılın sonlarında sembolik hale getirilmesi, dokuzuncu yüzyılda Türk matematikçisi M. Musa bin el-Harezmî tarafından Cebirin icat edilmesiyle aritmetik hesapların sembolik hale getirilmesiyle karşılaştırılabilir. Cebirin icadı matematikçiler tarafından matematik tarihinin en büyük soyutlamalarından biri olarak kabul edilmektedir (Kocabaş, 2011).

Bilgi tabanlı sistemler belli bir problemi çözmek için insanın problem çözme becerisini taklit etmeye programlanmış ve bu problemle ilgili daha önceden bilgi ile donatılmış sistemlerdir. Bu tür sistemlere örnek olarak Durum Tabanlı Çıkarsama Sistemleri, Uzman Sistemler verildiği gibi Makine öğrenmesi (ML) de bilgi tabanlı sistemlere bir örnek olup AI araştırma alanlarından bir tanesidir.

2.1. ML (Machine Learning)

"Öğrenme", kesin bir biçimde tanımlanması zor olan süreçler dizisini kapsar. Sözlük anlamı olarak "öğrenme"; öğrenim, talimat ve deneyim yoluyla beceri, anlama ve bilgi kazanımı olarak tanımlanır (Nilsson, 1996; Witten vd., 2005). Bilgi elde edinim süreci insan öğrenmesinin öğrenme süreci boyunca elde etmiş olduğu verileri kullanması ile mümkündür. Çünkü veri, bir nesnenin özellikleri hakkında bize bilgi veren en temel yapıdır. Bunun yanı sıra veri, soyutlama seviyesinin en düşük seviyesi; bilgi ise en yüksek seviyesi olarak bilinir.

Veri üzerinde örüntü bulma bilgi keşfi için önemli bir süreçtir. Bilgi keşfi süreci, veri madenciliği olarak da adlandırılır (Glossary of Terms, 1998) diğer bir ifadeyle veri üzerinde ML metotlarının uygulanması veri madenciliği olarak adlandırılır (Alpaydın, 2004). ML, bilgi keşfi sırasında kullanılan tümevarımsal algoritmaların uygulanması sürecini tanımlamak için çok yaygın bir biçimde kullanılan bilimsel bir çalışma alanıdır (Glossary of Terms, 1998). ML genellikle AI ile ilişkili görevleri yerine getiren sistemlerdeki değişim olarak ta adlandırılır. Bu gibi görevler tanıma, teşhis, planlama, robot kontrol, tahmin vb. konuları içerir.

ML, örnek veri ya da geçmiş deneyimleri kullanarak bir başarım ölçütünü en uygun hale getirmek için bilgisayarları programlar. Bazı parametrelerle tanımlanmış bir modele sahip olduğumuzu düşünürsek "öğrenme", eğitim verisi ya da geçmiş deneyimleri kullanarak bu modelin parametrelerini en uygun hale getirmek için bir bilgisayar programının yürütülmesi olarak tanımlanabilir. Model ise geleceğe yönelik tahminler yapmak için bir tahmin edici ya da veriden bilgi elde etmek için bir tanımlayıcı ya da her ikisi olabilir (Alpaydın, 2004).

2.2. Öğrenme Türleri

Öğrenme için uygun geribildirim türü genellikle öğrenme probleminin doğasına karar vermede çok önemli bir faktördür (Kılıçaslan, 2011). ML'nin alanı üç öğrenme türüne ayrılır. Bunlar: Gözetimli Öğrenme, Gözetimsiz Öğrenme ve Takiyeli Öğrenme.

Gözetimli Öğrenme, girişlerle çıkışların birbirleriyle eşleştiği örneklerden bir fonksiyonun öğrenilmesi ya da bir hipotezin bulunmasıdır (Nilsson, 1996; Alpaydın, 2004; Kılıçaslan, 2011). Gözetimli Öğrenmede girişlerle çıkışların birbirleriyle eşleştirilmesi bir gözetici tarafından gerçekleştirilir. Gözetimli öğrenme problemlerinden bir tanesi de sınıflandırmadır (Alpaydın, 2004).

Gözetimsiz Öğrenmede bir gözetici mevcut değildir (Alpaydın, 2004). Bundan dolayı giriş verilerine karşılık bir çıkış verilmemiştir. Gözetimsiz Öğrenme özel bir çıkış değeri verilmemiş girişler üzerinde bir örüntü bulmayı hedefler (Nilsson, 1996; Alpaydın, 2004; Kılıçaslan, 2011).

Bazı uygulamalarda, sistemin çıkışı bir hareketler dizisi şeklindedir. Böyle bir durumda tek bir hareket önemli değildir. Önemli olan hedefe ulaşmak için doğru hareketlerin diziliminin planlanmasıdır. Herhangi bir durumda en iyi hareket diye tanımlayabileceğimiz bir şey yoktur. Bir hareket eğer iyi bir planın parçası ise iyi olarak kabul edilir. Böyle bir durumda, ML programı yapılan planların iyiliğine değer biçebilecek ve geçmişteki iyi hareketlerden bir plan oluşturabilmeyi öğrenebilecektir. Böyle öğrenme türleri takviyeli öğrenme olarak adlandırılır (Alpaydın, 2004).

2.3. Örneğe Dayalı Öğrenme

Öğrenme türlerinden biri olan Gözetimli Öğrenmeyi kullanan birçok tümevarımsal makine öğrenmesi algoritması vardır. Tümevarımsal makine öğrenmesi (IML) algoritmaları çıkışı bilinen etiketlenmiş veriden örüntü öğrenebilir (Duda vd. 2001). Veri üzerinde örüntü öğrenme için çok farklı ML yaklaşımı vardır (Bishop, 2006). Bu yaklaşımlardan bir tanesi de Tembel Öğrenmedir. Tembel Öğrenme (LL) durum tabanlı öğrenme ve bir veritabanındaki depolanan örüntüleri tarayan ve bir sorguya yanıt vermek için gerekli olan yerelleştirilmiş bir modeli kuran akıl yürütme yaklaşımlarını tanımlar (Brownlee, 2007).

Örneğe Dayalı Öğrenme ya da hafıza tabanlı öğrenme metotları bazen LL metotları olarak adlandırılır (Mitchell, 1997). Örneğe Dayalı Öğrenme (IBL)de tüm

gerçek iş, eğitim kümesi işlenildiği zaman değil yeni bir örnek sınıflandırmak istendiği zaman gerçekleştirilir. Bir anlamda IBL ile diğer öğrenme metotları arasındaki fark "öğrenme" işlemi meydana geldiği zamandır. IBL mümkün olduğu kadar gerçek işi ertelediği için "tembel (lazy)"dir (Witten vd. 2005). Bu nedenle IBL yaklaşımının dezavantajı yeni bir örneği sınıflandırma maliyetinin yüksek olabilmesidir (Mitchell, 1997). Diğer öğrenme metotları ise veri gelir gelmez bir genelleme yaptığı için "gayretli (eager)"lerdir (Witten vd. 2005; Kılıçaslan vd. 2009).

IBL'de her bir yeni örnek metrik bir mesafe kullanılarak mevcut olan diğer örneklerle karşılaştırılır ve en yakın mevcut örnek yeni örneğin sınıfına atanır. Bu en yakın komşuluk sınıflandırma metodu olarak adlandırılır (Witten vd. 2005). En yakın komşuluk (kNN) algoritması ML algoritmaları arasında en basit olanlardan biridir.

2.4. kNN Sınıflandırıcı

m-boyutlu bir uzayda bir veri noktası koleksiyonu ve bir sorgu noktası verilsin, bu sorgu noktasına en yakın veri noktasını bulma süreci en yakın komşuluk problemi olarak tanımlanır (Beyer vd. 1999). kNN algoritması ise bir sorgu noktasının bir veri noktası koleksiyonu içerisindeki en yakın k tane veri noktasına olan uzaklığı esasına dayanmaktadır. Uzaklıkların hesaplanmasında Euclidean, Manhattan, Chebyshev, Minkowski v.b. uzaklık formülleri kullanılmaktadır. Minkowski uzaklık formülünde m=1 ve m=2 için hesaplanan uzaklıklar sırasıyla Manhattan ve Euclidean uzaklığını vermektedir.

p ve q veri noktaları olmak üzere d(p, q) iki nokta arasındaki uzaklıktır. Buna göre;

$$d_{Euclidean}(p,q) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i - q_i)^2} \tag{1}$$

$$d_{Manhattan}(p,q) = \sum_{i=1}^{n}|p_i - q_i| \tag{2}$$

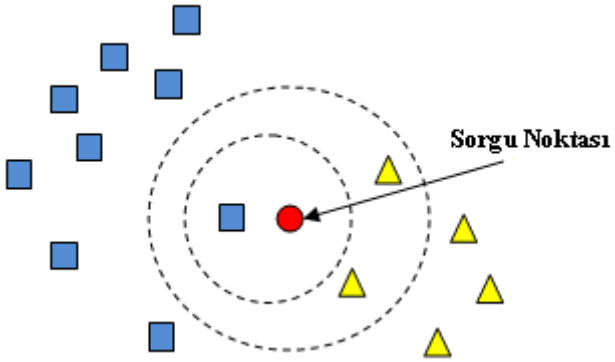
$$d_{Chebyshev}(p,q) = \max_i \left(|p_i - q_i| \right) \tag{3}$$

$$d_{Minkowski}(p,q) = \left(\sum_{i=1}^{n} |p_i - q_i|^m \right)^{1/m} \tag{4}$$

kNN'de sınıflandırma yapılırken veritabanındaki her bir kaydın diğer kayıtlarla olan uzaklığı hesaplanır. Ancak, bir kayıt için diğer kayıtlardan sadece k adedi göz önüne alınır. Bu k adet kayıt, başka bir deyişle veritabanındaki nokta, mesafesi hesaplanan noktaya diğer kayıtlara nazaran en yakın olan kayıtlardır (Silahtaroğlu, 2008). Bu yöntem coğrafi bilgi sistemlerinde çok kullanılır; belirlenen bir noktaya en yakın şehir, istasyon vs belirlenmesi aslında kNN algoritmasının temelini oluşturur (Beyer vd. 1999).

Algoritmada k değeri önceden seçilir; değerinin yüksek olması birbirine benzemeyen noktaların bir araya toplanmasına, çok küçük seçilmesiyse birbirine benzediği, yani aynı sınıfın noktaları oldukları halde, bazı noktaların ayrı sınıflara konmasına ya da o tür noktalar için ayrı sınıfların açılmasına neden olur (Silahtaroğlu, 2008). Tipik k değerleri 3, 5 ve 7'dir (Maleq vd. 2002).

kNN algoritması için uygun k değerinin belirlenmesi çok önemlidir; çünkü k değerine göre sorgu noktasının hangi sınıfa ait olacağı değişebilmektedir. Bu durum Şekil 2.1' de gösterilmektedir. k=1 olması durumunda sorgu noktası "kare" sınıfına atanır. Yalnız k değerinin 3 olarak belirlenmesi durumunda ise sorgu noktası "üçgen" sınıfına atanır. k değerinin gittikçe daha büyümesi ise çeşitli sorunlara sebep olacaktır. Bu sorunlardan bir tanesi de sınıflardan herhangi biri için yeterli eğitim verisi bulunmuyorsa yani sınıflar arasındaki eğitim verilerinde bir dengesizlik söz konusu ise bu durumda test örneğinin yanlış bir sınıfa atanması söz konusu olabilir.



Şekil 2.1 k değerinin sınıflandırıcının tahminine etkisi

Eğitim verisi içerisinde bir sorgu noktasının veri noktalarına olan uzaklığı ortalama uzaklıktan çok farklı değilse o zaman en yakın komşuluk yararlı olmayabilir (Beyer vd. 1999). Bu durumun nedeni; sorgu noktasının, eğitim verilerini sınıflandırmak için kullanılan sınıfların ya da etiketlerin dışında bir etikete ya da sınıfa ait olması olasılığıdır. Yani eğitim verilerinin sınıflandırılması esnasında kullanılmayan sınıflar olabilir.

kNN yukarıda anlatıldığı gibi verilen bir gözleme en yakın k komşunun belirlenmesi ve sınıfı bilinmeyen yeni bir gözlem değeri için, bu k gözlem içindeki en fazla tekrar eden sınıfın seçilmesi esasına dayanıyordu. Ancak seçilen bu sınıf, sadece k komşunun göz önüne alınması nedeniyle her zaman uygun olmayabilir. Bu son aşamada k komşu arasında en çok tekrarlanan sınıfı seçme yöntemi yerine ağırlıklı oylama adı verilen bir yöntem uygulanabilir (Özkan, 2008).

Ağırlıklı oylama yöntemi gözlem değerleri için aşağıdaki bağıntıya göre ağırlıklı uzaklıkların hesaplanmasına dayanır:

$$d(i,j)' = \frac{1}{d(i,j)^2} \qquad (5)$$

Burada yer alan d(i,j) ifadesi i ve j gözlemleri arasındaki Öklid uzaklığıdır. Her bir sınıf değeri için bu uzaklıkların toplamı hesaplanarak ağırlıklı oylama değeri elde

edilir. En büyük ağırlıklı oylama değerine sahip olan sınıf değeri yeni gözlemin ait olduğu sınıf olarak kabul edilir (Özkan, 2008).

kNN gibi nonlineer metotlar düşük bias'a sahiptir. Buna karşılık yüksek varyansa sahiptir (Manning, 2008). Bir sınıflandırıcının bias'ı, sınıflandırıcının yapmış olduğu tahmin ile verinin gerçek sınıfı arasındaki fark olarak isimlendirilir. Bu farkın çok fazla olması sınıflandırıcının isabetli tahminler yapamadığını göstermektedir. Bir sınıflandırıcının varyansı ise sınıflandırıcının yaptığı tahminlerdeki değişim olarak ifade edilir. Yani bir sorgu noktası için yapılan tahminlerin birbirlerinden farklı olmasıdır.

2.5. k-Katlı Çapraz Doğrulama

Eğitim verisinin bir sınıflandırıcı tarafından öğrenilmesi için yeterli olup olmadığını belirlemenin farklı yolları vardır. Bu yollardan bir tanesi de k-Katlı Çapraz Doğrulamadır. k-Katlı Çapraz Doğrulama (CV) verinin yaklaşık olarak k eşit parçaya bölünerek bir sınıflandırıcının doğruluğunu tahmin etmek için bir yöntem sunar. Böylelikle sınıflandırıcı k defa test edilir ve eğitilir. Her zaman sınıflandırıcı veri kümesi üzerinde bir eksik katla eğitilir (Glossary of Terms, 1998). Yani k alt parçadan k-1 i eğitim için kullanılır. Geri kalan kat ise test verisi olarak kullanılır (Alpaydın, 2004). Sınıflandırıcının doğruluk tahmini ise k adet kat için ortalama doğruluktur (Glossary of Terms, 1998).

CV kullanılarak eğitim verileri için veri miktarında sınırlamalar yapılabilir (Witten vd. 2005). Böylelikle gereksiz miktarda verinin eğitim verisi içerisinden ayıklanması sağlanabilmektedir. Bu da kNN gibi hafıza tabanlı öğrenme (MBL) algoritmaları için performans kazancı sağlayacaktır. CV tekniğini kullanarak bias-variance ya da underfitting-overfitting değişimi dengede tutulabilmektedir (Mitchell, 1997).

CV tekniği hesaplamasal olarak çok maliyetlidir. Ancak sınıflandırıcının hata oranını tahmin etmek istediğimiz zaman çok yararlı bir metottur (Nilsson, 1996). Aynı zamanda sınırlı veriye sahip iki öğrenme algoritmasını birbiriyle kıyaslamak için de CV

kullanılır (Mitchell, 1997). Eğer bir sınıflandırıcının genelleme hatasını tahmin etmek için elde yeterince veri varsa bu verinin %50'si eğitim verisi, %25'i doğrulama verisi ve verinin geriye kalan %25'i ise test verisi olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra ML alanında doğrulama işlemi bir sınıflandırıcının parametrelerini ayarlamak için kullanılır (Witten vd., 2005). Bu da sınıflandırıcının genelleme yeteneğini test etmek için kullanılır (Alpaydın, 2004).

CV de önemli bir sorunda eğitim kümesi ile test kümesine dağılmış olan örneklerin sınıfları arasındaki dengesizliktir (Witten vd., 2005). Yani belirli bir sınıfa ait olan örneklerin hepsi ya da büyük çoğunluğunun test kümesine geri kalanların ise eğitim kümesine atanması problemidir. Bu sınıf dengesizliği veri kümesinden de kaynaklanabilir. Yalnız bu durum CV ile ilgili bir problem değildir. Bu sınıf dengesizliğinden dolayı sınıflandırıcı tam olarak bir öğrenme gerçekleştiremez. Bundan dolayı sınıflandırıcının hata oranları yüksek çıkabilir. Bu problemi çözmek için ise her bir sınıfın hem eğitim kümesi hem de test kümesi içerisinde dengeli bir biçimde dağılması gerekmektedir. Bu durum problemin çözümünü garanti etmektedir. Problemin çözümünde uygulanan bu süreç "stratification" olarak adlandırılır. "Stratification" eğitim ve test kümelerindeki dengesiz temsil edilmeye karşı öncü bir koruma sağlar (Witten vd., 2005). WEKA (http://www.cs.waikato.ac.nz), CV tekniği sırasında "stratification" sürecini uygular. Bu da güvenilir sonuçlar verir (Bouckaert vd., 2008).

Değişmeyen belirli bir veri örneği üzerinde bir öğrenme tekniğinin hata oranını tahmin etmenin standart yolu stratified 10-Katlı CV kullanmaktır. Bu durumda veri tüm veri kümesi üzerinde yaklaşık olarak aynı oranlarda temsil edilen sınıflara ait rastgele 10 parçaya bölünür. Her bir parça sırayla döndürülür. Ve parçaların onda dokuzu eğitim verisi olarak kullanılır. Daha sonra hata oranı dışarıda tutulan parça üzerinde hesaplanır. Böylece öğrenme süreci farklı eğitim kümeleri üzerinde toplam 10 defa yürütülür. Sonuç olarak, 10 hata tahmini bütün bir hata tahminini bulmak için ortalaması alınır (Witten vd., 2005).

k değerinin niçin 10 alındığına gelince: farklı öğrenme teknikleri kullanılarak yapılan çeşitli veri kümeleri üzerindeki yaygın testlerde hata oranının en doğru

tahminini yapmak için doğru sayının 10 civarında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda teorik kanıtlar da bu durumu desteklemektedir (Witten vd., 2005).

2.6. Özellik Seçimi

ML algoritmalarının karar alma süreçlerini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri de niteliklerin uygun olup olmadığıdır. İyi bir nitelik altkümesi seçildiği zaman temel olarak iki yaklaşım vardır. Birinci yaklaşım verinin genel karakteristiğine dayalı bağımsız bir değerlendirme yapmaktır; diğer yaklaşım ise öğrenme işlevi için kullanılan ML algoritmasını kullanarak nitelik altkümesini değerlendirmektir (Witten vd., 2005).

İlk yaklaşım kullanılarak öğrenme aşamasına başlanmadan önce öğrenmeye dayalı sistemin etkin kararlar alması için iyi bir öğrenme gerçekleştirmeye yardımcı olabilecek nitelikler belirlendi.

İkinci yaklaşımı kullanarak aynı zamanda niteliklerin seçiminde fayda teorisi (Parmigiani, 2009) yaklaşımı da kullanılmış oldu. Fayda Teorisi (UT) bir durum hakkında kararsız kaldığımız zaman rasyonel kararlar verme üzerine dayanır (Alpaydın, 2004). Bunu şu şekilde ifade edersek: daha önce gözlemlediğimiz nitelik x olsun ve S durumu ayrıntılı durumlardan oluşsun; S_k, k = 1,…,n. Buna göre x niteliğine ait olduğu bilinen S_k durumunun olasılığı $P(S_k|x)$ olarak hesaplanır. x niteliğini S_k durumuna atayan karar hareketi α_i ve fayda fonksiyonumuzu da U_{ik} olarak tanımlayalım. Böylece beklenilen fayda:

$$EU(\alpha_i | x) = \sum_k U_{ik} P(S_k | x) \tag{6}$$

Beklenilen faydayı maksimize eden hareket αi olduğunu varsayarsak x niteliği için αi hareketinin beklenilen faydası (7) eşitliğindeki gibi gösterilir.

$$EU(x) = \max_i \sum_k U_{ik} P(S_k | x) \quad (7)$$

Nitelik kümesine eklenen yeni bir niteliğimiz y olsun. Buna göre beklenilen fayda (8) eşitliğindeki gibi gösterilir.

$$EU(x,y) = \max_i \sum_k U_{ik} P(S_k | x,y) \quad (8)$$

Buna göre eğer EU(x,y) > EU(x) ise y niteliğinin dikkate değer bir nitelik olduğu söylenebilir. Yani nitelik kümesine eklenen yeni niteliğin beklenilen faydası önceki nitelik kümesinin beklenilen faydasından büyük ise o zaman yeni niteliğin yararlı bir nitelik olduğu söylenebilir.

2.7. İstatiksel Değerlendirme Ölçütleri

Bir sınıflandırıcının öğrenme sürecinin sonucunda ne kadar başarılı olduğuna karar verilmesi için çeşitli ölçütlere gereksinim vardır. Bu tez çalışmasına konu olan öğrenme sisteminin başarımını ölçmek için kullanılan ölçütler şunlardır: Kappa İstatistiği, F-Ölçütü değeri ve Ortalama Karesel Hatanın Karekökü'dür. Bu ölçütler aşağıda açıklanmaktadır.

2.7.1. Kappa istatistiği

Kappa İstatistiği (KS) bir veri kümesindeki tahmin edilen ve gözlenilen sınıflandırmalar arasındaki uyumu ölçmek için kullanılan bir ölçüttür (Witten vd., 2005). KS ilk Cohen (Cohen, 1960) tarafından ortaya konuldu (Witten vd., 2005). Cohen'e göre KS, iki gözlemci arasındaki uyum derecesini ölçmede kullanılan bir ölçüttür (Cohen, 1960). KS o zamandan beri birkaç disiplinde kullanıldı (Kılıçaslan vd., 2009). ML alanı da bu disiplinlerden bir tanesidir. KS, ML

alanında bir sınıflandırıcının doğruluğunu arttırmaya yardımcı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Kılıçaslan vd., 2009). KS şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$K = \frac{\Pr(a) - \Pr(e)}{1 - \Pr(e)} \tag{9}$$

Pr(a) sınıflandırıcının doğruluğunu göstermektedir ve Pr(e) aynı veri kümesi üzerinde rastgele bir biçimde tahmin yapan sınıflandırıcının elde etmiş olduğu beklenilen doğruluktur (Kılıçaslan vd., 2009). Yani yapılan tahminin ortaya çıkma olasılığıdır. Cohen'in KS'sine getirilen en büyük eleştiri bazen sezi ile beklenenden değişik sonuçlar vermesidir (Gwet, 2010). Yani iki sınıftan oluşmuş ve eşit büyüklükteki iki veri kümesi üzerinde yapılan öğrenme işlemi sonucunda sınıflandırıcının yapmış olduğu doğruluk oranları eşit olmasına rağmen KS değeri iki veri kümesi için de farklı çıkabilmektedir.

KS değeri -1 ve 1 arasında değer almaktadır. -1 değeri tümüyle bir uyumsuzluğu ya da ters yönde bir ilişki olduğunu göstermektedir. 1 ise mükemmel uyumu göstermektedir (Kılıçaslan vd., 2009). KS 0.4 ya da üzeri bir değere sahip ise şansın ötesinde kabul edilebilir bir uyumluluktan söz edilebilir (Landis vd., 1977). Landis ve Koch (1977) tarafından sunulan Kappa tablosu tablo 2.1' de gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Landis ve Koch'un Kappa değerleri tablosu.

Kappa	**Yorum**
< 0	Uyuşma yok
0.0 – 0.20	Önemsiz uyuşma
0.21 – 0.40	Orta derecede uyuşma
0.41 – 0.60	Kabul edilebilir uyuşma
0.61 – 0.80	Önemli derecede uyuşma
0.81 – 1.00	Mükemmel uyuşma

2.7.2. F-ölçütü

F-Ölçütü (F-Measure) değeri precision ve recall değerlerinin harmonik ortalaması olarak ifade edilir (Kılıçaslan vd., 2009). Pozitif ve negatif olarak sınıflandırılan örnekler için precision, pozitif olarak tahmin edilen örnekler içerisinden doğru olarak sınıflandırılan pozitiflerin oranını verir. Recall ise gerçek sınıfı pozitif olan örnekler içerisinden doğru olarak sınıflandırılan pozitif örneklerin oranını verir. Tablo 2.2'de iki sınıflı bir veri kümesinin doğruluk tablosu gösterilmektedir.

Tablo 2.2 İki sınıflı bir tahmin için doğruluk tablosu

		Tahmini Sınıf	
		Evet	Hayır
Gerçek Sınıf	Evet	Doğru pozitif (TP)	Yanlış pozitif (FP)
	Hayır	Yanlış negatif (FN)	Doğru negatif (TN)

$$\Pr ecision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{10}$$

$$\mathrm{Re}\, call = \frac{TP}{TP + FN} \tag{11}$$

$$F - Measure = \frac{2 \times \Pr ecision \times \mathrm{Re}\, call}{\Pr ecision + \mathrm{Re}\, call} \tag{12}$$

F-ölçütü özellikle eğitim verilerinin hazırlanış sürecinde sınıflandırıcının performansını arttırmak için önemli bir ölçüt olmaktadır. Bu açıdan Yılmaz

Kılıçaslan'ın (2008) sınıflandırıcıların performans analizinde f-ölçütü ve veri büyüklüğü arasındaki ilişkiyi ortaya koyduğu çalışma önemlidir (Kılıçaslan vd., 2009). Bu teze konu olan çalışmada da f-ölçütü ve veri büyüklüğü arasında çizilen öğrenme eğrisinden bir mutluluk grafiği (Russell vd., 2003) elde edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle gereksiz veriler ayıklanarak sınıflandırıcının performansı arttırılmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra geliştirilen uygulama da F-ölçütü sınıfların tanı için yeterli olup olmadığını tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Kabul edilebilir F-ölçütü değeri genellikle minimum 0.5 olarak alınır. Bu tez çalışmasında da bu değer 0.5 olarak alınmıştır.

2.7.3. Hata ölçütü: ortalama karesel hatanın karekökü

Ortalama Karesel Hatanın Karekökü (RMSE) Ortalama Karesel Hata değerinin karekökünün alınmasıyla hesaplanır. Ortalama Karesel Hata (MSE) belli başlı ve çok yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür. Birçok matematiksel teknik (lineer regresyon gibi) matematiksel olarak işlenmesi en kolay ölçüt olduğu için MSE'yi kullanır. ML'de kullanım alanı ise sınıflandırıcıların performans ölçümünü yapmaktır (Witten vd., 2005).

Bir tahmin edicinin hata oranı gelişigüzel bir tahmin yapmasından ya da doğru bir tahmin yapabilmesini sağlayacak bilgiyi yakalayamamasından dolayı meydana gelir (Lehmann vd., 1998). MSE ve RMSE değeri sıfıra ne kadar yakınsa hata oranı o kadar azdır. Ayrıca her öğrenme için MSE ya da RMSE'nin kabul edilebilir hata değeri farklıdır.

MSE ve RMSE'nin hesaplanmaları aşağıda gösterilmektedir. Buna göre p, yapılan tahmini değerleri; a ise gerçek değerleri ifade etmektedir.

$$MSE = \frac{(p_1 - a_1)^2 + \ldots + (p_n - a_n)^2}{n} \tag{11}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{(p_1 - a_1)^2 + \ldots + (p_n - a_n)^2}{n}} \tag{12}$$

2.8. Gürültü

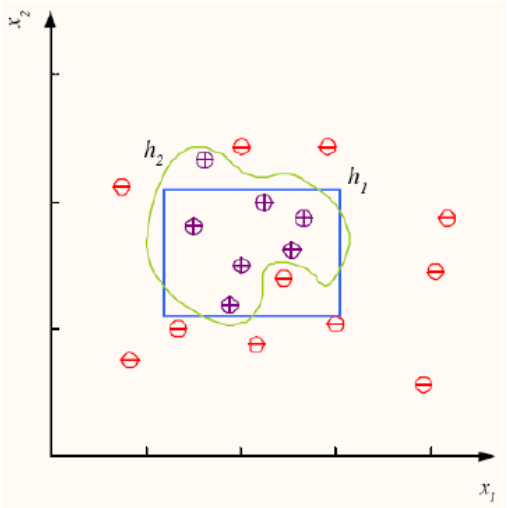
Gürültü, veride hiç istenmeyen bir anormalliktir. Verideki gürültüden dolayı, bir test verisinin sınıfını öğrenmek zor olabilir ve basit bir hipotez sınıfı için bile sıfır hata mümkün olmaz. Aynı zamanda, iki sınıflı bir veri kümesi için pozitif ve negatif örnekler arasında bile basit bir sınır yoktur (Alpaydın, 2004). Bu durum Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Gürültünün birkaç nedeni vardır. Bunlar:

- Veri kümesinin hazırlanışından kaynaklanan sorunlar olabilir.
- Veri kümesindeki bir örneğin sınıfını etkileyen ve göz önüne alınmayan ilave nitelikler olabilir. Bu gibi nitelikler gizli olabilir ve bu ihmal edilen niteliklerin etkisi gelişi güzel bir eleman gibi modellenir ve bu durumda veri içerisine gürültü dâhil edilmiş olur (Alpaydın, 2004).

Şekil 2.2'deki durum incelendiğinde veri kümesi içerisinde gürültü olmasaydı pozitif ve negatif örnekleri birbirinden ayırmak için h_1 hipotezi yeterli olacaktı. Yalnız gürültüden dolayı öğrenme algoritması h_1 hipotezi yerine h_2 hipotezini oluşturdu. Bu durumda h_1 hipotezi gibi basit bir modelden h_2 hipotezi gibi kompleks bir modele geçildi. Kompleks bir model kullanılarak veriye mükemmel bir uygunluk sağlanır (Alpaydın, 2004; Schölkopf vd., 2002). Basit bir model kullanımında ise bazı hatalar oluşabilir (Alpaydın, 2004). Yalnız basit bir modeli kullanmanın bazı avantajları mevcuttur. Bunları şu şekilde özetleyebiliriz:

- Hesaplamasal komplekslik daha düşük olduğu için kullanımı daha kolaydır (Alpaydın, 2004).
- Uzay kompleksliği daha düşük olduğu için eğitmek daha kolaydır. Yani bir dikdörtgen ile tanımlanan bir uzayın köşelerini bulmak daha kolaydır. Böylelikle bu köşeler ile kontrol yapmak ve sistemi eğitmek daha kolay olur (Alpaydın, 2004).
- Basit bir modeli açıklamak kolaydır. Bundan dolayı eğitim kümesi içinde yer alan ham veriden enformasyon çıkartabiliriz (Alpaydın, 2004).

- Basit bir model daha az varyansa sahip olduğundan dolayı kompleks bir modele göre daha iyi genelleme gücüne sahiptir. Bu prensip Occam'ın usturası (http://en.wikipedia.org) olarak bilinir (Alpaydın, 2004).



Şekil 2.2 Bir veri kümesinde gürültü

2.9. Bias-Varyans Ayrışımı

Bias-Varyans ayrışımı ML algoritmalarını anlamada anahtar bir araçtır. Son yıllarda deneysel çalışmalarda Bias-Varyans ayrışımının kullanımı gittikçe artmaktadır. Bias ve Varyans kavramları çok basit tahmin edicilerin çok karmaşık olanlara ne kadar üstün olabildiğini ve model topluluklarının basit modellere ne kadar üstün olabildiklerini açıklamaya yardım eder. Bias-Varyans ayrışımı diğer istatistiksel hata fonksiyonlarının yanı sıra karesel kayıplar için de türetilmiştir (Domingos, 2000). Bu türetme Geman, Bienenstock ve Doursat (Geman vd., 1992) tarafından yapılan bir çalışmada gösterildi. Bu gösterimde öğrenme algoritmasının ortalama hatası bias'ın karesi ile varyans'ın toplamı olarak ifade edilmektedir. Bu gösterimin dışında başka yazarlar bias-varyans değişimini farklı biçimde göstermektedirler. Bu gösterimlerden bir tanesi 0-1 kaybı için gösterilmiştir. Bu gösterimlerin önemli bir kısmı önemli

eksiklikler içermektedir (Domingos, 2000; James, 2003). Örneğin Kong ve Dietterich'in (Kong vd., 1995) 0-1 kaybı için yaptığı ayrışım varyans'ın negatif çıkmasına neden olmakta ve gürültüden kaynaklanan sorunları dikkate almamaktadır (Domingos, 2000). Kayıp fonksiyonu (loss function) olarak karesel hatayı kullanmak çok uygundur. Çünkü karesel hata, onu kullanmayı çok cazip kılan bias-varyans ayrışımı gibi iyi bilinen matematiksel özelliklere sahiptir (James, 2003).

ML alanında bias ve varyans kavramlarını kısaca açıklayacak olursak ML alanında bias gerçek değer ile tahmini değer arasındaki fark; Varyans ise yapılan tahminlerin ortalama tahminden ne kadar saptığı olarak açıklanır. Şimdi ML alanında MSE'nin bias-varyans ayrışımı olarak ifadesini verelim. Yalnız bu işlemlerden önce istatistiksel olarak "beklenen değer" ifadesini açıklayalım. Çünkü matematiksel olarak MSE'nin ayrıştırılmasında "beklenen değer" oldukça sık kullanılmaktadır.

S bir deneydeki örneklem uzayı olarak varsayılsın. Deneyin sonuçları yani S'nin örneklem noktaları sayı olmayabilir. Bununla beraber çoğu zaman her sonuca belirli bir sayı bağlanır. Örneğin bir çift zardaki sayılar toplamı, briçteki asların sayıları v.b. Böyle sayılara rastlantı değişkenleri ya da rassal değişken denir. Buna göre X, sonlu görüntü kümeli örneklem uzayındaki $X(S) = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ gibi bir rassal değişken olsun. X(S) olasılık uzayında, x_i'nin olasılığı $f(x_i)$ biçiminde yazılan $P(X=x_i)$ olarak tanımlanarak yapılır. X(S)'deki bu f fonksiyonu, yani $f(x_i) = P(X=x_i)$ olarak tanımlanan fonksiyona X'in dağılım ya da olasılık fonksiyonu denir (Lipschutz, 1990). Buna göre f dağılımı için;

(i) $f(x_i) \geq 0$

(ii) $\sum_{i=1}^{n} f(x_i) = 1$ Koşullarını sağlar.

Şimdi X yukarıdaki dağılımı olan bir rassal değişken ise X'in E(X), E, μ_x ya da μ biçiminde gösterilen ortalama ya da beklenen değeri

$$E(X) = x_1 f(x_1) + x_2 f(x_2) + \ldots + x_n f(x_n) = \sum_{i=1}^{n} x_i f(x_i) \qquad (13)$$

Olarak tanımlanır. Kısacası E(X) bir rassal değişkenin alabileceği bütün değerlerin, olasılıklarıyla çarpılması ve bu işlemin bütün değerler üzerinden toplanmasıyla elde edilen değerdir. Ayrıca X'in olası değerlerinin ağırlıklı ortalaması da denilmektedir. Beklenilen değerin çeşitli özellikleri vardır. Bunlar aşağıda gösterilmektedir.

- Sabit sayıların beklenen değeri kendisine eşittir, yani a bir sabit ise E(a) = a'dır.
- a ve b sabit sayılar ve X bir değişken olmak üzere E(aX) = aE(X) ve E(aX = b) = aE(X) + b olur.
- a sabit bir sayı, X bir değişken ve Y=U(X) olarak tanımlanmış bir başka değişken (X değişkeninin bir fonksiyonu) ise E(aY) = E(aU(X)) = aE(U(X)) dir.

Diğer önemli bir konu da beklenen değerin koşullu olma durumudur. Bu durumda koşullu dağılımlardan elde edilen beklenen değere koşullu beklenen değer denir. X değişkeninin A gibi olaya göre koşullu beklenen değeri E(X|A) biçiminde gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$E(X \mid A) = \sum_{x \in A} xP(x \mid A) \tag{14}$$

(14) eşitliğinde tanımlanan P(x | A) koşullu olasılığı şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$P(x \mid A) = \frac{P(x)}{P(A)} \tag{15}$$

Bu koşullu olasılık bize, A olayı bilindiği taktirde x'in olma olasılığını verir ve x'in olasılığının hesaplanmasında ek bilgi verir.

Şimdi bir tahmin edicinin MSE'sinin bias-varyans ayrışımını inceleyelim. Buna göre T = {(x_1, a_1), (x_2, a_2), …, (x_N, a_N)} şeklinde bir eğitim kümesi verilmiş olsun. Bu eğitim kümesinin tahmin edicisi p=g(x) olsun ve bu tahmin edici f=f(x) şeklinde tanımlanan gerçek fonksiyona yaklaşmaya çalışsın. Eğitim kümesi T için gürültü olduğu varsayılarak çıkışlar a = f + ε şeklinde farzedilmekte olup E[ε] = 0'dır. Çünkü beklenen

değerin birinci özelliğine göre sabit değerlerin beklenen değeri sıfırdır. Böylece bu tahmin edicinin MSE'si aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(a_i - p_i)^2 \tag{16}$$

Buna göre tahmin edicinin tahmin başarımını değerlendirmek için bir f(x)'den oluşan bir test örneğini test ederek g(x) için beklenen MSE değerini elde edebiliriz. Beklenen MSE değeri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$E[MSE] = E\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(a_i - p_i)^2\right] = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}E\left[(a_i - p_i)^2\right] \tag{17}$$

Şimdi (17) eşitliğinde tanımlanan eşitliğin sağ tarafına eşitliği bozmayacak şekilde eklemeler yapalım. Buna göre:

$$\begin{aligned} E\left[(a_i - p_i)^2\right] &= E\left[(a_i - f_i + f_i - p_i)^2\right] \\ &= E\left[(a_i - f_i)^2\right] + E\left[(f_i - p_i)^2\right] + 2E\left[(f_i - p_i)(a_i - f_i)\right] \\ &= E\left[\varepsilon^2\right] + E\left[(f_i - p_i)^2\right] + 2\left(E[f_i a_i] - E\left[f_i^2\right] - E[p_i a_i] + E[p_i f_i]\right) \\ &= E\left[\varepsilon^2\right] + E\left[(f_i - p_i)^2\right] + 0 \\ &= E\left[\varepsilon^2\right] + E\left[(f_i - p_i)^2\right] \end{aligned} \tag{18}$$

Yukarıdaki eşitlikte son terim sonuç olarak sıfıra eşittir. Bunu göstermek için her bir terimin sonucunu hesaplayalım. Buna göre:

- $E[f_i a_i] = E[f_i].E[a_i]$ dir ve $E[a_i] = f_i$ olduğundan dolayı sonuç $E[f_i^2]$ olarak bulunur. Ayrıca f(x) fonksiyonu kararlı olduğu için $E[f_i a_i] = f_i^2$ şeklinde hesaplanır.
- f(x) fonksiyonu kararlı olduğu için $E[f_i^2] = f_i^2$ şeklinde hesaplanır.

- Eğitim verisinde gürültü olduğu varsayıldığından dolayı gerçek değerler $a = f + \varepsilon$ şeklinde hesaplanmaktadır. Ayrıca $E[\varepsilon] = 0$'dır. Buna göre $E[p_i a_i]$ şu şekilde yazılabilir: $E[p_i(f_i + \varepsilon)] = E[p_i f_i + p_i \varepsilon] = E[p_i f_i] + 0 = E[p_i f_i]$'dır.

Bu durumda son terim aşağıdaki gibi sıfır olarak hesaplanır:

$$\begin{aligned} 2\left(E[f_i a_i] - E[f_i^2] - E[p_i a_i] + E[p_i f_i]\right) &= 2\left(E[f_i^2] - E[f_i^2] - E[p_i f_i] + E[p_i f_i]\right) \\ &= 2(0) \\ &= 0 \end{aligned} \tag{19}$$

Böylelikle MSE, verideki gürültüden kaynaklanan varyans ve gerçek fonksiyon ile tahmin edilen değerler arasındaki MSE olarak ayrıştırılabilir. Şimdi (18) eşitliğindeki sonucu oluşturan ifadelerden son terimi alalım: $E[(f_i - p_i)^2]$. (18) eşitliğinde yaptığımız ekleme işlemlerinin bir benzerini bu ifade için de uygulayalım. Buna göre:

$$\begin{aligned} E[(f_i - p_i)^2] &= E[(f_i - E[p_i] + E[p_i] - p_i)^2] \\ &= E[(f_i - E[p_i])^2] + E[(E[p_i] - p_i)^2] + 2E[(f_i - E[p_i])(E[p_i] - p_i)] \\ &= bias^2 + Var(p_i) + 2\left(E[f_i E[p_i]] - E[f_i p_i] - E[E[p_i]^2 + E[p_i E[p_i]]]\right) \\ &= bias^2 + Var(p_i) + 0 \\ &= bias^2 + Var(p_i) \end{aligned} \tag{20}$$

Yukarıdaki eşitlikte son terim yine sıfır olarak hesaplanmaktadır. Bunu göstermek için son terimin her bir teriminin sonucunu hesaplayalım. Buna göre:

- f(x) kararlı bir fonksiyon ve $E[E[z]] = z$ olduğu için $E[f_i E[p_i]] = f_i E[p_i]$ olarak hesaplanır.

- $E[E[p_i]^2] = E[p_i]^2$ olarak hesaplanır.

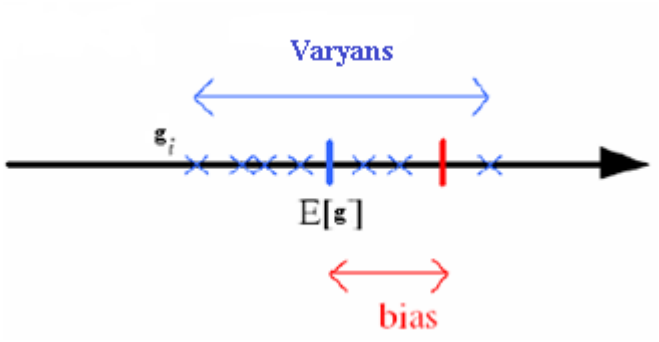
- $E[p_i f_i] = f_i E[p_i]$ olarak hesaplanır.
- $E[p_i E[p_i]] = E[p_i]^2$ olarak hesaplanır.

Bu durumda son terim aşağıdaki gibi sıfır olarak hesaplanır:

$$2\left(E\left[f_i E\left[p_i\right]\right] - E\left[f_i p_i\right] - E\left[E\left[p_i\right]^2 + E\left[p_i E\left[p_i\right]\right]\right]\right) = 2\left(f_i E\left[p_i\right] - f_i E\left[p_i\right] - E\left[p_i\right]^2 + E\left[p_i\right]^2\right)$$
$$= 2(0) \quad (21)$$
$$= 0$$

Sonuç olarak beklenen MSE'nin ayrıştırılmasıyla aşağıdaki yapı oluşur. Ayrıca g(x) tahmin edicisinin yaptığı tahminler, bias ve varyans Şekil 2.3' te gösterilmektedir.

$$E\left[\left(a_i - p_i\right)^2\right] = Var(Gürültü) + bias^2 + Var(p_i) \quad (22)$$



Şekil 2.3 g tahmin edicisinin bias ve varyansı

(22) eşitliğindeki son duruma göre Gürültünün varyansı minimize edilemez (James, 2003; Vijayakumar, 2011). Çünkü Gürültü tahmin ediciden bağımsızdır. MSE'yi minimize etmek için bias ve varyansı azaltmak gerekmektedir. Ancak bunu yapmak önemli değildir. Çünkü giriş verilerini önemsemeyip bir şekilde çıkışı tahmin etmeye çalışmak kesinlikle yapılan tahminlerin varyansını minimize edecektir. Ancak

yapılan tahminlerin bias'ı son derece fazla olacaktır. Genellikle uygun bias-varyans değişimini bulmak zordur. Ancak CV gibi yollarla uygun çözümler bulunabilir (Vijayakumar, 2011).

Şimdi yukarıda tanımladığımız bias-varyans ayrışımını biraz daha ayrıntılı inceleyip tahmin edicinin bias ve varyansını eğitim kümesinin değişimine göre yorumlayalım. Böylelikle eğitim kümesi ile tahmin edici arasındaki ilişki iyi bir biçimde analiz edilebilir. Buna göre bilinmeyen ortak bir olasılık dağılımından oluşan bir $X=\{x^t, r^t\}$, $t=1, \ldots, N$ örneği olsun. Bu örneği kullanarak g(x) tahminlerimizi oluşturalım. Buna göre beklenen karesel hata aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E\left[(r-g(x))^2 \mid x\right] = \underbrace{E\left[(r-E[r \mid x])^2 \mid x\right]}_{Gürültü} + \underbrace{(E[r \mid x]-g(x))^2}_{Karesel\ Hata} \tag{23}$$

(23) eşitliğinde sağ taraftaki ilk terim verilen x'in çıkışının varyansıdır. Yani r'nin varyansıdır. Bu durum eğitim verisinde gürültü olarak adlandırılır ve bu durum g(x)'ten bağımsızdır. Bundan dolayı hatanın bu kısmı kullandığımız tahmin edici ne olursa olsun azaltılamaz (Alpaydın, 2004). İkinci kısım ise g(x)'in f(x)'ten ne kadar saptığını gösteren kısmıdır. Hatanın bu kısmı eğitim kümesi ve tahmin ediciye bağımlıdır (Alpaydın, 2004). Bu durumda bir örnek için tahmin edici yani g(x) çok iyi uygunlukta olabilir. Ancak diğer bazı örnekler için ise g(x) çok kötü bir uygunluk gösterebilir. Bu durumda g(x) tahmin edicisinin ne kadar iyi tahminler yaptığını değerlendirmek için olası veri kümelerinin ortalamasını almak gerekmektedir (Alpaydın, 2004). Buna göre aynı olasılık yoğunluk fonksiyonu ile oluşan N elemanlı bir X örneğinin ortalama hatası ya da hatanın beklenen değerinin ayrışımı aşağıdaki gibidir:

$$E_x\left[(E[r \mid x]-g(x))^2 \mid x\right] = \underbrace{(E[r \mid x]-E_x[g(x)])^2}_{bias} + \underbrace{E_x\left[(g(x)-E_x[g(x)])^2\right]}_{\text{var } yans} \tag{24}$$

Buna göre değişen örnekler için bias ve varyansı tahmin etmeye çalışalım. Bunun için $X_i=\{x_i^t, r_i^t\}$, $i=1, \ldots, M$ gibi bir veri kümesi oluşturalım. Bu veri kümesinin gerçek

fonksiyonu f(x) olsun ve değişen her bir örneğimiz için tahmin fonksiyonumuz $g_i(x)$ olsun. Buna göre yapılan ortalama tahmin fonksiyonu ya da beklenen tahmin fonksiyonu E[g(x)] aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E[g(x)] = \bar{g}(x) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} g_i(x) \tag{25}$$

Bu durumda bias ve varyans aşağıdaki gibi hesaplanır:

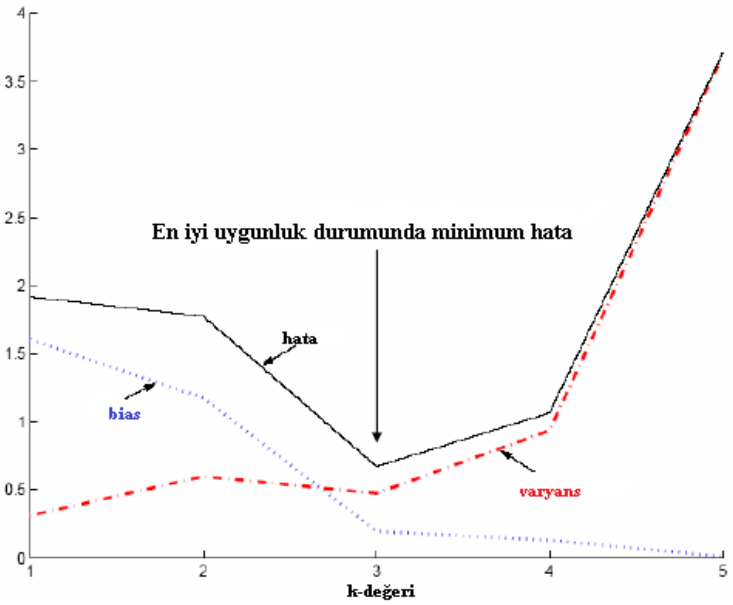
$$bias(g)^2 = \frac{1}{N} \sum_t \left[\bar{g}\left(x^t\right) - f\left(x^t\right) \right]^2 \tag{26}$$

$$\text{var } yans(g) = \frac{1}{NM} \sum_t \sum_i \left[g_i\left(x^t\right) - \bar{g}\left(x^t\right) \right]^2 \tag{27}$$

Şeklinde hesaplanır. Buna göre bias ve varyans hesaplamalarına göre aşağıdaki yorumları yapabiliriz:

- Tahmin fonksiyonu gerçek fonksiyondan daha basit ise bu durumda bias artar. Eğer tahmin fonksiyonu gerçek fonksiyondan daha kompleks ise bu durumda da tahmin edicinin varyansı artar.
- Tahmin fonksiyonunun bias'ı arttığı zaman varyans'ı düşer, varyans'ı arttığı zaman da bias'ı düşer. Bu durum bias-varyans ikilemi olarak isimlendirilir ve bias-varyans ikilemi herhangi bir makine öğrenmesi sistemi için sözkonusudur (Geman vd., 1992). Bundan dolayı uygun bias–varyans değişimini bulmak zordur (Vijayakumar, 2011). Bunun için eğitim kümesinin değişimine bağlı olarak MSE grafiği oluşturulur ve bir mutluluk grafiği (Russell vd., 2003; Kılıçaslan vd., 2009) elde edilmeye çalışılarak uygun bias-varyans değişimi yakalanabilir. MSE, bias ve varyansın birbirlerine göre durumunu gösteren grafik Şekil 2.4' te gösterilmektedir.
- Eğer tahmin edici de bias varsa, model sınıf çözümü içermez. Buna underfitting denir. Eğer varyans varsa, model sınıfın genelleme gücü uygunluğun üzerinde olur ve verideki gürültüleri de öğrenir. Buna da

overfitting denir. Bu durumda sınıfı belli olan bir test verisi fazla genellemeden dolayı farklı bir sınıfa atanabilir.



Şekil 2.4 kNN sınıflandırıcının k değerine bağlı olarak MSE, bias ve varyans değişiminin grafiği

3. GPRS SİSTEM MİMARİSİ

Herhangi bir yerden alınan verilerin mekândan bağımsız olarak takip edilebilmesi ve istenilen bir yere kablosuz olarak gönderilebilmesi bir çok uygulama alanında istenmektedir (Yaşar, 2009). Fakat GPRS teknolojileri geliştirilene kadar bu konuda çok fazla yol alınamamış ve bu veriler ya sabit hatlı telefon ağları üzerinden veya kısa mesafede radyo frekanslı veri aktarım modelleri ile gönderilmeye çalışılmıştır (Lee ve Moghavvemi, 2002). GSM sistemlerinin gelişimi ile CSD teknolojisi ile veriler iletilmeye başlanmıştır (Dinçkal, 2006). Fakat bu iletim hem noktadan noktaya olarak hemde çok düşük veri transfer oranına sahip olduğu için çok fazla tercih edilmemiştir. 3. Nesil GSM teknolojisleri ile geliştirilen GPRS teknolojisi sayedsinde iletişim internet erişimli ve yüksek veri transfer oranları ile yapılmaya başlanmıştır (Parmigiani ve Inoue, 2009).

Bu tez çalışmasında kişilerden elde edilen çeşitli veri ve parametrelerin GPRS teknolojisiyle istenen web adresine gönderilebilmektedir. GPRS teknolojisinin kullanımının tercih edilmesinin sebepleri içerisinde GPRS sisteminin kullanım kolaylığı, maliyet uygunluğu, mekandan bağımsızlığı, kablosuz bir iletişim alt yapısına sahip oluşu, verileri hızlı ve kayıpsız bir şekilde aktarabilme özelliği ve veri transferini internet üzerinden yapabiliyor olması gösterilebilir. Bu nedenle bu bölümde GPRS teknolojsi ve alt yapısı anlatılacaktır.

3.1. GPRS Sisteminin Gelişimi

İnternetin giderek yaygınlaşması ve gün geçtikçe daha fazla kullanım alanına sahip olması ile GSM'in veri haberleşmesi ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu nedenle ETSI 1997 yılında GSM Faz 2+ standardını yayınlamıştır. İkinci nesil sistemler ile üçüncü nesil sistemler arasında geçiş görevi gören bu sistem paket anahtarlamalı radyo hizmeti (GPRS) olarak adlandırılmaktadır.

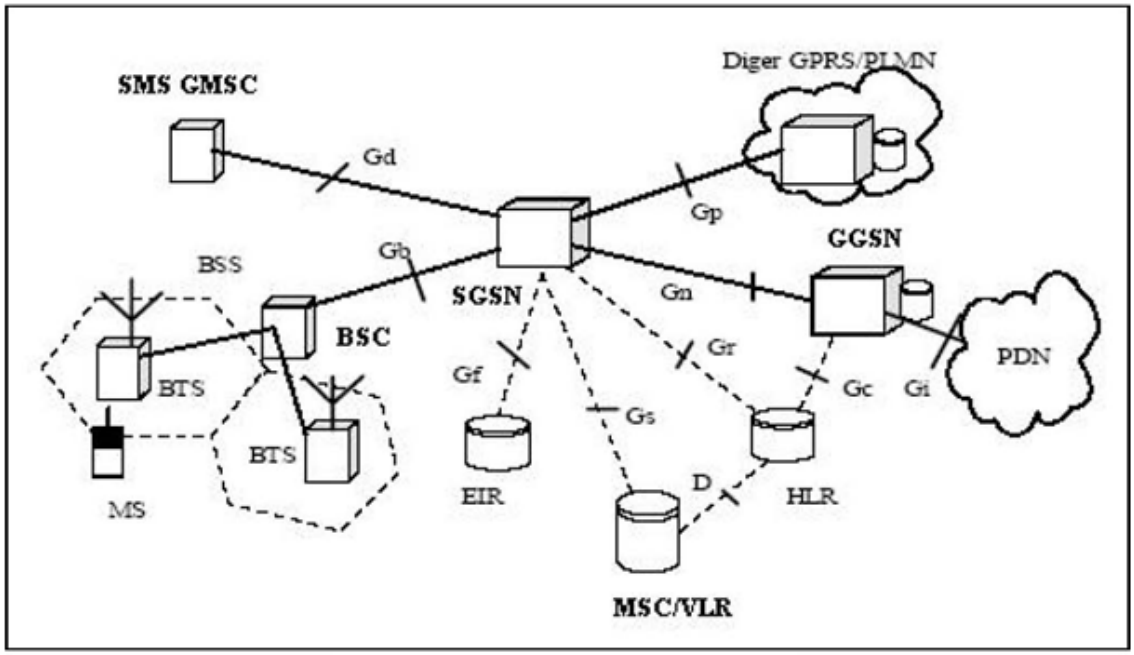
Paket anahtarlamalı haberleşme sistemlerinde, veri trafiğinin patlamalı olması (örnek: internet) durumlarında radyo kaynakları daha verimli kullanılmaktadır. GSM sistemi üzerine geliştirilen GPRS ile GSM'in paket veri iletim yeteneğinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. GPRS orijinal olarak paket anahtarlamalı bir sistem olduğundan patlamalı veri iletimini etkin bir biçimde destekleyebilmektedir. GPRS' in ücretlendirme yapısı GSM' den farklıdır. GSM' de aboneler şebekeye bağlı oldukları süreye göre ücretlendirilirken GPRS' te aboneler genelde gönderdikleri ve aldıkları veriye göre ücretlendirilirler. GPRS' te abone mobil cihazı açık olduğu sürece şebeke ile mobil cihaz arasında her zaman pasif bir bağlantı bulunmaktadır. Böylece e-posta hizmeti gibi arka planda çalışan hizmetler desteklenirken gerektiğinde veri iletimi için şebeke ile mobil cihaz arasındaki bağlantının en kısa zamanda aktif hale gelmesi sağlanmaktadır. GPRS, mevcut GSM altyapısına paket haberleşmesi için yeni cihazlar ekleyerek bu hizmeti vermektedir. Bu sebeple GPRS ile GSM aynı frekans bantlarını, aynı çerçeve yapısını ve aynı modülasyon tekniklerini kullanmaktadır (Dinçkan, 2006).

3.2. GPRS Sistemi Tanımı

GPRS, mobil kullanıcılara GSM şebekesi üzerinden herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerden veri ağlarına ulaşma hizmeti sağlamaktadır. GPRS sistemi, devre anahtarlamalı GSM sistemi üzerinde paket anahtarlamalı olarak çalışarak şebekenin ve radyo kaynaklarının etkin kullanımını sağlamaktadır. GPRS servisi verebilmek için şebeke üzerinde yeni radyo kanalları tanımlanmakta ve bu kanalların abonelere atanması ihtiyaca göre dinamik olarak yapılmaktadır. Haberleşmede kullanılan her bir TDMA çerçevesindeki 1–8 arası radyo arayüzü zaman kanalları aktif kullanıcılar tarafından kullanılabilmekte, bu kanallar konuşma ve veri servisleri arasında dinamik olarak paylaşılmaktadır. Bir zaman kanalı ile ulaşılabilecek en yüksek hız 21.4 kbit/sn'dir. Bir abonenin bütün zaman kanallarını aynı anda kullanması durumunda erişebileceği maksimum teorik hız 171.2 kbit/sn olmaktadır (Sanders, 2003).

3.3. GPRS Sistem Yapısı

GPRS, ETSI tarafından var olan GSM yapısı üzerinde değişiklikler yapılarak meydana getirilmiş ve hizmete sunulmuştur. GPRS sistem yapısı şekil 3.1`de görüldüğü gibidir. GPRS, kullanıcıya bir MS (Mobil İstasyon) ile internete erişim imkânı sağlar.



Şekil 3.1 GPRS sistem yapısı

Bir mobil istasyon, GPRS sisteminde kullanıcının üzerinde işlem yaptığı, veri paketini iletmek ve almak için kullandığı bilgisayar terminali olan TE (Terminal Cihazı) ve bir GSM telefonu olan MT (Mobil Terminal)'den meydana gelir.

GPRS, mevcut GSM altyapısını kullanmaktadır. Mevcut GSM yapısı içerisine GPRS'i entegre edebilmek için birtakım eklentilere ihtiyaç duyulmuş ve GPRS destek düğümleri (GSN=GPRS Support Node) adı verilen yeni bir ağ düğümleri sınıfı GSM sistemine ilave edilmiştir. GSM sistemine eklenen bu düğümleri şu şekilde sıralayabiliriz;

3.3.1. Harici Paket Veri Ağları (PDN)

PDN (Packet Data Networks), Gezgin istasyonlar arasındaki veri paketlerinin yönlendirilmesinden sorumludur.

3.3.2. Sunucu GPRS Destek Düğümü (SGSN)

SGSN (Serving GPRS Support Node), servis alanı içerisindeki gezgin istasyona giden ve istasyondan gelen veri paketlerinin dağıtımından sorumludur. SGSN'nin görevleri arasında, paket yönlendirme ve transfer, hareketlilik yönetimi (bağlama, ayırma ve konum yönetimi), mantıksal link yönetimi, doğrulama ve yükleme fonksiyonları gibi işlevler de gelmektedir. SGSN'nin konum kayıtçısı, kayıtlı GPRS kullanıcıların profillerini ve konum bilgilerini kaydeder.

3.3.3. Ağ Geçidi GPRS Destek Düğümü (GGSN)

GGSN (Gateway GPRS Support Node), harici paket veri ağları ve GPRS kaburgası arasında bağdaştırma görevi yapar. SGSN'den gelen GPRS paketlerini uygun paket veri protokolüne (PDP=Packet Data Protocol) (IP veya X.25 gibi.) dönüştürür ve paket veri ağına gönderir. Tersi istikametinde ise gelen veri paketlerinin PDP adresleri hedef kullanıcının GSM adresine dönüştürülür. Yeniden adreslenen paketler sorumlu SGSN'e gönderilir. Bu amaçla, GGSN kullanıcının mevcut SGSN adresini ve profilini kaydeder. GGSN aynı zamanda doğrulama ve yükleme fonksiyonlarını da üstelenir. Bir GGSN birçok SSGN için harici paket veri ağları için bir arabirimdir. SGSN ise sahip oldukları paketleri farklı GGSN'ler üzerinden farklı ağlara gönderir.

3.4. GPRS Sisteminin Çalışması

Şekil 5.1'deki Gb arabirimi BSC ile SGSN arasında bağlantı kurar. Gn ve Gp arabirimleri vasıtası ile kullanıcı verileri ve işaret verilerinin GSN'ler arasında transferi gerçekleşir. Eğer SGSN ve GGSN aynı PLMN içerisinde ise Gn arabirimi, farklı PLMN içerisinde ise Gp arabirimleri kullanılır. Bütün GSN'ler bağlantılarını IP tabanlı GPRS omurgaları ile gerçekleştirir. GSN'ler PDN paketlerini GPRS tünel protokolünü (GTP=GPRS Tunneling Protocol) kullanarak iletir. GPRS omurgaları iki gruba ayrılabilir.

Intra-PLMN omurga ağları aynı PLMN (Yerel Karasal Mobil Telefon Ağı) içerisindeki GSN'leri bağlar.

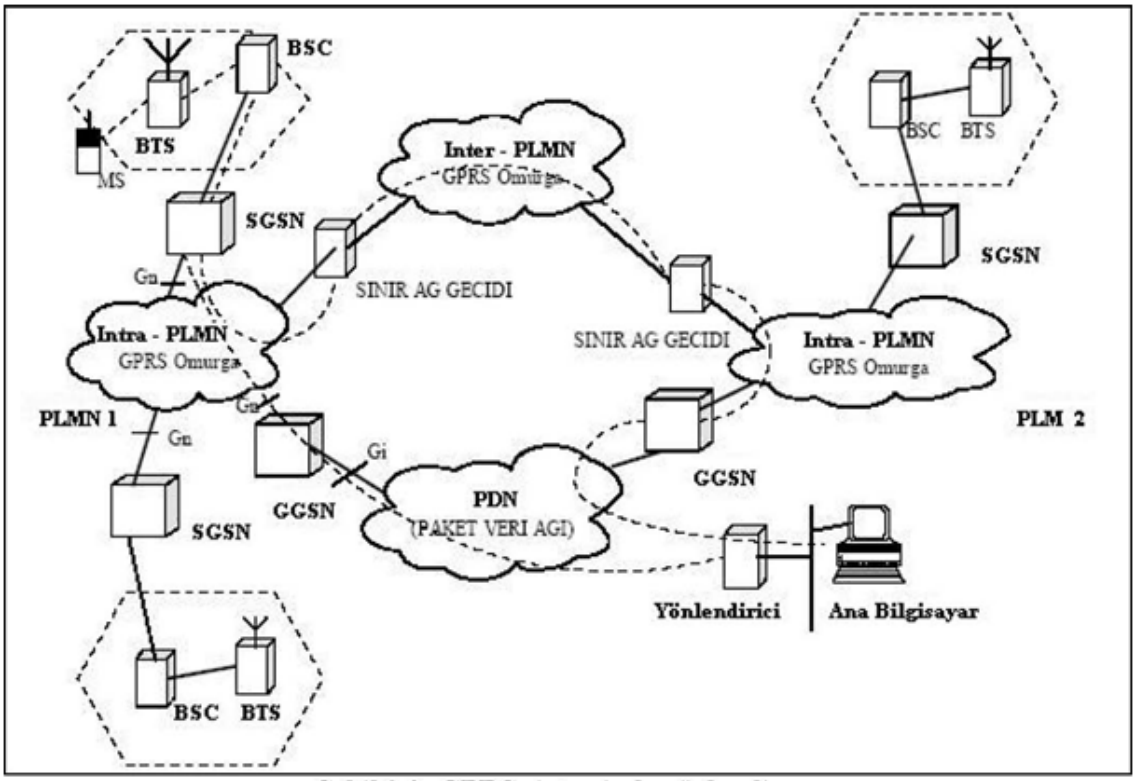
Inter-PLMN omurga ağları ise farklı PLMN içerisindeki GSN'ler arasında bağlantı kurar.

Şekil 3.2`de ise bir inter-PLMN omurga ile birbirlerine bağlanmış farklı iki intra-PLMN omurga ağı gösterilmiştir. PLMN ile harici inter-PLMN arasındaki ağ geçidi sınır ağ geçidi olarak adlandırılır. Sınır ağ geçitleri kayıtsız kullanıcılara ve istenmeyen saldırılara karşı sistemi savunma görevini yerine getirir. İki SGSN arasındaki Gn ve Gp arabirimleri bir gezgin istasyon bir bölgeden başka bir bölgeye geçtiği zaman kullanıcı profillerindeki değişikliklere müsaade eder. Gi, PLMN ile İnternet veya kurumsal intranetler arasında bir arabirim oluşturur.

HLR, PLMN içerisindeki her GPRS kullanıcıları için PDP adreslerini, mevcut SGSN adreslerini ve kullanıcı profil bilgilerini saklar. Gr arabirimi HLR ve SGSN arasında bilgi alışveriş görevini üstlenir. SGSN bir gezgin istasyonun mevcut konumu hakkında HLR'yi bilgilendirir. Kullanıcının konumu ve profilini sorgulamak için ve dolayısıyla konum kayıtçısındaki bilgileri güncelleyebilmek için GGSN ile HLR arasındaki işaretleşme yolu GGSN tarafından kullanılabilir.

Ayrıca devre anahtarlamalı hizmetler (geleneksel GSM) ve paket anahtarlamalı hizmetler (GPRS) arasındaki koordinasyonu sağlamak için MSC/VLR devreye sokulabilir. Devre anahtarlamalı GSM çağrılarının sayfalama istekleri SGSN tarafından

yerine getirilebilir. Bu amaçla Gs arabirimi SGSN ve MSC/VLR veri tabanlarını birbirine bağlar. GPRS ile SMS mesaj alışverişini gerçekleştirebilmek için Gd arabirimi tanımlanmıştır. Gd arabirimi SGSN ile SMS-GMSN kısımlarını birbirine bağlar.



Şekil 3.2 GPRS Sisteminde yönlendirme

3.4.1. Yönlendirme

Şekil 3.2, GPRS sisteminde paketlerin nasıl yönlendirildiğine dair bir örnektir. Paket veri ağının bir IP ağı olduğunu kabul edelim. PLMN1 içerisinde yerleştirilmiş bir GPRS gezgin istasyon IP ağına bağlanmış bir sunucuya IP paketleri gönderir. SGSN gezgin istasyondan gelen IP paketleri kaydeder, PDP bağlamını denetler ve paketleri intra-PLMN GPRS omurgası içerisinden uygun GGSN'e yönlendirir. GGSN paketleri ayırır ve IP ağı üzerinden dışarı gönderir.

Paketlerin hedef ağın yönlendiricisine erişim için IP yönlendirme mekanizmaları kullanılır. Şekil 5.2'deki gezgin istasyonun H-PLMN'i PLMN2 olsun. Gezgin istasyona IP adresi PLMN2'deki GGSN tarafından tahsis edilir. Böylece gezgin istasyonun IP adresi PLMN2 içerisindeki GGSN ile aynı ağ öneklerine sahiptir. Yabancı sunucu gezgin istasyona IP paketlerini gönderirken, paketler IP ağ üzerinden gönderilir ve GGSN'e yönlendirilir. Daha sonra HLR sorgulanır ve gezgin istasyonun PLMN1 içerisindeki mevcut konum bilgisi elde edilir. IP paketleri hazırlanır ve inter-PLMN GPRS üzerinden PLMN içerisindeki uygun SGSN'e yönlendirilir. SGSN paketleri ayırır ve gezgin istasyona gönderir.

3.4.2. GPRS Terminalleri

GPRS ve GSM sistemleri birlikte çalışmayı ve kullanıcılar arasında kaynakların dinamik olarak paylaşımını destekler. Bu sebeple terminaller üç sınıfa ayrılmışlardır.

A sınıfı gezgin istasyon, kullanıcıya herhangi bir kesinti olmaksızın devre anahtarlamalı ve paket anahtarlamalı bağlantıları aynı anda destekler.

B sınıfı gezgin istasyon, GSM ve GPRS'e aynı anda bağlantı yapabilir, fakat bir sesli çağrı geldiğinde GPRS ile veri transferi geçici olarak beklemeye alınır ve sesli görüşme sona erdikten sonra veri transferi kaldığı yerden devam eder. Yani A sınıfı gezgin istasyonundan farkı, herhangi bir anda sadece iki hizmetten birisini kullanabilir.

C sınıfı gezgin istasyon ise herhangi bir anda protokollerden sadece bir tanesine erişime imkânı sağlar. Diğer bir ifade ile hem GPRS hem de geleneksel GSM hizmetlerine erişim yapabilen C sınıfı gezgin istasyonda aynı anda kullanım ve kayıt mümkün değildir. Sadece SMS mesajları aynı zamanda alınabilir ve gönderilebilir.

Bir GPRS gezgin istasyonu, modem gibi bir arabirime erişimi sağlayan, tipik bir telefon alıcısı olan gezgin terminal ve bir dizüstü bilgisayar veya kişisel sayısal yardımcı (PDA) olan bir terminal aygıttan oluşur (http://www.nedirkimdirnasil.com, 2011).

3.5. GPRS Kodlama Teknikleri

Bu bölümde GPRS üzerinden gerçekleşen veri transferi detaylandırılacaktır. Bilindiği üzere GSM sistemi, her bir taşıyıcı frekans için 8 adet zaman kanalına sahiptir. Konuşma sırasında bu kanallardan bir tanesi mobil istasyona atanır ve konuşma bitinceye kadar mobil istasyon tarafından kullanılır. GSM şebekesi üzerinden devre anahtarlamalı veri aktarımı içinde aynı durum söz konusudur. Mobil istasyon veri aktarımı için bir adet zaman kanalına sahiptir. Bu zaman kanalının hızı gerçekte 21.8 kbit/sn'dir. Fakat transfer edilen verinin doğru ve tam biçimde transfer edildiğinden emin olmak için transfer edilen verinin bir kopyası başka zaman kanalları tarafından iletilir. Sonuçta her zaman kanalı kendisine ve diğer zaman kanallarına ait yedek verinin iletimini gerçekleştirir. Bu çalışma biçimi devre anahtarlamalı veri aktarımı hızını 9.6kbit/sn hızına düşürmektedir (Sanders, 2003).

GSM şebekesinden yüksek veri hızlarına ulaşmanın bir yolu gönderilen net veri miktarının birden fazla zaman kanalı kullanılarak arttırılmasıdır. Yüksek veri hızına ulaşmak için bir diğer yol ise yeni bir kodlama tekniği kullanmaktır. Bu tekniğin daha fazla orijinal veri gönderip daha az yedek veri göndermesi, kısacası daha az güvenilirlik ile yüksek veri hızlarına imkan tanıması beklenir.

Yukarıda sayılan teknikler GSM şebekesinde uygulanmıştır ve sonuçları HSCSD olarak bilinmektedir. HSCSD ile bir zaman kanalı üzerinden 14.4 kbit/sn veri aktarmak mümkündür. Sekiz zaman kanalının beraber kullanımı durumunda 8x14.4 kbit/sn (115.2 kbit/sn) hıza ulaşılması beklenir. Fakat veri iletimi sırasında GSM şebekesinin klasik düğümleri üzerinden geçildiğinden (BTS→BSC→MSC→…) ve mobil anahtarlama merkezinin (MSC) her bir bağlantı için 64 kbit/sn'den daha yüksek bir hıza izin vermemesinden dolayı HSCSD pratik olarak 57.6 kbit/sn hızında sınırlanmıştır. Bu hız için HSCSD dört zaman kanalı kullanmaktadır (Parmigiani ve Inoue, 2009).

GPRS sistemi de yüksek veri hızlarına ulaşabilmek için HSCSD'nin kullandığı teknikleri kullanmaktadır. Bunlara ek olarak sekiz zaman kanalının tamamını bir oturum için kullanabilmekte ve her bir zaman kanalı üzerinden gönderebileceği veri miktarını güvenilirlikten ödün vererek 21.4 kbit/sn hızına çıkarmaktadır.

GPRS sistemi, tasarımı gereği hava arayüzünü ve hava arayüzünün iletim kalitesine olan etkisini dikkate almaktadır. Hava arayüzünün iyi iletim karakteristiği gösterdiği durumlarda çok düşük yeniden gönderme oranı yeterli olmaktadır. Mobil istasyonun baz istasyona olan uzaklığı, haberleşme ortamının durumu hava arayüzü üzerinden gönderilen verinin düzgün biçimde yerine ulaşıp ulaşmadığını etkileyen unsurlardandır. Sonuç olarak GPRS şebekesinde farklı durumlarda kullanılmak üzere dört farklı kodlama tekniği tasarlanmıştır. Kodlama teknikleri:

- **CS–1 (Coding Scheme-1):** net olarak 9.05 kbit/sn iletim hızına sahiptir. Bu hız devre anahtarlamalı veri iletim hızından (9.6 kbit/sn) bile daha düşüktür. CS–1 kodlama tekniği kodlama teknikleri arasında en sağlam olan tekniktir. Çok kötü hava şartlarında bile kullandığı yüksek yedekli konvolüsyon tekniği ile iletişim sağlayabilmektedir.
- **CS-2 (Coding Scheme-2):** 13.4 kbit/sn hızına sahiptir.
- **CS-3 (Coding Scheme-3):** , 15.6 kbit/sn hızına sahiptir.
- **CS-4 (Coding Scheme-4):** 21.4 kbit/sn hızına sahiptir. Bu kadar yüksek hıza çıkmasından dolayı CS–4 kodlama tekniğinin hiçbir güvenilirlik sunmadığı anlaşılmalıdır. Bu nedenle CS–4 kodlama tekniği hava arayüzünün mükemmele yakın olduğu durumlarda veya abonenin baz istasyonuna çok yakın ve durağan ya da yavaş hareketli olduğu durumlarda kullanılır (Sanders, 2009).

3.6. GPRS Servisini Kullanmak İçin Gerekenler

GPRS hizmetlerinden faydalanabilmek için kullanıcıların aşağıda belirtilen şartları yerine getirmiş olması gerekir.

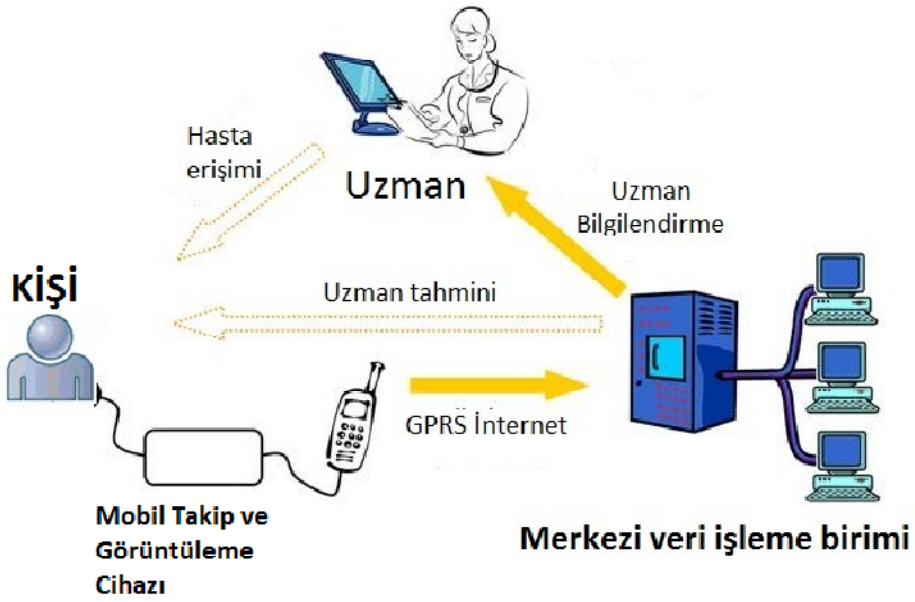
- Kullanıcının GPRS hizmetinden faydalanabilmesi için GPRS uyumlu bir mobil telefona ihtiyacı vardır. Günümüzde birçok mobil telefon, kullanıcılara bu hizmeti kullanma imkânı sağlar.
- Kullanıcının ayrıca GPRS desteği sağlayan bir mobil telefon şebekesini kullanıyor olması gerekir.

- GPRS uyumlu mobil telefonu kullanarak GPRS hizmetlerini kullanabilecek bilgiye sahip olmalıdır.

4. MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI BİR UZMAN SİSTEM TASARIMI

4.1. Giriş

Bu doktora tezi çalışmasında, tedavi gören kişilerin tedavi süreçlerinde kullanılmak üzere öğrenme-tabanlı bir sistemin geliştirilmesi için gerekli donanım ve yazılım tasarımı süreci ve uygulama aşamaları sunulmaya çalışılacaktır. Ayrıca geliştirilen sistem çeşitli kalp veri ve parametrelerinin iletilmesi ve değerlendirilmesi üzerinde örnek olarak gösterilecektir. Bu amaçla, uzaktan ölçüm ve izleme imkânı sağlayan bir kalp parametrelerini ve pletismogram sinyalini izleme ve iletim cihazı tasarlanmıştır. Tasarlanan cihaz modüler ve taşınabilir özelliktedir. Sistemin genel proje diyagramı şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1 Genel proje diyagramı

Karar destek sistemleri için veri ambarlarında tutulan verinin kullanılabilir bilgiye dönüştürülme süreci çok önemlidir. Bu süreçte, geliştirilen sistemin hedeflerini karşılayabilecek yararlı verinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu amaçla veriler uzman sistem tarafına gönderilmeden önce çeşitli DSP işlemlerinden geçirilmesi ve istenen hedef sinyalin sayısallaştırılarak uzaman sistem tarafına gönderilmesi gerekmektedir. Bu işlem çok karmaşık aşamalardan oluşmakta ve çeşitli yükseltme ve filtreleme, bant geçirme işlemlerinden oluşmaktadır. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için birçok araştırma, geliştirme faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.

Sistem tasarımını kısaca şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Kişi üzerinde belirtilen işareti veya parametreleri alabilmek için bir sensör veya dönüştürücü kullanılmalıdır. Bu sensör veya dönüştürücü çeşitli ADC yöntemleri kullanılarak dijital forma dönüştürülür. Veya bu işi yapan modüller kullanılabilir. Verilen örnekte SPO_2 modülü kullanılmıştır, bu modül ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

Elde edilen veriler kesme (interrupt) protokolleri kullanılarak gömülü sistem tarafından alınmaktadır. Bu sayede veri iletim sırasında veri toplamadan kaylaklı veri kaybı yaşanması önlenmektedir. Toplanan veriler grafik LCD bir ekran üzerinden hastaya bildirilmektedir. Yine bu veriler bir GSM modülü vasıtasıyla uzman sistem yazılımına aktarılmaktadır. Aktarım GSM modül içerisindeki GPRS modemi ile internet üzeinden gerçekleştirilmektedir. Kullanılan GPRS modül ve komutları ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

4.2. Parametre Değerlerinin Belirlenmesi

Makine öğrenmesi algoritmalarının karar alma süreçlerini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri de parametre değerlerinin uygun olup olmadığıdır. Tasarlanan cihazın göndereceği veriler sistemin karar verme ve öğrenme alt yapısını doğrudan etkilediği için bu uygunluk çok önemlidir.

Web tarafındaki yazılım için parametrik değerlerin seçiminde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. İlk yaklaşım, öğrenme aşamasına başlanmadan önce öğrenmeye dayalı sistemin etkin kararlar alması için iyi bir eğitim verisi oluşturmaya yardımcı olabilecek

nitelikler belirlendi. İkinci yaklaşım ile birlikte kullanılan makine öğrenmesi algoritmasının sonuçları değerlendirildi ve her bir nitelik istatiksel sonuçları ile birlikte değerlendirildi.

İkinci yaklaşımı kullanarak aynı zamanda niteliklerin seçiminde fayda teorisi yaklaşımı da sergilenmiştir (Parmigiani ve Inoue, 2009). Bunu şu şekilde ifade edersek; daha önce gözlemlediğimiz nitelik x olsun ve S durumu ayrıntılı durumlardan oluşsun;

S_k, k = 1,…,n.

Buna göre x niteliğine ait olduğu bilinen S_k durumunun olasılığı $P(S_k|x)$ olarak hesaplanır.

x niteliğini S_k durumuna atayan karar hareketi α_i ve fayda fonksiyonumuzu da U_{ik} olarak tanımlayalım. Böylece beklenilen fayda:

$$EU(\alpha_i \mid x) = \sum_k U_{ik} P(S_k \mid x) \tag{1}$$

Beklenilen faydayı maksimize eden hareket α_i olduğunu varsayarsak. x niteliği için α_i hareketinin beklenilen faydası (2) eşitliğindeki gibi gösterilir.

$$EU(x) = \max_i \sum_k U_{ik} P(S_k \mid x) \tag{2}$$

Nitelik kümesine eklenen yeni bir niteliğimiz y olsun. Buna göre beklenilen fayda (3) eşitliğindeki gibi gösterilir.

$$EU(x,y) = \max_i \sum_k U_{ik} P(S_k \mid x,y) \tag{3}$$

Buna göre eğer EU(x,y) > EU(x) ise y niteliğinin dikkate değer bir nitelik olduğu söylenebilir. Yani nitelik kümesine eklenen yeni niteliğin beklenilen faydası önceki nitelik kümesinin beklenilen faydasından büyük ise o zaman yeni niteliğin yararlı bir nitelik olduğu söylenebilir.

4.3. Uzman Sistem yazılımı

Bu tez çalışmasının tamamlanabilmesi için biri web tabanlı diğeri desktop tabanlı olmak üzere iki yazılım geliştirildi. Bu bölümde bu yazılımların geliştirilme nedenleri ve görevleri tanıtılacak.

Geliştirilen yazılımlar Visual Studio 2010 aracı kullanılarak .NET platformunda C# programlama dili ile geliştirildiler. Web tabanlı uygulama .NET 2.0, desktop tabanlı uygulama ise .NET 4.0 sürümünü kullanmaktadır. Uygulamalar veritabanına MS SQL Server 2005 sunucusunu kullanarak bağlanmaktadırlar. Aynı zamanda geliştirilen uygulamalar aynı sunucu üzerinde hizmet vermektedirler.

4.3.1. Uzman Değerlendirmeleri için Geliştirilen Uygulama

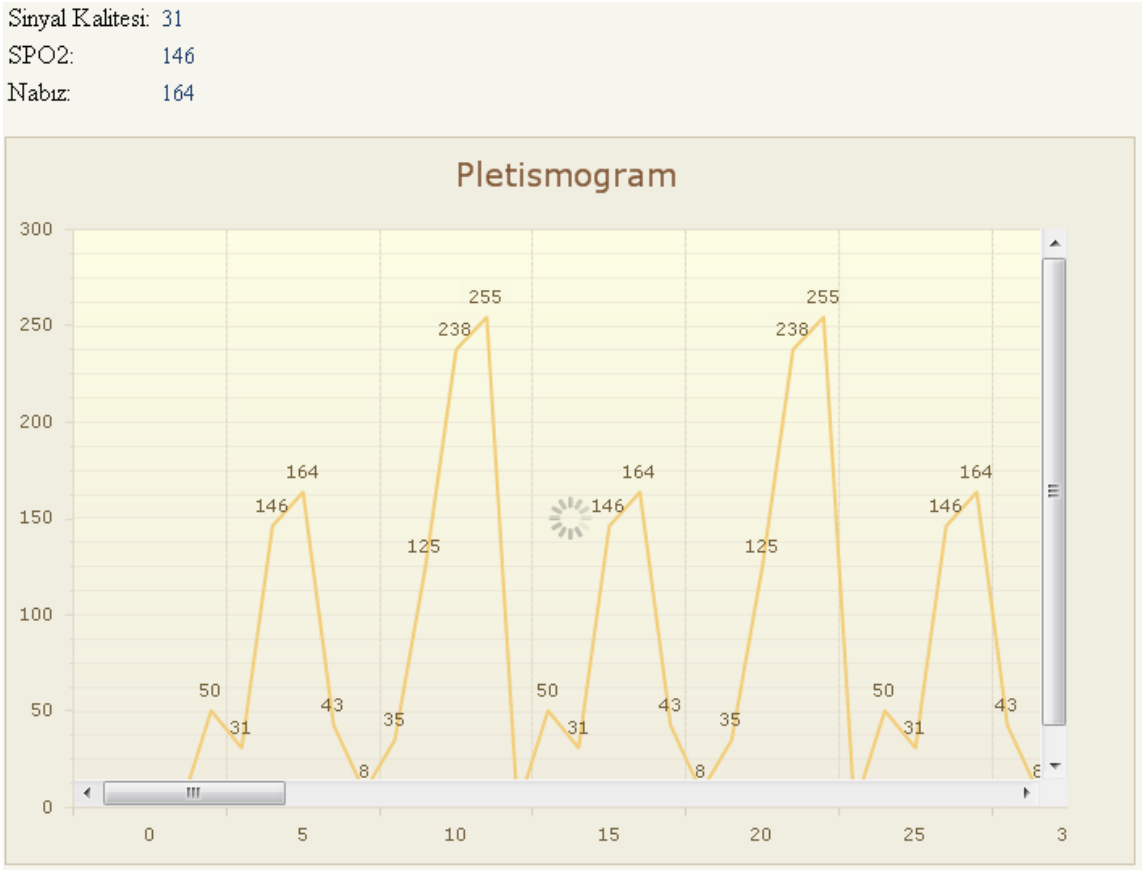
Geliştirilen web tabanlı uygulama, veritabanında depolanan aritmi hastalarının verilerini inceleyen bir uzmanın verileri analiz edip bu verileri etiketleyebilmesini sağlayabilen bir arayüze sahiptir. Bu arayüz Şekil 4.2' de gösterilmektedir. Bu işlemden önce cihazı kullanan kişinin ID numarası ile veri tabanında kayıtlı ID numarası eşleştirilerek veritabanına kaydedilmektedir. Ayrıca yazılımda her hasta ile ilgilenen bir uzman doktor bulunmaktadır ve bu eşleştirme de yapılabilmektedir.



Şekil 4.2 Geliştirilen uygulamadan bir görünüm

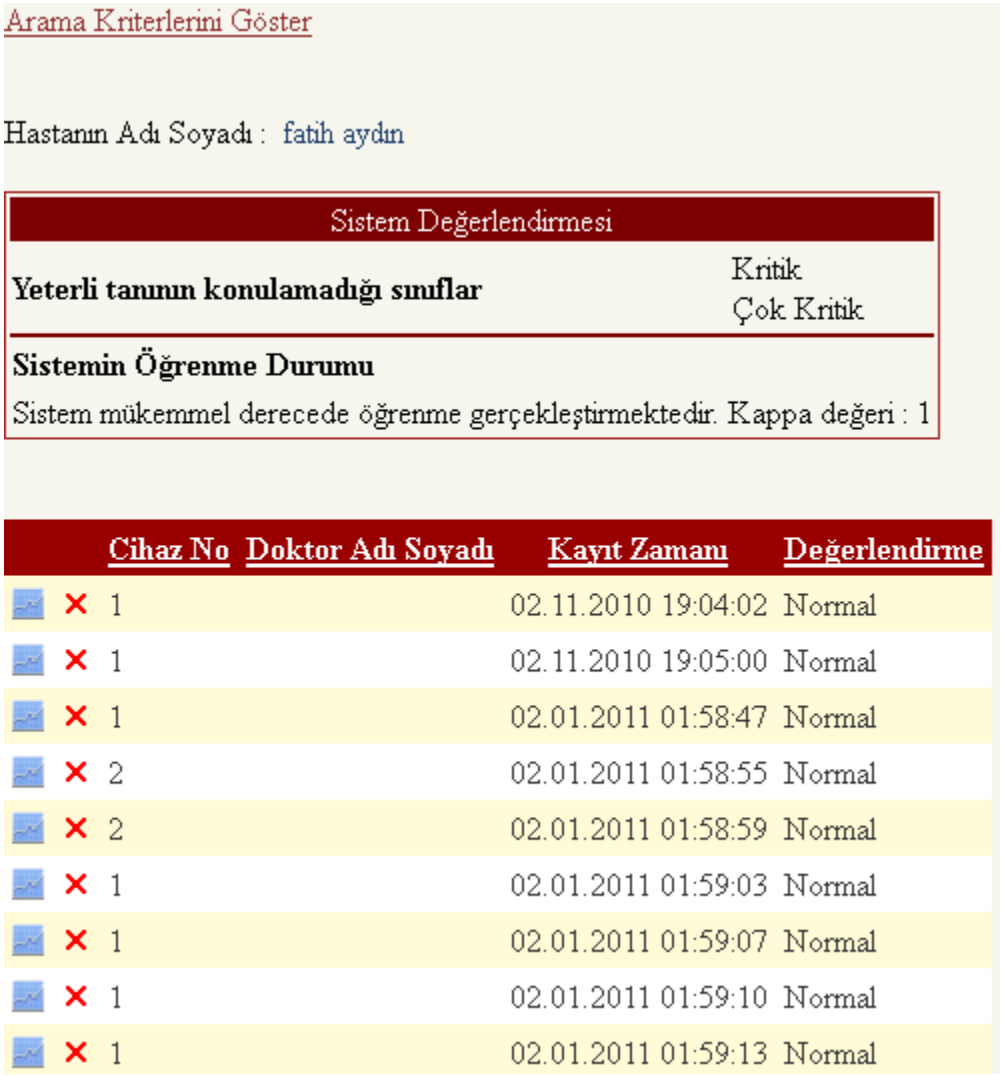
Geliştirilen sistem, veritabanında depolanan verilerin öğrenme için yeterli olup olmadığı ile ilgili istatistikî bilgileri uzman kişiye sunmaktadır. Bununla ilgili arayüz Şekil 4.4' de gösterilmektedir. Uzman kişi bu bilgilere göre verilerin yeterli geldiğine karar verirse, hasta için depolanan veriler veri ambarına taşınır ve eğitim verileri hazırlanmış olur. Eğer veriler yeterli değilse uzman kişi yeni gelen verileri etiketlemeye devam eder ve bu döngü tekrarlanır.

Bu uygulamanın web tabanlı geliştirilmesinin avantajı uzman kişinin nerede olursa olsun internetin olduğu her noktadan hasta bilgilerine erişim sağlayabilmesidir.



Şekil 4.3 Hastanın veritabanında kayıtlı bir verisinden görünüm

Şekil 4.3'de hasta adına gelen pletismogram verileri ve parametrelerinin izlenebildiği arayüz ekranı görülmektedir. bu ekran üzerinde uzman kişi gelen veri ve parametreleri inceleyebilir. İnceledikten sonra bu veri ve parametre değerleri uygun ise makine öğrenmesi algoritmalarının eğitim verisi olarak WEKA programına paametre değeri olarak gönderilmek üzere işaretleyebilir.

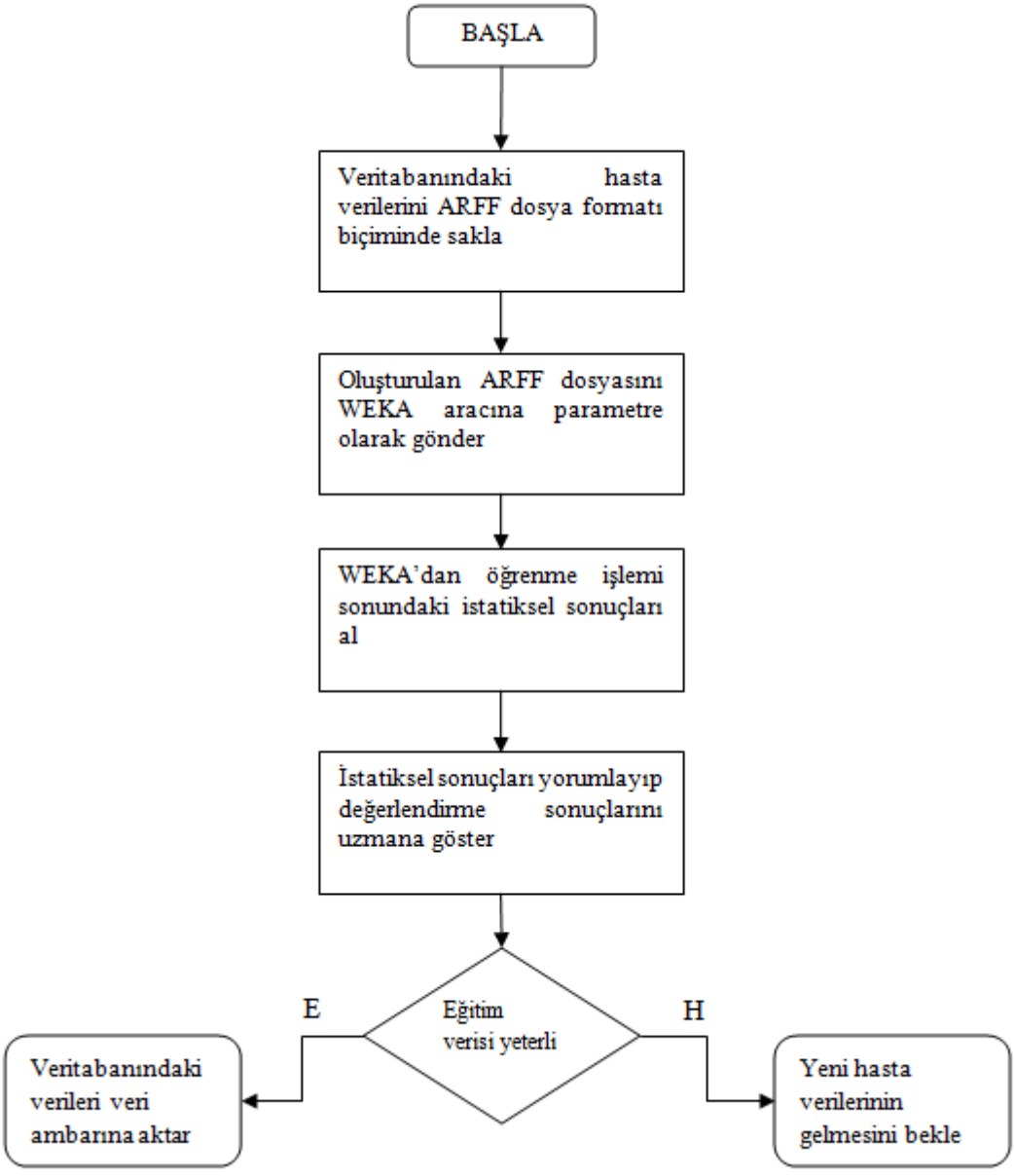


Şekil 4.4 Hastanın tüm verilerine göre sınıflandırıcının değerlendirmesi

Şekil 4.5' de uzman kişinin karar verme sürecindeki rolü gösterilmektedir. Buna göre öncelikle veritabanında depolanan hasta verilerinin WEKA'da tanımlı olan ARFF dosya formatına uygun bir biçimde formatlanması gerçekleştirilir. Daha sonra oluşturulan ARFF dosyası, konsol ortamda çağrılan WEKA'ya eğitim verisi olarak gönderilir. Bu bilginin yanı sıra CV değeri, hangi sınıflandırıcının kullanılacağı vb. bilgiler de WEKA'ya parametre olarak gönderilir.

Bu öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra WEKA'dan istatiksel sonuçlar alınır. Alınan bu istatiksel sonuçlar değerlendirildikten sonra uzman kişiye bir değerlendirme

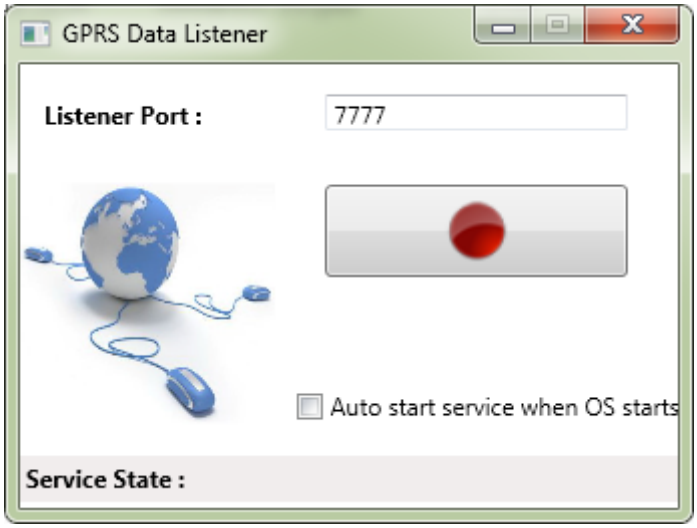
sonucu gösterilir. Uzman kişi bu değerlendire sonucuna göre hastanın mevcut verilerinin öğrenme için yeterli gelip gelmediğine karar verir. Eğer yeterli gelmediğine kanaat getirirse o zaman hastanın yeni verilerinin gelmesini bekleyecektir. Eğer yeterli geldiğine kanaat getirirse o zaman da mevcut veriler veritabanından veri ambarına taşınır. Yalnız veritabanındaki veriler silinmez. Bu işlem her hasta için aynı şekilde devam eder.



Şekil 4.5 Uzman kişinin verinin eğitim için yeterliliğine karar verme süreci

4.3.2. Veri Toplama ve Veri Sınıflandırma için Geliştirilen Uygulama

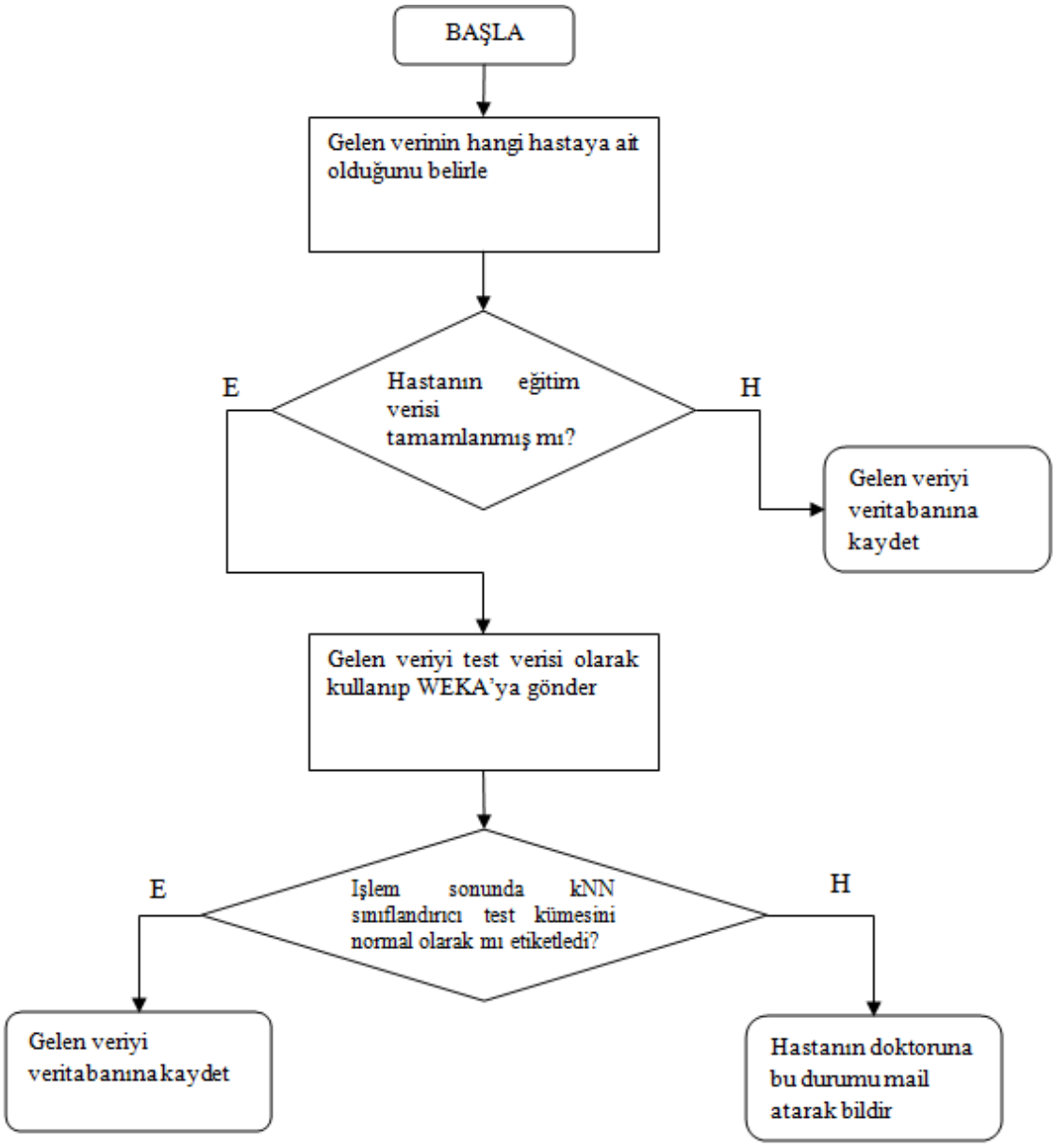
Geliştirilen bu uygulama internet üzerinden gelen aritmi hastalarının bilgilerini alıp veritabanına kaydeder. Eğer hastanın bilgileri öğrenme için yeterli ise ve uzman kişi bunu onaylamışsa gelen veri test verisi olarak kullanılır. Daha sonra gelen bu test verisi kNN sınıflandırıcı tarafından sınıflandırılır. Eğer kritik bir durum varsa bu bilgi hastanın doktoruna mail yoluyla bildirilir. Hastanın toplanan verileri eğitim verisi olmak için yeterli değilse gelen veriler toplanmaya devam eder. Şekil 4.6' da geliştirilen uygulamanın arayüzü görülmektedir.



Şekil 4.6 Geliştirilen uygulamanın arayüzü

Şekil 4.7' de verilen akış şemasında GPRS teknolojisi ile gönderilen ve internet üzerinden gelen hastada verisinin değerlendirilme süreci gösterilmektedir. Buna göre öncelikle gelen verinin hangi hastaya ait olduğu belirlenir. Bu tespit işlemi hastaya verilen cihazın ID'si ile hastanın veritabanında eşleştirilmesi ile yapılır. Gelen verinin ilk verisi cihazın ID'si olmaktadır. Hastanın belirlenmesinden sonra bu hastanın eğitim verilerinin hazırlanma aşamasının tamamlanıp tamamlanmadığının belirlenmesine gelmektedir. Eğer bu aşamada hasta verisi uzman kişi tarafından eğitim verisi olarak

yeterli görülmüşse o zaman veritabanında hastanın eğitim verisinin hazır olduğuna dair niteliğin değeri set edilmiş olur. Bu da bize eğitim verisinin hazır olup olmadığı ile ilgili bilgiyi vermektedir. Eğer eğitim verisi hazır değilse hastadan gelen veriler veritabanına kaydedilir ve birer eğitim verisi adayı olarak kalırlar. Eğer eğitim verisi hazır ise bu durumda da gelen veri test verisi olarak kullanılır. Bu test verisi, veri ambarından ARFF olarak hazırlanan eğitim verisi ve diğer bilgiler WEKA'ya parametre olarak gönderilir. Bu işlemden sonra WEKA test verisinin sınıfına dair yapmış olduğu tahmin sonucunu döndürür. Bu tahmin sonucuna göre eğer test verisinin sınıfı "normal" değilse o zaman sistemde tanımlanan hastanın doktoruna hasta ile ilgili veriler mail yolu ile gönderilir ve bilgiler veritabanına kaydedilir. Eğer test verisinin sınıfı "normal" olarak etiketlenmişse o zamanda gelen veri sadece veritabanına kaydedilmiş olur.



Şekil 4.7 Gelen veriye göre karar verme süreci

5. TIBBİ UYGULAMALAR İÇİN TEMEL KAVRAMLAR

5.1. Tıp Bilişimine Giriş ve Genel Tanımlar:

Yapılan tez çalışması bir uygulama alanı olarak, çeşitli kalp sinyal ve parametrelerinin sunucuya gönderilerek makine öğrenmesi metodları ile değerlendirilmesini içermektedir. Uygulamada veriler kişiden çeşitli elektronik devrelerle alınacak ve değerlendirilmek üzere ana yazılıma iletecektir. Bu bağlamda uygulama tıp bilişimi genel başlığı altına girdiğinden bir bilim dalı olarak tıp bilişimi ve alt disiplinleri anlatılacaktır.

J.H van Bemmel'e göre Tıbbi Bilişim "Bilgisayar bilimi ile değişik Tıp disiplinleri arasında bir kesişim kümesinde yer almaktadır". Tıp Bilişimini tıp alanındaki bilgilerin üretimi, toplanması, değerlendirilmesi, analizi, saklanması, işlenmesi, sunulması ve arşivlenmesi süreçlerinin tamamı ile ilişkilendirmek mümkündür.

Yapılan bir araştırmaya göre ev bilgisayarlarında en belirgin artış sıralamasında Türkiye ilk beşe girmektedir. (Japonya %50, Türkiye %26, Tayvan %60, Almanya %44 ve Suudi Arabistan %32). İnternet kullanımı açısından Türkiye, ülke bazında en hızlı gelişen ülkelerdendir (14 puan artışla %19). İnternet'e ulaşanların en yüksek ülke olduğu ABD'de (%44),bu artış %13'tür (Akan, 2001).

Tıp Bilişimi sözcüğü, her ne kadar, doğrudan Tıp alanında kullanılan bilişim teknolojilerini çağrıştırsa da, aslında hastasına ait kayıtları kâğıda ilk aktaran hekim kadar eskidir. Bilişim sözcüğü, bilgi ve iletişim sözcüklerinin birleştirilmesi ile türetilmiş olup, bilginin anlamlı bir formatta dolaşımını ve paylaşımını ifade etmektedir.

Tıbbi Bilişim, (Medical Informatics) tıp alanındaki bilgilerin (data, information, knowledge) etkili ve etkin kullanımı, bu bilgilerin yaygınlaştırılması, analizi, yeni yapılanmalara imkân sağlayacak şekilde yönetilmesi için değişik bilim dalları ile etkileşimli bir şekilde günümüz bilgisayar ve iletişim teknolojisinin en üst düzeyde kullanılmasını amaçlamaktadır. Bilgi teknolojileri ve sağlık bilimlerinin

kesiştiği noktada bulunan tıbbi bilişim, şimdiye kadar çeşitli tıbbi araştırma ve geliştirme konularında olduğu gibi, kuramsal ve uygulamalı eğitimde de rol almıştır. Tıbbi Bilişim teknikleri, sağlık merkezlerinin veri toplama, işleme ve değerlendirme yetilerini üstel bir şekilde artırarak küresel ölçekte doğru, ayrıntılı ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Tıbbi Bilişim, son çeyrek yüzyılda ayrı ve özgün bir bilim dalı olarak kendini göstermiştir. Bu gelişim süreci içerisinde, bu yeni doğan alanı bilimsel bir çerçeve içerisine oturtabilmek amacıyla çeşitli akademik çevrelerce değişik tanımlamalar yapılmaya çalışılmış, bu çalışmaların çoğu kendinden öncekilerin üzerine kurularak düzenli bir yapılanmaya ulaşılmıştır.

Bu tanımlamalardan bazıları, kronolojik sıra ile aşağıda verilmiştir:

Allan H. Levy, 1977 senesinde Tıbbi Bilişim'in ilgi alanını "...sağlık hizmetlerindeki bilgi ve verilerin elde edilmesi, analizi ve dağıtımındaki sorunlar ve onların çözümleri" olarak belirlemiştir.

Morris F. Collen'ın, 1977 senesindeki tanımı "Tıbbi Bilişim, bilgisayar teknolojisinin tıbbın tüm alanlarına (tıbbi tedavi, tıp eğitimi ve tıbbi araştırmalar) uygulanmasıdır" şeklindedir.

Jan van Bemmel'in 1984 senesindeki tanımına göre, "Tıbbi Bilişim, Sağlık bilimlerindeki uygulamalardan elde edilen bilgi ve tecrübenin, iletişim ve bilgi işlem alanlarına teorik ve pratik olarak uygulanmasıdır."

Donald A. B. Lindberg 1987 senesinde "Tıbbi Bilişim, otomatik bilgi sistemlerinin, biyomedikal ve sağlık hizmetlerine, bilimsel ve teorik olarak uygulanmasını, biyomedikal bilgilerin, saklanmaları, erişimi ve nihai olarak, zor vakalarda ve acil durumlarda sorunların kolayca ve hızla çözülmesini sağlar." tanımını yapmıştır.

Britanya Tıbbi Bilişim Derneği (British Medical Informatics Society):

"Sağlık hizmetlerini yaygın olarak sunabilmek için, var olan bilginin paylaşımını ve kullanımını sağlayacak araçların, becerilerin ve bilincin tümü" ve "Son

yıllarda, dünya çapında akademik çevrelerce takip edilen ve geliştirilen, bilgi sistemlerinin sağlık hizmetlerine uygulanma yöntemlerini araştıran ve öğreten bir bilim dalı; sağlık, bilişim, psikoloji, epidemiyoloji ve mühendisliğin buluştuğu nokta." olarak tanımlanmıştır.

Tıp bilişimi, araç olarak bilişim teknolojilerini kullanarak Tıp pratiğinde ortaya çıkan bilgi yönetimi gereksinimine cevap vermeye çalışır. Temel olarak ilgilendiği konular arasında aşağıdaki başlıklar sıralanabilir.

1. Verinin elde edilmesi, saklanması vb.
2. Kodlama sistemleri
3. Veri işleme
4. Veri tabanı yönetim sistemleri
5. Telekomünikasyon sistemleri (Teletıp uygulamaları)
6. Tıbbi sınıflandırma sistemleri (Snomed, ICD-10 vb.)
7. Hasta kayıt sistemleri, elektronik hasta kayıtları
8. Biyosinyal analizleri (EKG yorumlayan yazılımlar vb.)
9. Tıbbi Görüntüleme sistemleri (USG, MRG vb.)
10. Görüntü işleme ve analiz yöntemleri
11. Klinik bilgi sistemleri
12. Toplum hekimliği bilgi sistemleri
13. Hemşirelik bilgi sistemleri
14. Karar destek sistemleri
15. Sağlık bilgi sistemleri (halk sağlığı, birinci basamak bilgi sistemleri)

16. Hastane bilgi sistemleri (idari ve finansal uygulamalar)

17. Bilgi sistemleri güvenliği

Bütün bu ilgi alanları içerisinde Tıp bilişimi;

1. Tıp alanında kullanılan bilgi ve iletişim teknolojilerini anlamaya;

2. Mevcut bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimine katkıda bulunmaya;

3. Bu katkıyı sağlayacak yöntem ve ilkeleri oluşturmaya;

4. ve sağlanan gelişmeleri kurumlar ve bireyler açısından değerlendirmeye odaklanır (Baykal ve Musoğlu, 2000).

5.2. Bir Bilim Dalı Olarak Tıp Bilişimi

Tıp bilişimi, temel bir araştırma disiplini oluşturmak üzere çeşitli teknikler, teoriler ve yöntemlerin bir araya gelmesiyle oluşmuş bir bilim dalıdır. Bu bilim dalı tıp alanındaki gelişmelerin ortaya çıkardığı bilgi ve verilerin oluşturulması, biçimlendirilmesi, paylaşılması ve sonuçta hastaların bakım ve tedavilerinin belirlenmesi, seçilmesi ve geliştirilmesini hedef alır. Yani tıp bilişimi, hasta hakkında düşünme yöntemleri ve tedavilerin tanımlanma, seçilme ve geliştirilme yolları üzerine ussal bir çalışmadır.

Tıp bilişiminde bilimsel araştırma, disiplinler arası bir nitelik taşır ve bilimsel yöntemleri kullanır. Bilimsel araştırmalarda sağlanan bilginin yardımıyla hasta verilerinin elde edilmesi, işlenmesi ve yorumlanması için yöntemler ve sistemler geliştirilir, değerlendirilir. Bütün bunları yaparken de bilgi ve iletişim teknolojilerinin nasıl uygulanacağını ve kullanılacağını araştırır. Bilgi teknolojilerinde gelişmiş yöntemlerin ortaya çıkmasıyla sağlanan ilerleme tıp bilişiminin bir bilim dalı olarak gelişmesinde itici güç olmuştur.

Sağlık verileri arasında karmaşık ve bulanık bir ilişki vardır. Bu nedenle de bilgisayarda işlenebilen bilgi (computational knowledge-bilimsel sorunları analiz etmek

ve çözmek için bilgisayar kullanımıyla ilgili bilgi olarak tanımlanabilir) bu alanın olgularını açıklamak için gereklidir. Tıp bilişimi sağlık alanındaki bilgi ile bu bilgiyi kullanan kişiler arasındaki karmaşık ilişkileri anlamak için yeni araçlar ve yöntemler sağlamaktadır (Baykal ve Musoğlu, 2000).

5.3. Tıp Bilişiminde Alt Disiplinler ve Konular:

Tıp bilişimi, klinik karar destek sistemlerinin tasarımından, gerekli yazılım ve donanım araçlarının geliştirilmesine kadar geniş bir yelpazede çalışma alanı içerir.

Tıp bilişimi birçok alanla işbirliği içindedir. EKG ve çeşitli elektronik tanı aletleri ile ilgili olarak biyomedikal mühendislikle, donanım üretimi açısından elektrik mühendisliği ile algoritmalar ve matematiksel yönleri ile bilgisayar mühendisliği ile yapay zekâ yönüyle bilgisayar bilimi ve bilişsel bilimlerle sürekli iletişim halindedir.

Bir bilim olarak tıp bilişimi teoriden pratiğe geniş bir alana hitap eder. Aynı anda hem temel, hem deneysel, hem de uygulamalı bir bilim olma özelliğini taşır. Bir yandan model ve bilgi üretirken, diğer yandan bunları çözümler ve deneyler. Ayrıca pratik amaçlarla ortaya çeşitli ürün ve sonuçlar koyar (Baykal ve Musoğlu, 2000).

Tıp Bilişimi içerisinde yer alan konu ve alt disiplinler:

- Sağlık Bilgi sistemleri
- Sağlıkta Internet ve Internet Teknolojileri kullanımı
- Biyoinformatik ve gen informatiği
- Hasta kayıt ve sağlık kodlama sistemleri
- Medikal Görüntüleme sistemleri
- Tıbbi sinyal işleme sistemleri
- Sağlık iletişim sistemleri, Teletıp, görüş alışverişi

- Biyomedikal modelleme sistemleri
- Akıllı Tıp Karar Destek Sistemleri
- Tıp Eğitimi

olarak sıralanabilir. (Baykal ve Musoğlu, 2000). Bu çalışma anlık veri toplama özellikleri bakımından "teletıp", toplanan verinin işlenmesi bakımından da "akıllı tıp karar destek sistemleri" alanına girmektedir.

5.4.Tıp Bilişiminin Uygulama Alanları ve Gerekliliği:

Günümüzdeki tüm teknolojik ilerlemelere rağmen, sağlık bilimleri ve teknolojide en ileri gitmiş ülkelerde bile bilgilerin toplanamaması, verilerin yeteri kadar güvenli olmaması, gözlemlerdeki sübjektiflik ve benzeri nedenlerle büyük miktarlarda işgücü, para ve zaman kaybı süregelmektedir. Bu kayıplar dolayısıyla bilimin ilerlemesi ister istemez yavaşlamakta ve büyük bir kaynak israfı ortaya çıkmaktadır.

Hemen tamamı gözleme, elde edilen bulguların sınıflandırılıp değerlendirilmesine ve istatistikî çalışmalara dayalı olan tıp biliminde, verilerin küresel bazda homojen olarak toplanabilmesi, süratle işlenip tasnif edilebilmesi, standardizasyonu ve daha sonra kolayca ulaşılabilmesi belirgin önem taşımaktadır. Tıbbı bilişim uygulamaları bu açıdan global veri tabanları ve bilgilerin tasnif edilip süratle erişilebilmesinde sağladığı kolaylıklarla modern tıp biliminin vazgeçilemez bir alt bilim dalıdır.

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler gelecekte de devam edecek ve şu anda bile yetişmesi zor olan hızına yaklaşmak bu gün olduğundan daha kolay olmayacaktır. Gelecek 20 yıl her türlü alanda ama belki de en fazla genetik ve biyomedikal mühendisliği alanlarında gelişmelere sahne olacaktır. Her iki alanda Tıbbi Bilişim ile ortak çalışma alanlarına sahiptir. Genomun ortaya çıkmasında genetikçilerle birlikte çalışan ve bu boyutta bir bilgi yığınını yorumlamada bilim adamlarına destek veren

birçok bilgisayar uzmanı ve bilgisayar görev almıştır. Yine biyomedikal mühendisliği birçok alanda Tıbbi Bilişim ile ortak çalışmakta ve ortaya son derece gelişmiş teknolojiler çıkmaktadır. Hastanın durumunu izleyen ve ortaya çıkan EKG değişikliklerini yorumlayarak bir alarm sistemini devreye sokan cihazlar buna örnek gösterilebilir.

Dünya coğrafyasına yayılmış en küçük yerleşim birimlerine geleneksel yöntemlerle eksiksiz bir sağlık hizmeti götürmek çok pahalı, çok zor ve hatta imkânsızdır. Ancak uzaktan tıp (telemedicine) uygulamalarıyla binlerce kilometre uzaktan hastaların kalp ritmini belirlemek, kan biyokimyasını öğrenmek kısaca tanı koymak ve tedaviyi yönlendirmek mümkündür. Hatta bu konuda son yıllarda atılan dev adımlar sonucu ameliyat robotları sayesinde bir başka ülkedeki bir cerrahın kilometrelerce uzaklıktaki hastasına kalp ameliyatı yapması bile mümkün olmuştur.

Telekonferanslar ve tıbbı bilişim uygulamaları ile bilginin ve deneyimin meslektaşlar arasında paylaşıldığı ancak düzenlenmesinde ve katılımında güçlükler bulunan bilimsel kongre ve toplantılar çevrimiçi (on-line) olarak gerçekleştirilebilmektedir. Gene meslektaşlar arası bilgi alışverişi sürekli ve son derece kolay yöntemlerle gerçekleşmeye başlamıştır.

5.5. Tıpta Bilgisayar Uygulamaları

Gündelik tıbbi uygulamada, en büyüğünden en küçüğüne kadar tüm sağlık birimlerinde tanı-tedavi döngüsü olarak bilinen süreç kullanılır. Bu süreçte üç evre vardır. Bunlar gözlem, tanı ve tedavi süreçleridir. Gözlem aşamasında hastadan öykü alınarak, fizik muayene ile ya da laboratuar testleri ve radyolojik yöntemlerle veri elde edilir. Bu aşamaya, basit ya da gelişkin her türlü inceleme yöntemi girer. Tanı aşamasında hekim bir önceki aşamada elde ettiği verileri klinik deneyimi ile kullanarak bir tanıya ulaşır. Bundan sonraki aşama olan tedavide, klinik bilgi ve deneyim kullanılarak tıbbi tedavi, cerrahi tedavi veya radyoterapi gibi çeşitli seçenekler uygulanır. Çağdaş tıp hizmetlerinde bu aşamaların hepsinde çeşitli düzeylerde bilgisayar

ve bilişim teknolojisinden yararlanılır. Bu uygulamaları ve aralarındaki ayrımları açıklamak için basitten karmaşığa doğru altı düzeyli bir model kullanılabilir.

1. düzey, biyolojik işaretlerin görüntülenmesi (EKG. TA ABP. EEG vb); test istemlerinin ve sonuçlarının aktarıldığı yerel alan ağları ve iş istasyonları; hasta verilerinin genel pratisyenler ve hastane arasında elektronik yolla değişimi; **tele radyoloji, tele patoloji, tele kardiyoloji** alanlarını içerir. Bu düzeyde, bilgisayarların temel kullanımı iletişim ve veri toplama alanlarında olup işlemler gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir.

2. düzey, hasta veritabanları, bilginin depolandığı merkezi veritabanları ve sistemler (MEDLINE, ulusal ilaç veritabanları, tanı kodlarının depolandığı ICD. SNOMED gibi) ile ilgilidir. Ayrıca, radyoloji bölümlerinde kullanılan PACS gibi tıbbi görüntüleme ve görüntü arşivleme sistemleri de bu düzeye girmektedir. İkinci düzeyde veriler bilgisayar belleğine depolanmıştır. Ancak henüz işlenmemiş ya da yorumlanmamıştır.

3. düzey için, kan ya da idrar örneklerinin laboratuarda otomatik olarak çözümlenmesi; biyolojik işaretlerin işlenmesi (örneğin. EKG'lerdeki ST düşüşlerine ilişkin değerlendirmeler ya da elektroansefalogramların sıklık aralığını hesaplamak gibi); radyoterapi için radyasyon miktarını hesaplama ve planlama; radyolojide, nükleer tıpta ve ultrasonda tıbbi görüntüleme (röntgen, bilgisayarlı tomografi ya da manyetik rezonans görüntüleri vb) örnek olarak verilebilir. Bu düzey, işlem ve otomasyon düzeyi olarak tanımlanır.

4. düzey, tanı ve karar verme düzeyidir. EKG'lerin, bilgisayar tarafından yapılan tanısal yorumu ve doğru tanıya ulaşmada yardımcı olmak üzere geliştirilen karar destek sistemleri, bu aşamadaki uygulamalara örnek olarak verilebilir. Yorumlamanın sonucu tedaviye yardımcı olmak ya da süreci denetlemek üzere 5. düzeyde kullanılır.

5. düzeyde, hasta bakımını doğrudan etkileyen bilgisayar uygulamaları yer almaktadır. Yoğun bakımda, damardan verilen sıvı miktarını otomatik olarak denetleyecek bilgisayar algoritmaları geliştirilmiştir. Radyoterapide verilecek radyasyon ve uygun pozisyon, bilgisayar modellerinden gelen çıktılara ve radyasyon planlarına

göre ayarlanmakta ve yetenekleri artırılmaktadır. Olası ilaç etkileşimleri ya da ilacın kullanılmaması gereken durumlar (kontrendikasyonlar), bilgisayar temelli (elektronik) hasta kayıtlarındaki veriler kullanılarak izlenmekte ve kontrol edilmektedir.

Araştırma ve geliştirme süreçlerinde yeni buluşların yapıldığı **6. düzeyde** ise insan müdahalesine gereksinim çok fazladır.

5.6. Tıp Bilişiminin Geleceği

Bilişim sistemlerinin gelişimi ile özellikle cerrahi alanında iki ana değişim söz konusu olacaktır. Bunlardan biri, hastanın holografik tıbbi elektronik gösterimi (holomer), diğeri de geleceğin ameliyat odalarıdır.

Tüm vücut taraması, her hastanın anatomik eşdeğerinin bilgisayar ortamında kaydedilmesini sağlamaktadır. Holomer, geniş ölçekte cerrahinin sadece anatomik değil, fizyoloji, biyokimya, genetik ve tıbbi bilginin her bölümünün bütüncül olarak görüntülenmesine ve sorgulanmasına da izin vermektedir.

Gelecekte hasta, hekimin yanına CT, MRI, US gibi aygıtlarla tüm vücut taraması yapıldıktan sonra gelecektir. Elde edilen görüntü ameliyat sırasında görüntü kılavuzlu cerrahi için de kullanılabilir. Cerrahi işlem sonrası değerlendirme için tekrar tüm vücut taraması yapılıp her iki görüntü bilgisayar teknikleri ile birleştirilerek otomatik değerlendirme yapılabilecektir. Holomer, kişisel kredi kartı benzeri sağlık kartlarında veya uzak tıp konsültasyonları için gizliliği temel alan web sitelerinde saklanabilir.

Geleceğin ameliyat odası, tümüyle bir bilgi ortamı olacaktır. Yeni kuşak cerrahi robotlar kollu bilgi sistemleri olarak ele alınırsa, cerrahi işlemler tamamen bütünleştirilebilir. Bu işlemler içerisinde doğrudan cerrahi işlemin yanı sıra, malzeme sağlanması, gerekli aletlerin sağlanması gibi işlemler de bulunmaktadır.

Daha da ileride, biyozekâ çağı çalışmalarının da eklenmesiyle doku mühendisliği ile hastanın kendi kök hücrelerinden yapay organ üretimi sayesinde ret riski de olmayan organ nakilleri başarılabilecektir.

5.7. Tıp Bilişimi ve Bilgisayar Mühendisliği İlişkisi

Bilgisayar Mühendisliği, temelleri 1945'li yıllarda ilk bilgisayarların kullanılmasıyla atılmış olan çok genç bir mühendislik dalı olmasına rağmen, dünyada ve Türkiye'de çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu mühendislik dalı bilgisayar sistemlerinin yapısı, geliştirilmesi ve bu sistemlerin diğer disiplinler ile etkin kullanımı konularında araştırmalar yapar. Ayrıca bu mühendislik temel bilim dallarının teorik çalışmaları ve deneysel yöntemleri ile diğer mühendislik bilimlerinin tasarım boyutunu da kapsamaktadır. Bu haliyle teorinin pratiğe aktarılmasında ve geniş kitlelerin hizmetine sunulmasında en önemli payı olan disiplinlerden birisidir (www.cumhuriyet.edu.tr, 2001).

Geniş bir açıdan bakıldığında bilgisayar uygulamaları tıp alanında artarak kullanılmaktadır. Tüm laboratuar tetkiklerinin yapıldığı cihazlarda, tomografi, MRI, US ve Nükleer tıp uygulamalarında bilgisayar teknolojisi uzun bir süredir kullanılmaktadır. Geliştirilmiş robot bilgisayarlar aracılığıyla pek çok ameliyat günümüzde daha hızlı ve düşük hatalar ile yapılabilmektedir. Genetik çalışmalar bilgisayarın tıp alanında en çok kullanılan alanlarıdır. Tıp uygulamaları içinde bilgisayar teknolojileri tıp eğitiminde oldukça yaygındır (Erdem vd. 2005). Bilgisayar mühendisliğinin tıp alanında gerçekleştirdiği çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Umut, 2011).

- Fizyolojik sistemlerin modellenmesi, simülasyonu ve kontrolü,
- Fizyolojik sinyallerin algılanması, ölçülmesi ve takip edilmesi,
- Biyoelektrik verilerin sinyal işleme teknikleri kullanılarak tespiti, sınıflandırılması ve analiz edilmesi,
- Tedavi ve rehabilitasyon prosedürleri ve cihazlarının tasarlanması,
- Vücut fonksiyonlarını yerine getirmede yardımcı olacak, protez vb. ilave parçaların tasarlanması,
- Hastayla ilgili bilgilerin bilgisayarla analizi ile klinik karar vermeye yardımcı olunması,
- Tıbbi görüntüleme: anatomik detayların ve fizyolojik fonksiyonların görüntülenmesi,

- Faydalı amaçlar için yeni biyolojik ürünlerin tasarımı,
- Kliniksel gereçler, cihazlar, sistemler ve prosedürlerin geliştirilmesi ve dizayn edilmesi (Enderle, 2000).

5.8. Tele Tıp (Telemedicine)

Tele tıp, tıp bilişiminin alt disiplinleri arasında yer almaktadır. Tele tıp, teşhis, görüş alışverişi, tedavi, eğitim ve interaktif görsel işitsel ve veri haberleşmesi kullanarak tıbbi verinin transferi olarak tanımlanabilir (Yazıcı, 2009). Tez konusu ile ilgili yapılan uygulama tanım itibariyle bir tele tıp alanına girmektedir ve bu kişiden alınan çeşitli veri ve parametrelerinin uzak mesafelere gönderilmesini içerdiği için bir tele tıp uygulamasıdır. Bu nedenle kısaca tele tıp konusu anlatılacaktır.

Bilişim ve iletişim teknolojisinin gelişmesi ve tıbbi dataların sayısal biçime dönüşmesi sonrasında bu tıbbi bilgilerin iletilmesi ve paylaşılması da gündeme geldi. Belli bir mesafe üzerinden sağlık bakımı ulaştırmak için intranet ve internet gibi ağ hizmetlerini kullanan ve böylece doktor ve hastanın aynı zamanda ve aynı yerde bulunmasını gerektirmeyen bir hizmettir.

Daha derli toplu bir şekilde Teletıp şöyle tanımlanabilir: "Birbirinden uzak mekânlar arasında bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak tanı, tedavi, önleyici hekimlik, araştırma, değerlendirme, sürekli eğitim amaçlarına yönelik, bireylerin ve toplumların sağlığını geliştirme amacı taşıyan sağlık hizmeti sunumuna Teletıp (Telemedicine)" denir.

Tele-tıp, başta Radyoloji ve Patoloji dallarında olmak üzere, tıp teknolojileri ile iletişim ve video konferans sistemlerinin birleşimini öngören bir anlayışı ifade eden bir terim olarak tıp dünyasındaki popülerliğini gün geçtikçe artırmaktadır. Çünkü teletıp, başka yerlerdeki meslektaşlara birbirleri ile görüş alış verişinde bulunabilme, veri paylaşabilme, uzaktaki hastaların muayenesini yolculuk için para harcamadan gerçekleştirebilme olanağını sunduğu için, sağlık muayene masraflarını aşağıya çekmektedir. Tele-tıp şu özellikleri içerir:

- Eylemin içinde tıp ve sağlıkla ilgili öğeler vardır,
- Bilişim ve iletişim teknolojilerini kullanır,
- Hizmet, eğitim veya yönetimi daha nitelikli ve ekonomik olarak gerçekleştirme amacını taşır,
- İşleme katılan kişi veya sistemlerden en az ikisi farklı yerlerdedir,

Teletıpın faydaları arasında ise; bilgiye istendiği anda hemen ulaşmak, verimlilik, ekonomiklik, doğruluk, kendi-kendine yardım vb. sayılabilir. Teletıp sadece hastanelerde değil; askeri alanda (cephe ve birliklerdeki askerlerin sağlık taramaları ve sağlık sorunlarının tespitinde), uzay araştırmalarında (astronotların sağlık durumlarının izlenmesi, gerektiğinde tıbbi müdahale önerileri sunmada), cezaevlerinde de (mahkûmların sağlık taramaları ve basit sağlık sorunlarına yerinde çözüm bulunabilmesi) hastaya uzaktan görüş alışverişi amacı ile kullanılmaktadır.

Teletıp ağları hizmetin ve servisin sağlandığı klinik uygulamalarla tanımlanmaktadır. Bugün tele radyoloji, tele patoloji, tele dermatoloji, tele kardiyoloji, tele nöroloji, tele diş hekimliği, tele psikiyatri, tele oftalmoloji, tele onkoloji, tele cerrahi, teletıp destekli böbrek diyalizi, birinci basamak sağlık hizmeti desteği, evde sağlık takibi, sürekli eğitimin sağlanması ve desteklenmesi için tıbbi veri tabanlarına, uygulama el kitaplarına girmiş en sık kullanılan örneklerdir.

5.8.1. Teletıp Tarihçesi

Teletıp uygulamalarının başlangıcı 1960'lı yıllara uzanmaktadır. İlk olarak 1964 yılında, Omaha' daki Nebraska Psikiyatri Enstitüsü ile Norfolk' taki State Mental Hastanesi arasında, 180 km uzunluğunda kapalı devre televizyon sistemi kurulmuştur (Turgay, 2007). Bu sistem uzmanlar arasında interaktif konsültasyonlar yapılabilmesini sağlamıştır. Yine bu yıllarda Kuzey Amerika'da, uzman hekim bulunmayan kırsal yerleşim alanlarına sağlık hizmeti vermek amacıyla özel hatlar kurularak teletıp uygulamaları başlamıştır.

1970 ve 1980' lerde, uydu iletişim tekniklerinin de gelişmesiyle de beraber, uzak mesafelerde bulunan kliniklerle bağlantıların kurulabilmesi için birçok proje başlatılmıştır. Özellikle A.B.D. ve Kanada'da çeşitli teletıp projeleri başlatılmıştır. Maliyetlerin yüksek olması nedeniyle bu projelerin çoğu devam ettirilememiştir.

Almanya' da ise, Medkom çerçevesinde 30 hastane 1986' dan günümüze, video konferans ile çalışmalarını sürdürmektedirler. Amerika ile Çin arasında yapılan bir çalışmada da, Çin' deki hastaların tedavisinde Amerika'daki doktorların teşhise ve tedaviye yardımcı olmaları sağlanmıştır. Günümüzde ise, bilişim ve iletişim sektörlerindeki gelişmelere paralel olarak teletıp uygulamaları da gittikçe artmaktadır. Amerika, Kanada, Avustralya, İngiltere ve Almanya teletıp uygulamalarında önde gelen ülkelerdir.

5.8.2. Teletıptan Beklentiler

Bazı ciddi hastalık ve sağlık düzensizliklerinde (diyabet, kalp hastalıkları, solunum sorunları, epilepsi vb.) teşhis sonrası ölüm olasılığını azaltmak veya ileri aşamalarda daha ciddi ikincil hastalık ya da hasarlara engel olmak için sürekli ve yakın izleme gerekmektedir. Bu hastalar, genelde hastane veya sağlık merkezlerinde barındırılarak izlenir. Fakat kalp ritmi bozukluğu ve epilepsi gibi uzun süreli izlenmesi ve kayıt tutulması gereken hastalar, sırada bekleyen diğer hastalar nedeniyle genelde erken taburcu edilmektedir. Hastanede uzun süren gözetim ve tedavi süreleri, neden olacağı maliyet nedeniyle hem kurum hem de hasta açısından sorun olmaktadır. Sağlık otoritelerinin çözmek zorunda oldukları en önemli sorunlardan biri de hizmet çeşitliliğini ve kalitesini artırırken maliyetleri düşük tutacak çözümler sunmaktır. Özellikle son 20-30 yılda hissedilmekte olan yaşlı nüfustaki artış ve bu yaşlı nüfusun beraberinde getirdiği sağlık giderlerinin bütçe üzerinde neden olduğu baskı, alternatif çözüm arayışına neden olmaktadır. Bu gruptaki hastaların kendi yaşam alanlarında, yaşam kalitelerine bir müdahale olmaksızın hastane olanaklarıyla gözetim altında tutulmaları ve gerektiğinde müdahalede bulunabilmesi her iki taraf için de avantajlı olur (Yazıcı, 2009).

Ameliyat öncesi ve sonrası hem hasta güvenliği hem de hastalığın seyri ile ilgili bilgi toplama olanağı sunabiliyor olması bu sistemlere olan talebi arttırmaktadır. Acil durum olarak bilinen ambulans uygulamalarında kritik müdahale sürecinde ön bilgilendirme büyük öneme sahiptir.

Temel canlılık bilgilerinin servis öncesi müdahale merkezine ulaştırılması ve gerekli uzmanların ve ortamın vaktinde hazırlanmasına vereceği potansiyel katkısı bu sistemleri vazgeçilmez kılmaktadır (Yazıcı, 2009).

Tele tıptan beklentiler şu şekilde sıralanabilir:

- TANI (Tele Radyoloji, Tele Patoloji, Tele USG vb.) Uzak bölgelerde veya sağlık hizmetinin verilmesinin zor olduğu yerlerde tanı ve tedavi hizmetlerinin verilebilmesi
- TEDAVİ (Tele konsültasyon, tele psikiyatri, tele cerrahi vb.) alanlarında kullanılması
- EVDE BAKIM Hastanın medikal durumu sürekli gözlenerek ev ziyaret sıklığında azalma olmakta ve hastanede yatış ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır
- Hekim ve Hastane ziyaretlerinin azaltılması
- Sağlık bakım hizmetinin kalitesinin artırılması
- Verimlilik ve sağlık giderlerinin azalması
- Kendi kendine yardım

5.8.3. Türkiye'de Teletıp

Teletıp'ın üç ana uygulama alanı olan: karar vermeye yardım, uzaktan algılama ve hastaların uzaktan gerçek zamanlı değerlendirilmesi için işbirliği çalışmalarından sadece uzaktan algılama (EKG, X-ray, hasta kayıtları gibi verilerin uzakta bulunan bir uzmana gönderilmesi, sürekli eğitim veya telekonferans amacı ile toplantıların aktarılması) kullanılmaktadır. Bu uygulamalar özellikle özel hastaneler ve üniversite hastaneleri tarafından yapılmaktadır. Özel hastaneler bu yolla hasta verilerini ABD veya Avrupa'ya uzman görüşü için iletmekte ve genellikle bunu da reklam için

kullanmaktadır. Doğrudan modem bağlantısı ile tıbbi görüntülerin aktarımı bazı merkezler tarafından sürekli olarak yapılmaktadır. Üniversite hastaneleri telekonferans sistemlerini uzaktan eğitim ve tıbbi toplantılar için kullanmaktadır. Bazı tıbbi departmanlar İnternet üzerinden tele konsültasyon yapmaktadır.

İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya gibi merkezlerde teletıp uygulamaları için gerekli altyapı oluşturulmaya başlamış ise de bu alanda yeterli deneyim yoktur. 1999-2000 yıllarında en ümit verici gelişme Tıp Fakültelerinde Tıp Bilişimi Birimlerinin ve Tıp Bilişim Derneğinin kurulmasıdır. Yıllık düzenlenen Ulusal Bilişim ve Tıbbi Bilişim Kongrelerinde, etik, kodlar, yazılım ve standartlar geniş şekilde tartışılmaktadır. Sonuç olarak Türkiye'de Teletıp alanında yapılacak çok iş vardır, ancak ulusal ve uluslararası kurumların ve şirketlerin bu konuya ilgisinin hızla artması ve bilişim alanına olan ilginin ve konunun öneminin artması ümit vericidir (Akan, 2001).

6. TASARLANAN SİSTEMİN TELE TIPTA UYGULAMA ÖRNEĞİ

Kalp hastalıklarının dünya genelinde önde gelen ölüm nedenlerinden birisi olduğuna daha önceki bölümlerde de değinilmiştir (Tantimongcolwat vd., 2008, The world health report, 2004). Kalp ahatsızlıklaı üzerine çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaladan bir kısmı ise bu kişilerin uzaktan ve devamlı olarak takibi üzerinedir.

Kalp çarpıntısı polikliniklere ve acil servislere en sık başvuru sebeplerinden birisidir. Yurtdışında yapılmış bir çalışmada (Görenek, 2010) dâhiliye ve kardiyoloji polikliniklerine başvuran 500 hastanın %16'sının hekime geliş şikâyetinin kalp çarpıntısı olduğu tespit edilmiştir (Kroenke, 1996).

Bu tip hastalıkların devamlı ve anlık olarak takibi kişinin sağlığı açısından çok önem arzetmektedir. Bunedenle tasarlanan uzman sistem örnek bir uygulama alanı olarak kalp rahatsızlığı olan kişilerin uzak mesafelerden izlenmesi seçilmiştir.

Günümüzde hemen her tür kalp çarpıntısı için tek değil, birden çok tedavi yaklaşımı mümkündür. Tedaviye yönelik yaklaşımların çeşitliliği bir avantaj olarak görülebilse de, bu durum bazen hekimleri karar verme konusunda arada bırakabilmektedir (Görenek, 2010).

Bir üniversite hastanesinde çarpıntı şikâyeti ile başvuran 190 hastanın incelendiği ve olguların %84'lük kısmında etyolojik sebeplerin belirlenebildiği bir çalışmada (Weber ve Kapoor, 1996) çarpıntıların %43'ünde kardiyak sorunlardan, %31'nde psikiyatrik sebeplerden, %10'unda ise diğer nedenlerden kaynaklandığı (örneğin; ilaçlar, tirotoksikoz, kafein, kokain, anemi, vs.) görülmüştür (Görenek, 2010).

Bu sebeple uç birimler arasında örnek üzerinde pletismogram işareti, nabız, sinyal kalitesi, oksijen doygunluğu gibi bilgiler GPRS modem ile internet üzerinden web sunucusuna mobil olarak gönderilmektedir.

Ayrıca uzman doktorun ayrık pletismogram verileri ve parametreler üzerinde verdiği kararlara göre uzman sistem, "Machine Learning" yöntemiyle öğrenebilir ve yeni değerlerin durumuna karar verip doktoru bilgilendirme veya otomatik karar verme işlemleri yapabilir. Bu sayede doktor üzerindeki yük azaltılacak ve hayati kararlar zaman kaybetmeden verilmesi düşünülmüştür.

Sistem tasarımını kısaca şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Belirtilen işaret ve bilgileri almak için SPO_2 modülü kullanılmıştır, bu modül ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır. Elde edilen veriler kesme (interrupt) protokolleri kullanılarak gömülü sistem tarafından alınmıştır. Bu sayede verilerde aktarım sırasında zaman kaybına bağlı veri kaybı yaşanması önlenmiştir. Toplanan veriler grafik LCD bir ekran üzerinden hastaya bildirilmiştir. Yine bu veriler bir GPRS modülü üzerinden uzman sistem yazılımına aktarılmıştır. Aktarım GPRS alt yapısı kullanılarak internet ortamında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan GPRS modül ve komutları ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

6.1. Nitelikler

Yukarıda belirtilen kriterlere göre seçilen nitelikler şunlardır: Pletismogram, Saturation of peripheral oxygen(SPO_2), pulsation strength ve signal quality. Bu nitelikler aşağıda açıklanmaktadır.

***Pletismogram*:** Kalp atışı ile birlikte kan akışının değişimi atardamarlarda iletilir ve bir pulse dalgası olarak ölçülebilir. Ölçülen bu puls dalgasının yoğunluk değişimi pletismogram olarak adlandırılır (Sakane vd., 2003). Yani bu yoğunluk değişiminin nedeni atardamardaki kan miktarındaki dalgalanmalardır.

Pletismogram testi kullanılarak kol ve bacaklardaki kan pıhtıları kontrol edilebilir ya da akciğerde ne kadar hava tutulduğu ölçülebilir. Hastalarda kullanılan pulse oksimetre cihazının pletismogram değer aralığı 0 LSB ile 255 LSB'dir (ChipOx User Manual, 2008).

***SPO₂*:** Kandaki oksijen satürasyonu ya da erimiş oksijen seviyesi olarak ölçülen SPO_2 aşağıdaki formüle göre pulse oksimetre ile hesaplanır.

HbO_2: oksihemoglobin,

Hb: hemoglobin

$$SPO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} \tag{4}$$

Hastalarda kullanılan pulse oksimetre cihazının ölçülen SPO_2 değer aralığı 45% ile 100%'dür. Bu değerler için doğruluk aralığı ise kullanılan pulse oksimetre cihazı tarafından $70\% < SPO_2 < 100\%$ olarak belirlenmektedir (ChipOx User Manual, 2008).

***Pulsation strength*:** Nabız, kalbin ne kadar yeterlilikte çalıştığının bir göstergesidir. Ayrıca güçlü ve ya zayıf nabız kalp ve damar problemlerinin teşhisine yardımcı olabilir. Çünkü bu durum kalbin kanı nasıl pompaladığını gösterir.

Kullanılan pulse oksimetre için değer aralığı 0‰ ile 250‰'dir.

***Signal quality*:** Sinyal kalitesi değer aralığı 0% - 100%'dür ve sinyal kalitesi 90%'nın üzerindeyse sinyal kalitesinin iyi olduğu söylenebilir (ChipOx User Manual, 2008). Pulse oksimetre ile yapılan ölçümler sırasında 90% sinyal kalitesinin üzerindeki veriler veritabanına kaydedilmektedir. Veritabanına kaydedilen veriler veri ambarına taşınmadan önce sinyal kalitesi niteliği üzerinde min-max normalleştirme yöntemi uygulandı. Min-max normalleştirilme yöntemi uygulanarak sinyal kalitesi niteliğinin diğer nitelikler üzerindeki baskısı azaltılmıştır. Böylelikle kullanılan öğrenme algoritması, sinyal kalitesi dışındaki niteliklerin öğrenme sürecindeki etkinliğini daha iyi kullanabilmiştir.

Min-max normalleştirme yöntemi ile veriler 0 ile 1 arasındaki değerlere dönüştürülür. Bu dönüştürülme işlemi (5) eşitliğinde gösterilmektedir. Bu eşitliğe göre; X^* dönüştürülmüş değerleri, X gözlem değerlerini, X_{min} en küçük gözlem değerini ve X_{max} en büyük gözlem değerini ifade etmektedir.

$$X^* = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (5)$$

Sinyal kalitesi niteliği için uygulanan min-max normalleştirilmesi yönteminde X_{min} değeri 90 ve X_{max} değeri ise 100 olarak alındı.

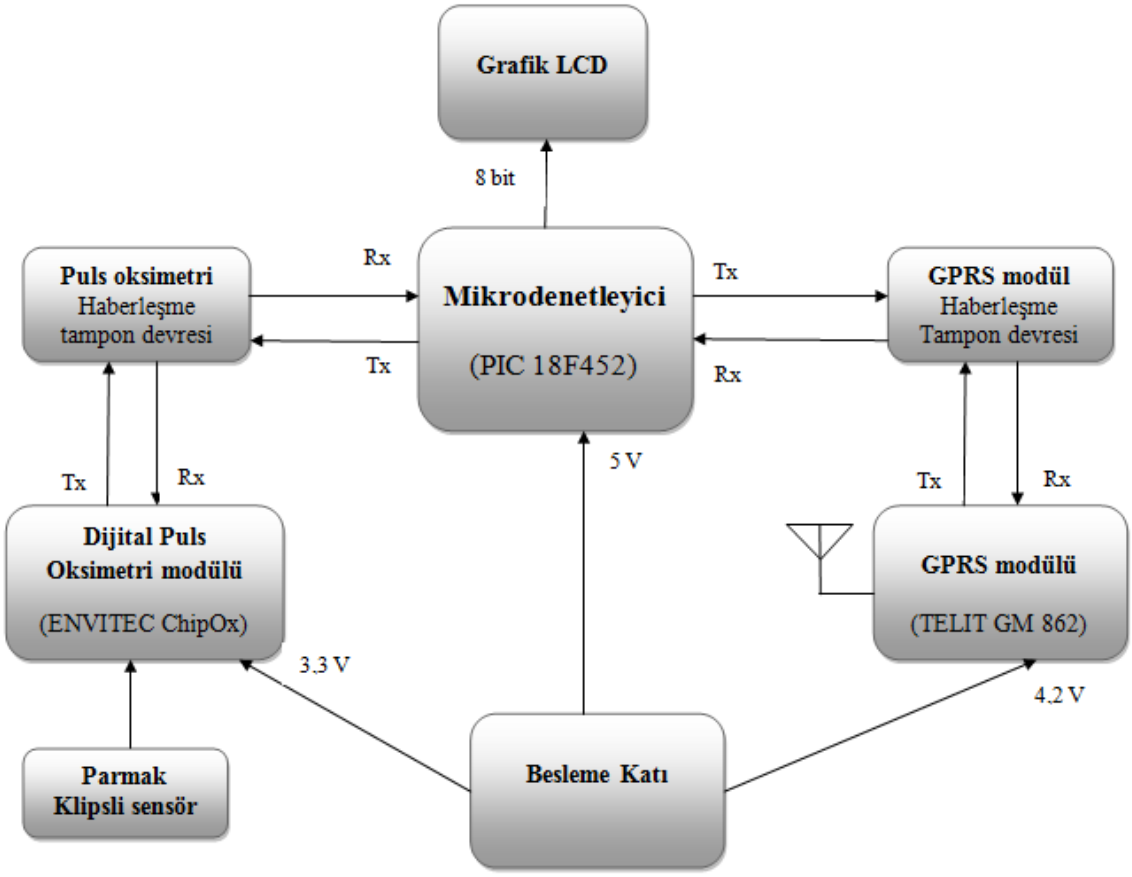
6.2.Tasarlanan Sistemin Donanımına Genel Bakış

Tasarlanan sistem donanımsal olarak aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Puls Oksimetri Modülü (Envitec ChipOx)
- SPO_2 Parmak Sensörü (Optik Sensörler)
- GPRS Modül (TELIT GM 862)
- Grafik LCD
- Mikrodenetleyici (PIC 18F452)
- Haberleşme tampon devreleri

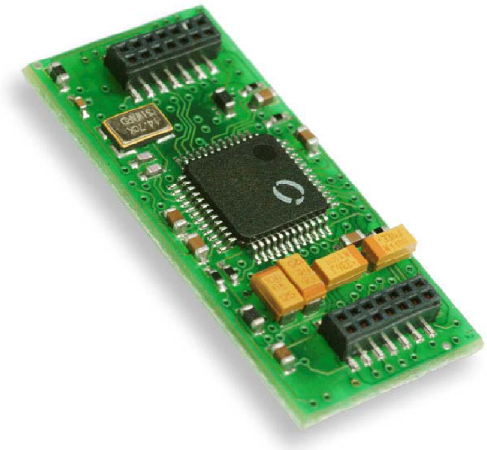
Şekil 6.1' de sistem donanımının genel blok diyagramı görülmektedir.

Bundan sonraki bölümlerde bu birimler tanıtılacaktır.

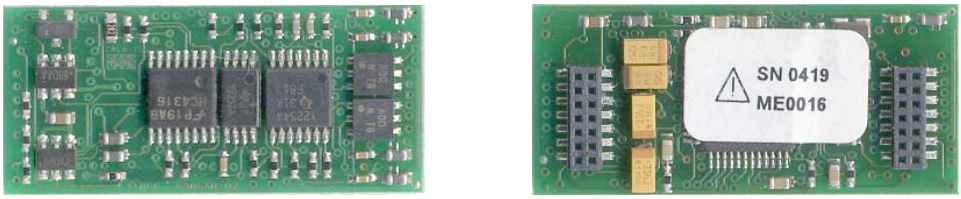


Şekil 6.1 Mobil hasta kalp takip sistemi blok diyagramı

6.2.1. Dijital Puls Oksimetri Modülü (ENVITEC ChipOx)



Şekil 6.2 Dijital Puls Oksimetri modülü genel görünüşü



Şekil 6.3 Dijital puls oksimetri cihazının alttan ve üstten görünüşleri

Tablo 6.1 Puls oksimetre modülünün pin dağılımı

Pin no	BU1 bağlantısı	BU2 bağlantısı
1	+3V3	Bağlantı yok
2	GND	Bağlantı yok
3	RESET	Sensör-ID
4	I/O-0 (TXD)	IN_A
5	I/O-1 (RXD)	IN_K
6	I/O-2 (Adr-AO-0)	LED_AIR
7	I/O-3 (Adr-AO-1)	LED_ART
8	I/O-4 (Adr-AO-2)	AIN-0
9	I/O-5 (AO-Strobe)	AIN-1
10	I/O- INT	AIN-2
11	Analog Çıkış	Bağlantı yok
12	Bağlantı yok	Bağlantı yok
13	Bağlantı yok	Bağlantı yok
14	Bağlantı yok	Bağlantı yok

ChipOx, insan atrial kanındaki (SpO2) fonksiyonel oksijen doygunluğunu ve nabız frekans ölçümünü temassız (non-invasive) olarak belirleyen bir pulse oksimetre modülüdür. Modülün genel görünüşleri şekil 6.2, şekil 6.3' de, pin dağılımları ise tablo 6.1' de gösterilmektedir. ChipOx tıbbi ürünler veya diğer uygulamalarda insanlar için bir OEM modül olarak monte edilebilir.

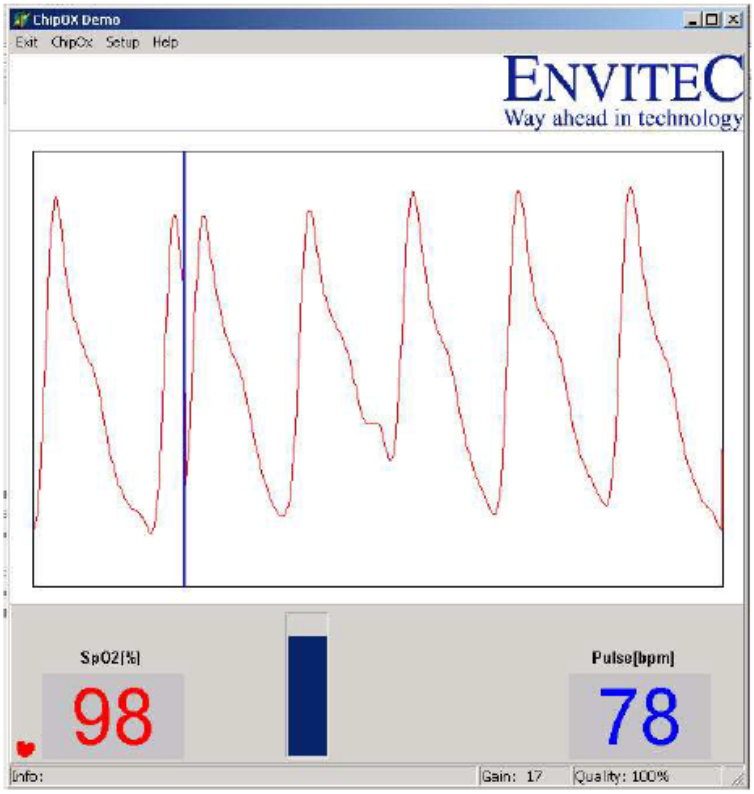
Pulse oksimetre için parametreler, iki farklı dalga boyunda çalışan LED ve bir fotodiyot içeren sensörler kullanılarak ölçülür. Türüne bağlı olarak sensörler, parmak gibi hastanın vücudunun çeşitli yerlerinde uygulanarak kullanılabilirler. Sinyalleri verimli gürültüyü bastırmak için 300 Hz ile ölçülür. Bu deparametreler; oksijen satürasyonu (SpO2), nabız frekansı, nabız dalgası ve sinyal kalitesi gibi değerlerdir. Bu

değerler, çeşitli hazır dijital filtreler, yeni sinyal işleme yöntemleri ve kalibrasyon eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır.

ChipOx' un hastaya yararı, arteriyel kan ve nabız atım frekansının oksijen doygunluğu hakkında elde edilen bilgilerdir. ChipOx aşağıdaki uygulama alanlarında cihazlarda montaj için tasarlanmıştır:

- Anestezi
- Ameliyat sonrası izleme
- Yoğun bakım
- Acil tıp
- Uyku Tıbbı
- Ambulans servisi
- Pulmonoloji
- Tedavi egzersizleri, spor hekimliği
- Subactute bakım merkezleri
- Evde izleme

Şekil 6.4'de ENVITEC firmasının ürettiği ChipOx modülünü için geliştirilmiş bilgisayar yazılımından alınmış örnek bir program ekranı görülmektedir.



Şekil 6.4 Örnek ekran çıktısı

6.2.1.1. Puls Oksimetri Prensibi

Puls oksimetri tekniği iki ilkeye dayanmaktadır. İlk olarak, oksijen doygunluğu bağlı olan kan rengi, kırmızı ve infrared (spectrophotometry) iki dalgaboyu aralığı kullanılarak belirlenir. İkincisi, arteriyel kan dokusu miktarı kanın kalpten damarlara pompalanması nedeniyle kalp atımı süresince değişir. Oksijen doygunluğu nedeniyle oluşan renk farkı, hemoglobin molekülünün optik özellikleri veya daha belirgin olması nedeniyle oluşan organik bileşen farkından dolayıdır. Hemoglobin, oksijen aracılığıyla kanda oksijen taşınmasından sorumludur.

6.2.1.2. ChipOx Modülü Çalışma Prensibi ve İletişim kurmak

ChipOx' la çalışmak için iki arayüze sahiptir.

- ChipOx' la bağlantı kurabilmek, parametreleri ayarlayabilmek ve veri çıkışı yapabilmek için bir seri USART arayüze,

- Veri çıkışı için multiplexed analog çıkışa sahiptir.

ChipOx'un seri UART protokolü, iletişim katmanı ve transfer katmanı olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 6.5). Transfer katmanı, hata belirlemeyi ve OSI modelinin "Data Link Later" la iletişim kurmayı içerir.



Şekil 6.5 ChipOx katman yapısı

Transfer katmanı, kontrol ve kullanıcı bilgi karakterlerinin bağlantı hatları üzerinden aktarıldığı bir asenkron, bit seri paket odaklı, güvenli iletim yöntemidir. Transfer katmanı, tercihen PCB' ler arasında bir noktadan-noktaya bağlantılı (full-duplex) çift yönlü bir iletişim aktarım katmanı kurar. Birbirleri ile iletişim kurarak haberleşen birçok bağımsız donanım bileşen sistemleri içerir. İletişim yolları kısadır. Aktarım katmanı yapısı nispeten düşük işlem gücüne sahip cihazlarda uygulanabilmesi için mümkün olduğunca basit tutulmuştur. Bu basit bir yoklama transfer protokolüdür. İstemciden ChipOx' a ve ChipOx' den istemciye veri paketler halinde gruplandırılmıştır (ChipOx User Manual, 2008).

Transfer katmanının donanım protokolü Seri UART arayüzünde: Veri transfer hızı,1 başlama biti, 8 veri biti, 1 bitiş biti, pariti biti kullanılan bir protokole sahiptir.

Her paket aşağıdaki yapıdadır:

Bayrak	Veri	Sağlama	Bayrak

Tablo 6.2 ChipOx genel paket yapısı

Tanıtıcı	Tanımlama	Boyut
Baş. Bayr.	Paketin başlangıcını gösterir: 0xa8	1 byte
Veri	Veri paketleri	Değişken
Sağlama	Verilerdeki karakterlerden elde edilen sağlama baytları	2 byte
Bit. Bayr.	Paketin sonunu gösterir: 0xa8	1 byte

Transfer katmanı işini iki katmana böler. İlk katman, veri ve hesaplanan sağlama değerini donanım UART' a doğrudan bağlı olan çerçeve katmana yönlendirir. Çerçeve katmanı bir byte-dolgu algoritması kullanarak, veri ve başlama ve bitiş bayrakları arasında sağlama değerini içeren paketi gönderir. Bu algoritmayla, alıcı, veri trafiği dışında kalan verilerden dolayı senkronizasyonu kaybetmeden paketleri güvenli olarak algılar. Ayrılmış değer olan 0xa8 başlama ve bitiş bayrakları için kullanılır. İkinci ayrılmış karakter 0xa9 kontrol baytıdır. "veri" ve "sağlama" bloğu içerisinde kontrol baytlarının bayraklarından biri ile aynı görülür ise iki bayt ile kodlanır. İlk olarak, kontrol baytı iletilir ve ikinci bayt orijinal veridir. ChipOx genel paket yapısı tablo 6.2' de görülmektedir.

İletişim katmanı, transfer katmanının bir üstündedir ve transfer katmanının veri bloğunu içerir.

Transfer kat.:

Bayrak	Veri		Sağlama	Bayrak

İletişim kat.:

Bayrak	Veri kanal ID	Kullanıcı Verisi	Sağlama	Bayrak

Eğer ChipOx' un transfer katmanı hatalı bir veri paketi alırsa, sırasını gönderdiği ilgili hata mesajını iletişim katmanına iletilir.

Veri kanal ID' si kullanıcı verisinin tipini tanımlar. ChipOx için, aşağıdaki kanallar kullanılır:

Veri Knl.	İsim	Anlam	Kul. Ver. boyu
13	SYSTEM_ERROR	Sistem hataları	Değişken
127	CHIPOX	ChipOx' a özel iletişim	Değişken

Kullanıcı verileri veri kanalı ID' si kullanarak protokolü tarafından ayırt edilirler. ChipOx için birçok kullanıcı verisi kanal 127 üzerinden gönderilir. Veri istekleri veya parametrelendirme ile ilgili host (ana makina)' dan ChipOx' a komutlar için tanımlayıcı 0x80 sayısı ile bağlanmıştır. Daha sonra, eklenen baytlar tanımlayıcıyı takip edecektir. ChipOx' dan host'a cevap mesajları için, tanımlayıcı bir ayrılmış bayt ile gelmez ve ilgili bilgiler devam eden baytlarda gelir.

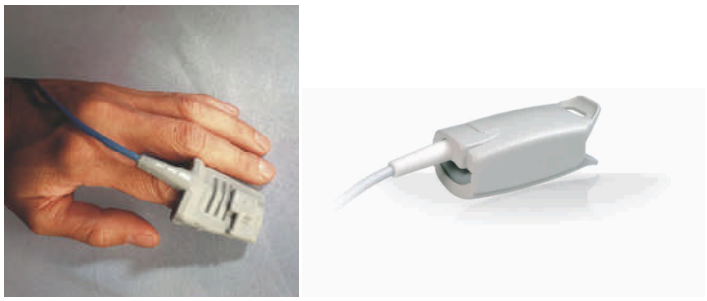
Tablo 6.3 Projede kullanılan bazı ChipOx komut ve ayarları

Tanımlayıcı		Veri Genişliği	
Değer	**Açıklama**	**Cevap için**	**Sorgu için**
Yaşamsal Parametreler			
0x01	SpO_2 Değeri [0….%100]	1 bayt	1 bayt
0x02	Nabız Atışı [0…. 300 bpm]	2 bayt	1 bayt
0x03	Sinyal Kalitesi [0….. %100]	1 bayt	1 bayt
0x04	Pletismogram [0…255], çözünürlüğü max. 100Hz	1 bayt	1 bayt
0x05	Kalp Atış Gücü [0…255]/1000	1 bayt	1 bayt
0x08	Durum Bilgisi: Bit 0: Sensör devre dışı Bit 1: Parmak çıktı Bit 2: Nabız dalgası algılandı Bit 3: nabız darbesi için arama Bit 4: Darbe arama çok uzun (darbe 15 içinde bulunamadı.) Bit 5: Düşük nabız gücü (düşük AC / DC oranı) Bit 6: Düşük sinyal (düşük AC ve düşük DC sinyaller) Bit 7: Çok fazla ortam ışığı Bit 8: Çok sayıda bozukluklar Bit 9: Pek çok hareket etkileri Bit 10: Sensör arızalı	2 bayt	1 bayt

	Bit 11: Güç kaynağı tolerans dışında Bit 12: tolerans dışında çalışma sıcaklığı Bit 13: Yanlış sensör Bit 14: Yaşamsal parametre veri ölçüm aralığı dışında Bit 15: -		
Komutlar / ayarlar			
0x31	Donanımsal resetle	-	0 bayt
0x32	Yazılımsal resetle	-	0 bayt
0x41	Baud (haberleşme) hızını ayarla 0= Haberleşme hızı sorgulaması 24= 2400 48= 4800 96= 9600 (ilk ayar) 19= 19200 38= 38400 57= 57600 115= 115200 23= 230400	1 bayt	1 bayt
0x44	Örnekleme oranı: 0= örnekleme oranı sorgulaması 75= 75 Hz 30= 300 Hz (ilk ayar)	1 bayt	1 bayt
0x51	Gerçek zamanlı veri kanalı (bir blok seçilen veri gönderme): Veri formatı ayarı: 1 bayt: 100 ms (0 = kapalı) adımlarla blok aralığı 2. bayt: Kanal 1: tanımlayıcısı, 3. bayt blok başına değerlerin sayısı 4. bayt: Kanal 2: tanımlayıcı, 5. bayt: blok başına değerlerin sayısı ... 20. bayt: kanal 10: tanımlayıcı, 21. bayt: blok başına değerlerin sayısı 0x01' den 0x1F ' e kadar tanımlayıcılar için değerler mümkündür. 10 kanaldan daha az iletildiğinde, sadece set olanları dikkate alınır. Gerçek zamanlı veri kanalı ayarlandığında, eğer "Blok başına değerlerin sayısı" 0 ile bir kez gönderilirse, takip eden tüm baytlar atılır.	Değişken	Değişken: Her kanal için 1+ 2 bayt

6.2.2. Optik Sensörler

Pals oksimetreler, kandaki oksijen doygunluğunu tek başlarına ölçebilen cihazlardır. Bu ölçüm; parmak, kulak, el veya ayak gibi vücut kısımlarından yapılabilir.



Şekil 6.6 SpO2 Parmak probu (finger probe)



Şekil 6.7 SpO2 kulak probu (Earlobe probe)

Yetişkin kişilerde oksijen saturasyonu ölçümü parmak ya da kulaktan yapılır. Ancak pediatrik ölçümlerde hastanın aşırı hareketliliği nedeni ile el ya da ayaktan da ölçüm yapılabilir.



Şekil 6.8 Pediatrik SpO2 propları

Pals oksimetre yöntemini anlayabilmek için önce **"hemoglobin"** ve **"oksijen saturasyonu"** terimlerini bilmek gerekir. **Hemoglobin**, kanda solunum organından dokulara oksijen, dokulardan solunum organına ise karbondioksit taşıyan, kırmızı kan hücrelerinde (alyuvarlarda) bulunan, kanın oksijen ve karbondioksit taşıma işini yapmasında görevli, demir ihtivâ eden solunum pigmentidir. **Oksijen saturasyonu**, kandaki oksijene bağlanmış hemoglobinin toplam hemoglobine oranı olarak tanımlanır. Pals oksimetre ile yapılan bu oran ölçümü yöntemi, hemoglobinin oksijene olan doygunluğunu yüzde olarak gösteren deri üstü (non-invasive) bir ölçüm yöntemidir.

Pals oksimetre ölçümü yapan cihazlar, kandaki toplam hemoglobin ile oksihemoglobinin iki ışık dalga boyundaki soğurmalarının farkını ölçmektedir. Bir ışık kaynağı ve fotodedektör ile kanın rengini saptayarak anlık oksijen saturasyonu ölçümü yapar. İki tür hemoglobin arasındaki ayırımı yapabilmek için soğurulmayı iki dalga boyunda ölçmek gerekir. Bunun için biri kırmızı (yaklaşık 660 nm) diğeri kızıl ötesi (infrared yaklaşık 940 nm) olmak üzere farklı ışık yayan LED içeren bir ışık kaynağı kullanılır. Kırmızı LED kaynaklar oksijene bağlanmamış hemoglobin seviyesini ölçer. Kızıl ötesi LED kaynaklar oksijene bağlanmış hemoglobin seviyesini ölçer. Bu ışık kaynaklarını ve fotodiyodu içeren ölçüm sensörleri üç farklı tipte üretilir:

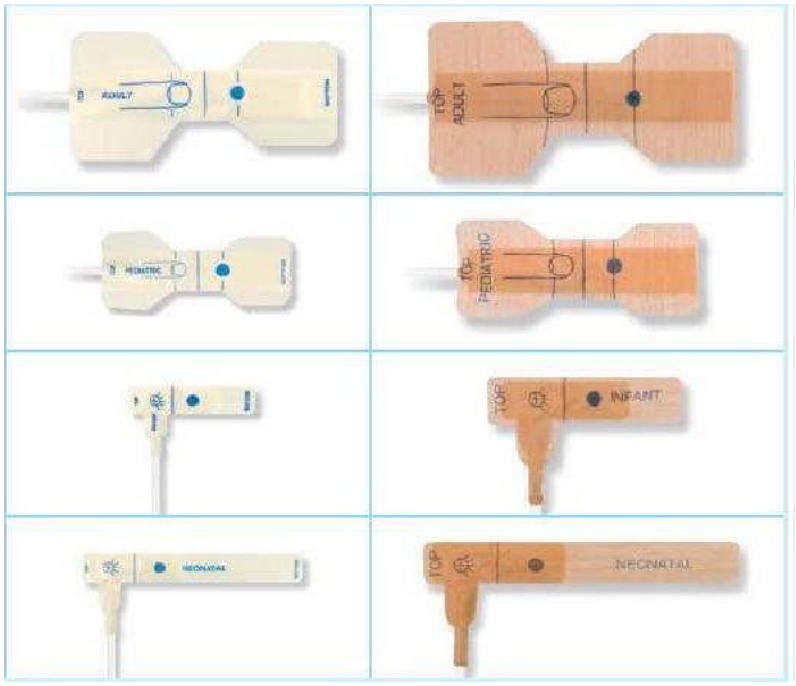
- Çok kullanımlık sensörler
- Çok kullanımlık flexible sensörler
- Tek kullanımlık sensörler şeklinde sınıflandırılmıştır.



Şekil 6.9 Çok kullanımlık sensör

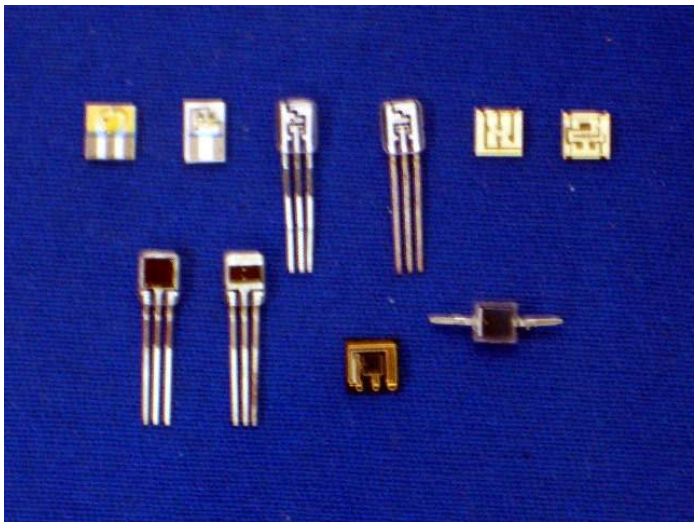


Şekil 6.10 Çok kullanımlık flexible sensör

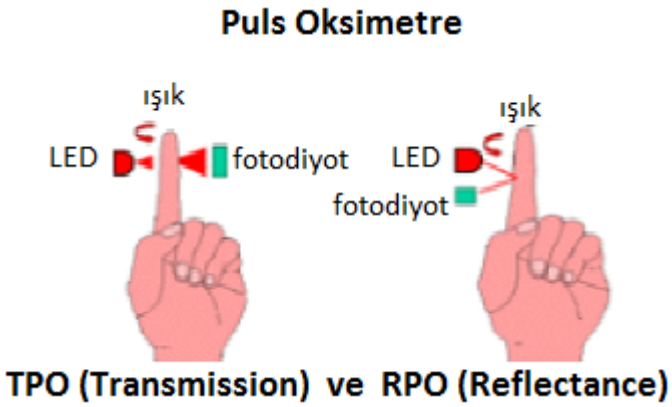


Şekil 6.11 Tek kullanımlık sensörler (Disposable sensor)

Hangi tip SpO2 sensoru ya da probu kullanılırsa kullanılsın bunların çalışma prensipleri aynıdır. Işık yayan bir LED ve bu LED'in hemen karşısında bu ışığı algılayan bir fotodiyot bu düzeneğin sensor kısmını oluşturur. Fotodiyotlar şekil 6.12' deki gibi imal edilmiş olup seramik ya da plastik kılıflıdır. LED tarafından gönderilen ışığın fotodiyot (dedektör) tarafından algılanması iki şekilde olmaktadır. Birincisi gönderilen ışığın vücut dokusundan geçerek alıcıya ulaşması (transmisyon), ikincisi de vücut dokusunu tamamen geçmeden doku içerisinden geri yansıyarak alıcıya ulaşması (reflektans) şeklindedir (şekil 6.13).



Şekil 6.12 SpO2'de kullanılan fotodiyotlar



Şekil 6.13 Transmisyon ve reflektans

Transmisyon tip SpO2 probunda (şekil 6.9, şekil 6.13) ışık alıcısı ve vericisi karşılıklı olarak dururken reflektans tip SpO2 probunda (şekil 6.14) aynı düzlem üzerinde bulunmaktadır (MEGEP, 2009).



Şekil 6.14 Reflektans prop

SpO2 sensörlerinin yardımı ile elde edilen veriler SpO2 modülünde işlenmektedir. Bu modül bütün puls oksimetre cihazlarında prensip olarak aynı işlemi yapmaktadır. Ancak farklı markalar farklı elektronik dizaynlar geliştirmişlerdir. Bu modüller yüzey montaj teknolojisi (SMD) ile üretilmiştir.

SpO2 ölçüm modüllerinde, en çok ölçüm proplarında (sensör) kablo kopması şeklinde arızalar oluşur. Nadiren de olsa fotodiyot-LED ikilisinin birinde arıza oluşması da mümkündür. Bu durumda prop yenisi ile değiştirilmelidir. Eğer arıza elektronik kart üzerinde ise yukarıda anlatılan PCB üzerinde arıza arama teknikleri uygulanmalıdır (MEGEP, 2009).

6.2.3. GPRS Modül (TELIT GM862)

Genel Paket Radyo Hizmetleri (GPRS), GSM modemler kullanılarak yapılan standart noktadan noktaya (CSD) iletişiminden tamamen farklı bir şekilde veri transferlerine izin verir.

GPRS klasik iletişim tekniğine göre çok daha hızlı ve maliyetsiz bir transfer metodudur. CSD haberleşmesinde her iki noktada da modem olmak zorundadır ve iki sistem birbirine noktadan noktaya direkt bağlanır. İki sistem arasında oluşturulan bu

bağlantı örüntüsünde yalnız bu iki uç nokta vardır. GPRS sisteminde ise iletişim direkt bir bağ kurularak yapılmaz, internet üzerinden bağlantı kurulur. GPRS sisteminde çoğunlukla TCP/IP protokolü kullanılır. Bundan dolayı klasik GSM CSD bağlantısına göre çok daha hızlı veri transferi yapabilir.

GPRS bağlantısını etkinleştirmek için bir telefon numarası çevrilmeye ihtiyaç yoktur fakat bir bağlantı kurmak için ISP' ye (İnternet Servis Protokolü) ihtiyaç vardır. Bundan dolayı noktadan noktaya CSD gibi direkt bağlantı kurmak mümkün değildir. Noktadan noktaya bağlantıya erişebilmek için *internet tunnelling* kullanılır.

GPRS bağlantıları yapmak için birkaç önemli nokta vardır:

- GPRS sınıf 10 multislot cihaz ile GPRS bağlantı hızı asimetriktir; 3 time slot alımda (43200 bps max) ve 2 time slot göndermede (28800 bps max) veya 4 time slot alımda (57600 bps max) ve 1 time slot göndermede (14400 bps max).
- Modemin kontrol uygulaması TCP/IP – PPP protokolüne sahip olmalıdır.
- Kontrol uygulaması ISP' ye dayanmalıdır.
- Bu nedenle, alıcı uygulamanın internet erişimi olmalıdır.
- Bağlantı, TCP / IP tabanlı olduğundan, çağdaş, birden fazla nokta ile iletişim kurmak mümkündür.
- Gerektiğinde veri güvenliği, internet üzerinden kontrol uygulama tarafından yönetilen, TCP / IP üzerinden güvenlik protokolleri tarafından garanti edilecektir.

Bir modem dört farklı durumda olabilir:

1. GPRS DETACHED: GPRS servisi için "ulaşılabilir" durumuna tekabül eder.
2. GPRS ATTACHED: Kabaca GPRS servisi için "kayıtlı" durumuna karşılık gelir.
3. GPRS bağlantısı aktif: atanan IP adresi ile durumu "ağ üzerinde ulaşılabilir" olmuştur.(AT#GPRS=1 gibi AT komutuyla mümkün olur.)
4. CONNECTED: kısaca bağlantının sağlandığı durumu ifade eder.

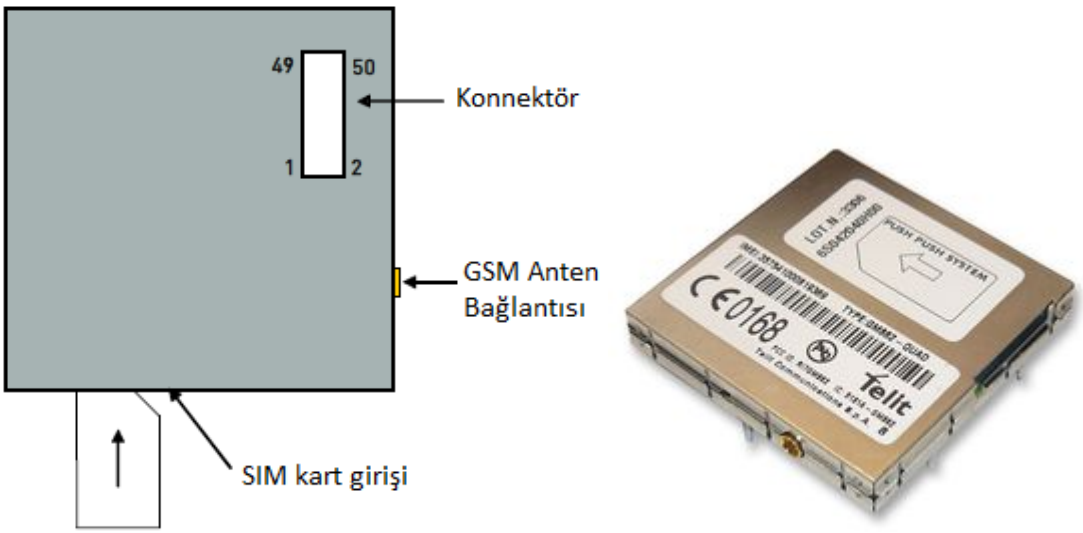
Modülün IP adresi (internet adresi), ISP tarafından dinamik olarak atanırsa, ve daha sonra bu cihazın GPRS bağlamda aktif değilken adresi yoksa ve bu nedenle modül

internet sorgularında erişilemez olur. Aynı şey modül DETACHED durumundayken GPRS modülü ISP tarafından ona atanan statik bir IP adresine sahip olduğunda da olur.

TELIT GM862 modülü aşağıdaki bölümlerden oluşur:

- GSM anten bağlantısı
- Bord bağlantı konektörü
- SIM kart okuyucusu

Bir GM862 modülünün genel görünüşleri şekil 6.15' da verilmiştir.



Şekil 6.15 TELIT GM862 modülü genel görünümü

TELIT GM862 modülünün 50 adet bağlantı ucu vardır. Tasarlanan sistemde bunlardan sadece tablo 6.4' de gösterilenler kullanılmıştır (GM862 Family Hardware User Guide, 2008).

Tablo 6.4 GM862 modülünde kullanılan pinler

Pin	Sembolü	Açıklama
1, 3, 5, 7	VBATT	Ana güç kaynağı
2, 4, 8	GND	Toprak
17	ON/OFF	Modül açma/kapama
20	TXD	Seri veri girişi
21	PWRMON	Modül açılma göstericisi
23	RESET	Modül reset girişi
37	RXD	Seri veri çıkışı
39	STAT_LED	Durum gösterici LED

6.2.3.1. GM862 Modülü Ürün Özellikleri ve Avantajları

GM 862, GSM Faz 2 / 2 E-GSM 900/1800 MHz ve GPRS sınıf B ile uyumludur. Tüm standart AT komutlarını tanımaktadır. Besleme Voltaj aralığı: 3.4V - 4.2V aralığıdır. 7 adet genel amaçlı CMOS 2.8 V I/O portları bulunmaktadır. Hazır olarak Mikrofon, hoparlör çıkışları verilmiştir. Yankı giderme ve gürültü azaltma özeliklerini barındırır.

Avantajları:

- Dual Band GPRS Modülü (GSM 850 / 900 / GSM 1800 / GSM 1900) CMOS düzeyinde RS232 arayüzü olan ve AT komut setini Gömülü GPRS kablosuz veri modülü uzaktan kablosuz uygulamalar için hazırdır.
- Kolay GPRS, TCP / IP kodu yazma ve İnternete erişimde kolaylık sağlamaktadır.
- Yüksek veri iletim ve bağlant hızı vardır.
- Küçük ve hafif olduğu ve kolay kullanıma sahiptir.
- Düşük güç tüketmektedir.
- Dahili SIM kart okuyucusu mevcuttur.
- 115.200 bps'ye kadar tam akış kontrollü CMOS düzeyinde RS232 (RX, TX, CTS, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI) bağlantı kurulabilir.
- Pil ile çalışabilir

6.2.3.2. GPRS erişimini Yapılandırma

GPRS erişim yapılandırması aşağıdaki ayarlar ile yapılır:

- 1 numaralı GPRS içerik parametresi (+CGDCONT komutu)
- Doğrulama parametrelerinin girilmesi: Kullanıcı adı ve Şifre (#SGACT komutu)

6.2.3.3. İnternet HOST İle Bağlantı Açmak

SD (soket Dial) AT komutu ile TCP / UDP isteği internete bağlanmak için başlar:

- Gerekirse, internet bağlantı noktasının adının IP adresini çözmek için DNS sorgusu yapılır.
- Telit modülü, verilen internet host ile bir TCP / UDP (parametre isteği bağlı olarak) bağlantı kurar
- Sonra bağlantı modülü CONNECT kodunu cevap verir.

Komut dizilimi:

AT#SD = <Conn Id>,<Protocol>, <Remote Port>, <IP address> [, <Closure Type> [, <Local Port>]]

- **Conn Id,** bağlantı tanımlayıcısıdır.
- **Protocol,** TCP için 0 UDP için 1' dir.
- **Remote Port**, uzak makinenin portudur.
- **IP address**, uzak erişim adresidir.

Uzak bağlantı açmak için Connection ID ilişkili bağlamında aktif olması gerekir, aksi takdirde bir hata görünecektir.

Mesela, bir web server'a ID nosu 3 ile bağlantı kurmak için gerekli komut:

```
AT#SD = 3 , 0 , 80 , "www.telit.com"
```

Eğer komut başarılı olursa, CONNECT mesajı alırız ve 3 numaralı soket Telit web server'a bağlanacaktır.

Bu dakikadan sonra seri porttan gelen veri paketlenir ve internet host'a gönderilir. +++ dizilimi soketi kapatmaz sadece askıya alır. Bağlantıyı askıya alabilir ve başka bir tanesini farklı bir bağlantı ID' si ile açabiliriz.

Tipik bir komut dizilimi:

```
AT#SD = 3 , 0 , 80 , "www.telit.com"
CONNECT
```

(verileri gönder/al ….)

```
(+++)
OK
```

Çıkış diziliminden sonra OK döndürülür. Bu soketin doğru olarak askıya alındığı anlamına gelir.

Şimdi 3 numaralı soket askıya alınmış ve modül de komut moduna alınmış olur bundan dolayı başka bir #SD komutu verebiliriz.

```
AT#SD = 2, 0, 80, "www.google.com"
CONNECT
```

(verileri gönder/ al ….)

```
(+++)
OK
```

Eğer bağlantı ID'si bekleme durumundayken bağlantı açmayı denersek bir hata oluşacaktır.

Eğer bir beklemedeki bağlantı veri alırsa, kullanıcı modülden talep edilmemiş bir SRING uyarısı alacaktır. Bu durumda, beklemedeki Telit server'dan veri alır ve aşağıdaki uyarı mesajını alırız:

```
SRING: 3
```

3 sayısı askıda veri bekleyen bağlantı numarasıdır (Family Easy GPRS User Guide, 2009).

6.2.3.4. İçeriği devre Dışı Bırakmadan Soket Kapatma

Bağlantı aşağıdaki sebeplerden dolayı kapanabilir:

- Uzak HOST TCP bağlantısı kesilince,
- Soket etkisizlik zaman aşımı,
- Çıkış dizisi "+++" ve AT # SH gibi bağlantı ID belirten terminal ekipmanları,
- Network'ün devre dışı kalması,

Çıkış dizisi ile birlikte soket bağlantısını kapatmak için bir komuta ihtiyaç vardır. Bu AT komut dizimi:

```
AT#SH = <conn Id>
```

Örnek:

```
AT#SD = 2 , 0 , 80 , "www.google.com"

CONNECT
```

(Verileri gönder/al…)

```
(+++)

OK

AT#SH = 2

OK
```

Şimdi bağlantı kapanmıştır. Eğer bu komutu boş bir bağlantı ID' si ile birlikte gönderirsek her halükarda OK mesajı alırız.

6.2.3.5. HTTP İstemci Uygulama Örneği

EASY GPRS özelliğini kullanarak modül üzerinden bir HTTP sunucuya bağlanmayı ve HTML bir sayfayı getirmeyi gösteren bir örnek aşağıda verilmiştir. Örnek uygulama Tablo 7.5' deki veriler kullanılarak düzenlenmiştir.

Tablo 6.5 örnek bir HTTP erişim uygulaması

Bağlanılacak sunucu	**www.telit.com**
Uygulama Katman Protokolü	HTTP1.0 (RFC1945) HTTP1.1 (RFC2068)
Geri alınmak için sayfa	Server'in ana sayfası
GPRS ayarları	
APN	İnternet.gprs
GPRS aracının IP'si	Dinamik olarak
DNS	Network tarafından alınır
USERID	EASY GPRS
PASSWORD	EASY GPRS
Soket Parametreleri	
Bağlantı tanımlayıcı	1
Paket boyutu(veri göndermek için TCP/UDP/IP kullanılarak)	300
Soket etkinsizlik zaman aşımı	90
Bağlantı zaman aşımı	600
Veri gönderme zaman aşımı	50

Port 80 HTTP servisi olarak atanmıştır bundan dolayı HTTP sunucumuz gelen verileri bu porttan bekliyor olacaktır. İkinci olarak aktarım protokolünün TCP' mi yoksa UDP' mi olmasına karar verilecektir. RFC1945 üzerinden HTTP uygulama katmanı protokolün TCP/IP üzerinden okunmaktadır. Bundan dolayı aktarım protokolü tercihi

TCP üzerinden gelecektir. Şimdi sistemi yapılandırmak için gerekli tüm bilgilere sahip olduk (Family Easy GPRS User Guide, 2009).

Mikrodenetleyicimizle Telit modülüne aşağıdaki AT komutunu yollayacağız:

```
AT+CGDCONT = 1,"IP","internet.gprs","0.0.0.0",0,0<cr>
```
(GPRS içerik ayarı)

Bütün soket ayarları için aşağıdaki AT komutu kullanılır:

```
AT#SCFG=1,1,300,90,600,50
OK
```

Bir sonraki adım GPRS içerik aktivasyonunun yapılmasıdır:

```
AT#SGACT=1,1,"EASY GPRS","EASY GPRS"
#SGACT: 193.199.234.255
OK
```

Bu komut ağ (network) tarafından atanan IP adresi ile cevap verir.

Şimdi soket arama için AT komutuyla sunucu ile iletişime geçebilirsiniz:

```
AT#SD=1,0,80,"www.telit.com",0,0
```

CONNECT bildirisini alındığında, uzak HOST (ana makine) üzerinde HTTP sunucusu programı ile veri alışverişi yapılır. Aşağıdaki satırları seri olarak göndererek ana sayfa sorgulanabilir.

```
GET / HTTP/1.1<cr><lf>
Host: www.telit.com<cr><lf>
Connection: keep-alive<cr><lf>
<cr><lf>
```

Bizim sorgumuza cevap olarak HTTP sunucusu ana sayfa ve bazı HTML kod cevapları seri olarak cevap verir:

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Thu, 06 2003 10:21:58 GMT
Server: Apache/1.3.27 (Unix)
Last-Modified: Thu, 06 2003 10:21:58 GMT
Content-Type: text/html
Connection: close
```

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 FINAL//EN">
<HTML>
… here is all the HTML code of the page..
</HTML>
<pause>+++<pause>
OK

AT#SH=1
OK
```

Yukarıdaki komuttan sonra TELIT modülü komut moduna döner ve soket kapatılır.

6.2.4. Mikrodenetleyici (PIC 18F452)

Mikro denetleyici (microcontroller, MCU veya µC), işlemci (CPU), hafıza (RAM/ROM) ve giriş-çıkış (I/O ports) birimlerinin tek bir entegre paketi içerisine yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmiş özel amaçlı bir bilgisayardır. Günümüzde üretilen birçok mikro denetleyici, özellik ve türlerine göre PWM, ADC, USB, USART, CAN, SPI, I2C gibi ara birim ve özel amaçlı kaydedicilere de sahiptir.

Chip üreten firmalardan bazıları (Intel, Atmel, Microchip, National Semiconductor, Texas Instruments, vb.) aynı zamanda mikro denetleyici de üretmektedir. Mikro denetleyiciler birbirlerinden, sahip oldukları donanımsal özellikler, (ADC, PWM, Zamanlayıcı, SPI, vb), giriş/çıkış bacak sayıları, çalışma hızları, veri ve program yolu genişliği, bellek kullanım şekilleri açılarından farklılıklar arz etmektedirler.

Microchip firmasının ürettiği PIC mikro denetleyicileri, Harvard mimarisi ile üretilmiş RISC işlemcisine sahiptirler. PIC "**P**eripheral **I**nterface **C**ontroller (Çevresel Arabirim Denetleyicisi)" kelimelerinin baş harflerinden kısaltılarak türetilmiş olsa da farklı kaynaklarda "**P**rogrammable **I**nterface **C**ontroller (Programlanabilir Arabirim Denetleyicisi)" veya "**P**rogrammable **I**ntelligent **C**omputer (Programlanabilir Akıllı Bilgisayar)" olarak da adlandırılmaktadır. PIC Mikro denetleyicilerinin birçok çeşidi vardır. Veri yolu genişliği temel alınarak PIC mikro denetleyiciler 8-bit (PIC10,PIC12,PIC16,PIC18), 16-bit(PIC24) ve 32-bit(PIC32) olarak sınıflandırılabilir (www.microchip.com, 2011).

18F452 denetleyicisinin temel özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Yüksek performanslı RISC işlemciye sahiptir,
- 32 Kbyte adreslemeli doğrusal program hafızası
- 1.5 Kbyte adreslemeli doğrusal veri belleği
- 75 adet komut mevcuttur,
- Tüm komutların işlenme süresi 1 saykıldır,
- 10 MIPs üzerinde işlem gücü(40 Mhz saat palsinde)
- 16-bit genişliğinde komutlar, 8-bit genişliğinde veri yolu
- kesmeleri için öncelik düzeyleri
- 8 x 8 Tek Çevrim Donanımsal Çarpıcı

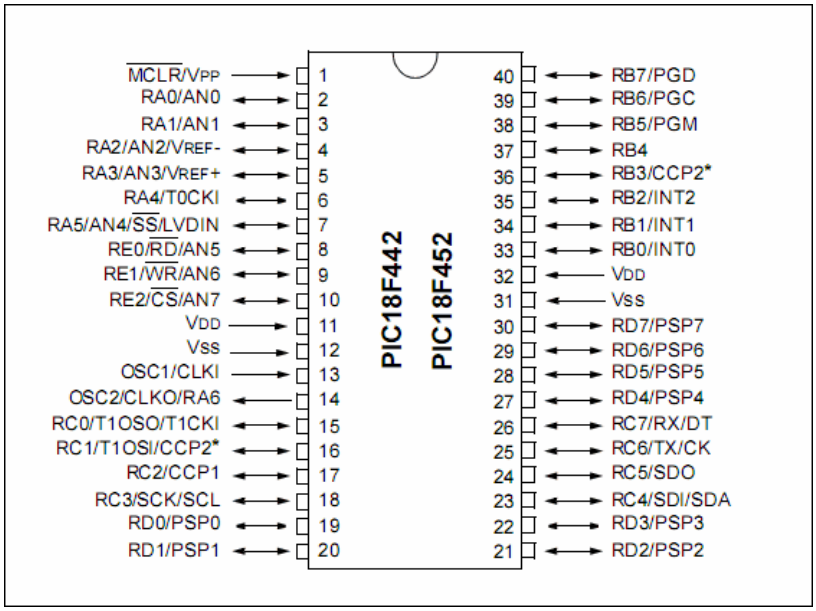
Çevresel Özellikler:

- Üç adet harici kesme pimleri
- Timer0 modülü: 8-bit/16-bit zamanlayıcı / sayıcı ile
- Timer1 modülü: 16-bit zamanlayıcı / sayıcı
- TIMER2 modülü: 8-bit, 8-bit zamanlayıcı / sayıcı
- Timer3 modülü: 16-bit zamanlayıcı / sayıcı
- İki Capture/Compare/PWM (CCP) modülleri,
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) modülü,
- Adreslenebilir USART modülü (RS485 ve RS232' yi destekler)
- Parallel Slave Port (PSP) modülü
- 10-bit Analog-Dijital Dönüştürücü modülü (ADC)
- Programlanabilir kod koruma
- Güç tasarrufu sağlayan SLEEP modu

Şekil 6.16'de 18F452'nin pin bağlantıları verilmiştir. Bu mikrodeenetleyici toplam 5 porttan meydana gelmektedir. Bunlar A,B,C,D ve E portlarıdır. Bütün portlar dijital giriş/çıkış olarak kullanılabilir.

- **A portu** 6 giriş/çıkışa sahiptir ve dijital giriş çıkış olarak kullanılabilir.

- **B portu** 8 giriş/çıkışa sahiptir. Bu portun 0,1,2,3,4 nolu pinleri harici kesme girişi olarak kullanılabilir.
- **C portu** 8 giriş/çıkışa sahiptir. PWM, capture/compare, SPI ve bilgisayar ile seri iletişim kurma gibi işlevleri vardır.
- **D portu** 8 giriş/çıkışa sahiptir. Paralel slave port ile mikroişlemci portu olarak kullanılabilir.
- **E portu** 3 giriş/çıkışa sahiptir. Analog/dijital çevirici olarak kullanılabilir.



Şekil 6.16 18F452 Pin Yapısı (www.microchip.com**)**

Bu çalışmada 8 bitlik ALU'ya sahip PIC18F452 mikro denetleyicisi yüksek performans ve çalışma hızı nedeniyle tercih edilmiştir. Bu sayede ChipOx modülünden gelen verileri gerçek zamanlı olarak Grafik LCD ekranda gösterir, verileri paketler ve GPRS modülü üzerinden sunucuya veri paketini gönderir.

6.3. Donanım Mimarisi

Bu tasarımda mikrodenetleyicinin donanım özelliklerinden olarak 18F452 mikrodenetleyicinin USART modülü ve kesme kaynakları kullanılmıştır. Tasarlanan devrenin devre dizaynı şekil 6.18' de gösterilmiştir.

Sistemde RS-232 iletişimi ile haberleşen iki adet birim vardır:

- ChipOx puls oksimetri modülü
- GM862 GPRS modülü

Fakat 18F452 içerisinde sadece bir adet donanımsal RS-232 modülü bulunmaktadır. Her iki birimi aynı modül üzerinden çalıştırabilmek için birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda RS-232 portunu çoğullayabilen elektronik devreler bulunmuştur. Yapılan araştırma ve deneylerde bu yöntemin ihtiyaçlarımızı karşılamayacağı tespit edilmiştir.

İkinci bir yöntem ise yazılımsal bir çözüm bulma yoludur. Bu konu ise "Yazılım Mimarisi" konu başlığında detayları ile anlatılacaktır. MikroC yazılımının kütüphaneleri içinde yer alan Software USART kütüphanesi kullanılarak bu problem aşılmıştır.

Mikrodenetleyicinin donanımsal USART modülü ile Puls oksimetre cihazı bağlanmıştır. Böylece gelen veriler USART kesmesi olarak alınabilmek ve gerçek zamanlı olarak veri kaybı yaşanmadan veriler paketlenebilmektedir. GPRS modülü ise Software USART kütüphanesi üzerinden yazılımsal olarak haberleşme altyapısı kurulmuştur. Software USART'ın dezavantajı donanımsal olmadığı için kesme protokollerinin kullanılamamasıdır.

GPRS, puls oksiketre modüllerinin ve 18F452'nin lojik seviyeleri ve besleme gerilimleri birbirinden farklı değerlerdedir. Bu durum tablo 6.6'de görülmektedir. Bu nedenle mikrodenetleyici puls oksimetre ve GPRS modülleri ile direkt olarak lojik bağlantı kuramaz, aynı besleme hattı üzerinden beslenemezler.

Tablo 6.6 Lojik seviye, besleme değerleri

	GM862		**ChipOx**		**18F452**	
	Min	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**
Lojik(0)	0 V	0,5 V	0 V	0,8 V	0 V	0,7 V
Lojik(1)	2,1 V	3,3 V	2,2 V	3 V	4,2 V	5,5 V
Besleme	3,4 V	4,2 V	3 V	3,4 V	4,2 V	5,5 V

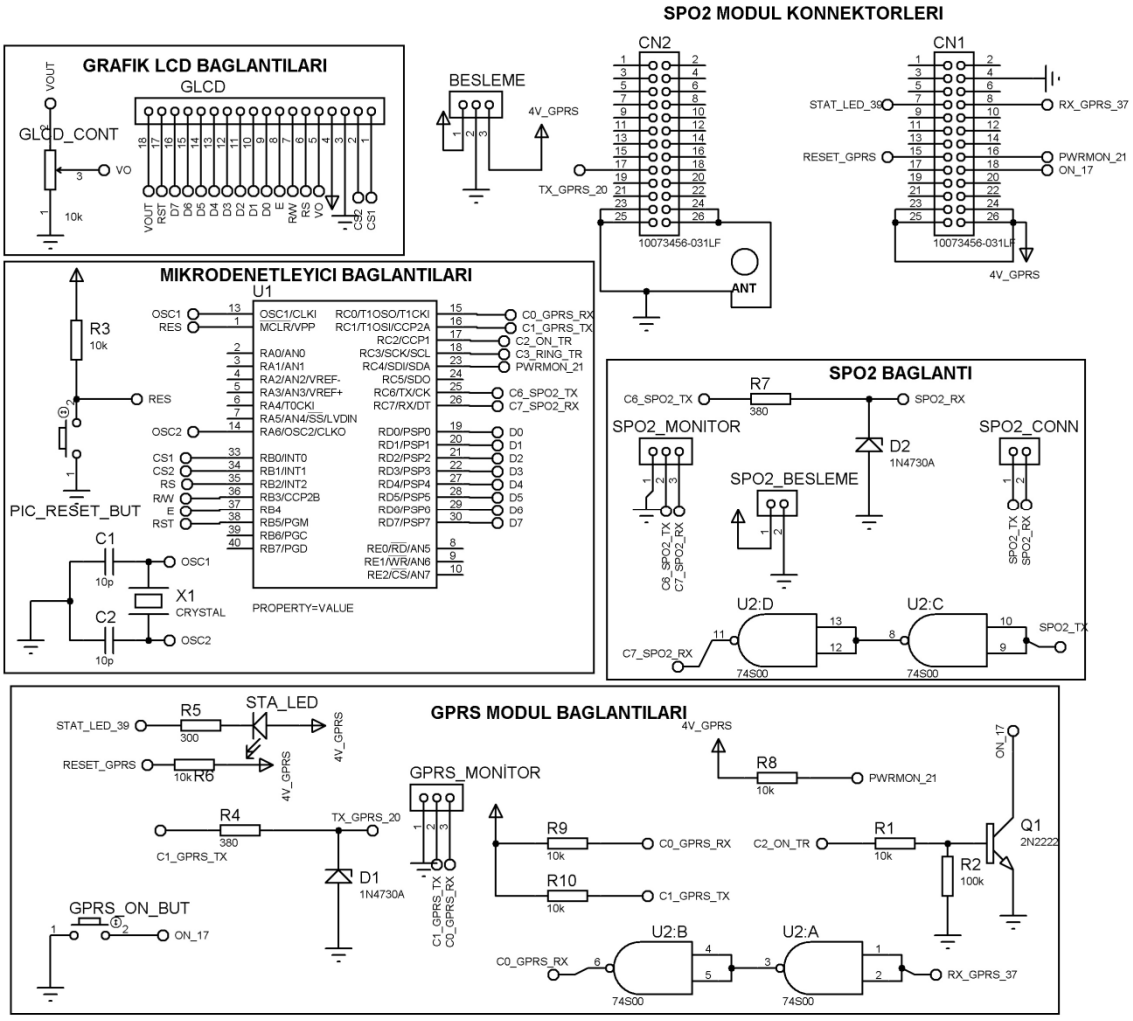
Donanımsal devre üzerindeki tüm birimlerin besleme değerleri farklılık gösterdiği için çeşitli DC – DC dönüştürücüler kullanılarak besleme değerleri sağlanmıştır. Böylece sistem tekbir 5 V'luk şarjlı pil ile beslenirken tüm bileşenler gerekli değerle beslenebilmiştir. Besleme gerilimlerinin dağılımları şekil 6.17'de görülmektedir.

Asenkron bir protokol olan RS-232 haberleşme protokolünde, gönderici ve alıcı birimleri birbiri ile ancak sabit bit aktarım hızı ile haberleşebilirler. Bu hıza "Baud Rate" denilir ve birimi bps' dir (bit per second – bir saniyede aktarılan bit miktarı). Haberleşen iki sistemden birisi gönderen ikincisi alıcı olacaktır. Her iki sistemin, bir gönderen birde alan olmak üzere 2 haberleşme ucu vardır. Bunlardan veri gönderene Tx (transmit), veri alana ise Rx (receive) denilir. İki sistem birbiri ile haberleşecekse bir sistemin veri gönderen ucu (Tx) diğer sistemin veri alan ucuna (Rx) bağlı olmalıdır. Haberleşme tek yönlü yapılabildiği gibi karşılıklıda yapılabilir. Eğer haberleşme tek yönlü olacaksa gönderen sistemin Tx ucu alıcı sistemin Rx ucuna bağlı olması yetecektir. Eğer iletişim çift yönlü olacaksa her iki sistemi Tx – Rx uçları birbirine bağlı olmalıdır.

RS-232 ile haberleşen iki sistemin saniyedeki bit aktarım hızları aynı değilse veri aktarımı kesinlikle istenildiği gibi olmayacaktır. Veri aktarım hızları 300 bps'den 256.000 bps'ye kadar çıkabilir. Bu nedenle sistemdeki mikrodenetleyici – puls oksimetre ve mikrodenetleyici - GPRS modülü arasındaki haberleşme hızları 9600 bps olarak ayarlanmıştır. Bu hız gerçek zamanlı veri aktarımı için yeterli bir değer olduğu yapılan testlerle tespit edilmiştir.

Tablo 6.6' da görüldüğü gibi sistemde kullanılan ve birbiri ile haberleşen sistemlerin lojik seviyelerin genlik değerleri birbirlerinden farklıdır. Mikro denetleyicinin lojik "1" genlik seviyesi 5 volt iken puls oksimetri modülünün lojik "1" seviyesi 3 volttur. Mikro denetleyici veri gönderirken 5 voltluk lojik seviye 3 voltluk lojik seviyeye sahip olan puls oksimetrenin giriş devresini yakacaktır. Tersi durumda ise 3 voltluk gerilim değeri mikro denetleyici için yeterli bir seviyede lojik "1" olarak algılanamayacaktır. Bu genlik farklılığından dolayı iki sistem arasındaki iletişimde tampon devreler kullanmak zorunluluğu vardır.

Mikro denetleyiciden puls oksimetre cihazına veri gönderirken yüksek seviyeli değerden puls oksimetre girişlerini korumak için 5 volt – 3,3 volt arası dönüşüm yapan bir tampon devre kullanılmıştır. Bu tampon devrenin amacı puls oksimetre cihazının girişlerini korumaktır. Bu nedenle zener diyotlu bir gerilim sabitleyici tamponu eklenmiştir. Zener diyot yapısı gereği devreye ters bağlanır ve uçlarında kendi değerinden yüksek bir değer tutmazlar. Bu nedenle 3,3 voltluk zener diyotun uçlarına bir seri dirençle bağlanan 5 voltluk lojik "1" seviyesi puls oksi metre cihazının girişine 3 volt olarak gelecektir.



Şekil 6.17 Tasarlanan sistemin devre dizaynı

Yine puls oksimetrenin düşük seviyedeki lojik "1" değerini mikro denetleyicinin anlayacağı lojik seviyeye çıkarmak için ise iki adet hızlı VE kapısı ile tamponlanmış bir devre tasarlanmıştır. Bu devrenin beslemesi mikro denetleyiciyle ortaktır. Bu nedenle

puls oksimetrenin düşük seviyeli lojik “1” i kapılarla tamponlanarak mikrodenetleyicinin anlayacağı lojik “1” seviyesine çıkarılmıştır. Bu devre bağlantıları şekil 6.17’ deki “SPO2 BAĞLANTI” kısmında gösterilmektedir.

Aynı durumlar GPRS modül içinde geçerlidir. Burada da Rx, Tx bağlantıları yapılırken karşılıklı DC – DC dönüştürücü tampon devreler kullanılmıştır. GPRS modülünde farklı olarak modülü mikrodenetleyici ile aktif hale getirebilmek için bir transistör ve iki dirençten oluşan bir devre eklenmiştir. Bu devrenin beyzine C portunun 2. pininden uygulanan kısa süreli bir pals ile GPRS modülün aktif hale gelmesi ve yine aynı miktar bir pals uygulanması ile aktif hale gelen modülün tekrar kapanması sağlanmıştır. Aynı zamanda modülün şebeke durumunu gösteren bir “STA_LED” devresi eklenmiştir.

Devrede kullanılan grafik LCD ekran tek renkli bir ekrandır. 128x64 bitlik çözünürlüğe sahiptir. KS0108 kontrolörü içermektedir. Donanımsal olarak mikrodenetleyicinin B ve D portları grafik LCD’ ye ayrılmıştır. Grafik LCD yazılım aracılığı ile iki ayrı bölgeye ayrılmıştır. Birinci bölge hastanın pletismogram grafiğinin basıldığı ekran ikinci bölge ise SPO_2, nabız ve sinyal kalitesi gibi sayısal değerlerin gösterildiği bölgedir.

6.4. Mikrodenetleyici Yazılım Mimarisi

Mikro denetleyici yazılım süreci Mikroelektronika firması tarafından geliştirilen MikroC programlama dili ile gerçekleştirilmiştir. MikroC dili ANSI C standartları kullanılarak tasarlanmıştır. Hemen hemen tüm C standartlarına sahip olduğu için C dilinde yazılmış fonksiyonları direkt olarak çalıştırabilecek kapasitededir. Bu sayede yazılan C kodlarının üzerinde değişim yapmadan çalıştırma imkânı verir. Ayrıca kendi bünyesinde bulunan PIC mikrodenetleyicileri için geliştirilmiş çok geniş kütüphanelere sahiptir. Header ve C dosyaları gibi dosyalar ekleyerek programı daha küçük parçalara ayırarak modüler program yazmaya imkân tanır.

Geliştirilen yazılım genel olarak SPO2 modülünü aktif hale getiriyor, GPRS modülünü aktif hale getirerek şebekeyi bulmasını ve internet üzerinden verilen sabit bir

IP adresine bağlanması sağlanıyor. Daha sonra SPO2 modülünden istediğimiz formatta gelen verileri kesme algoritması ile alarak veri paketini hazırlamaktadır.

Mikro denetleyici için geliştirilen yazılım birkaç aşamada anlatılacaktır:

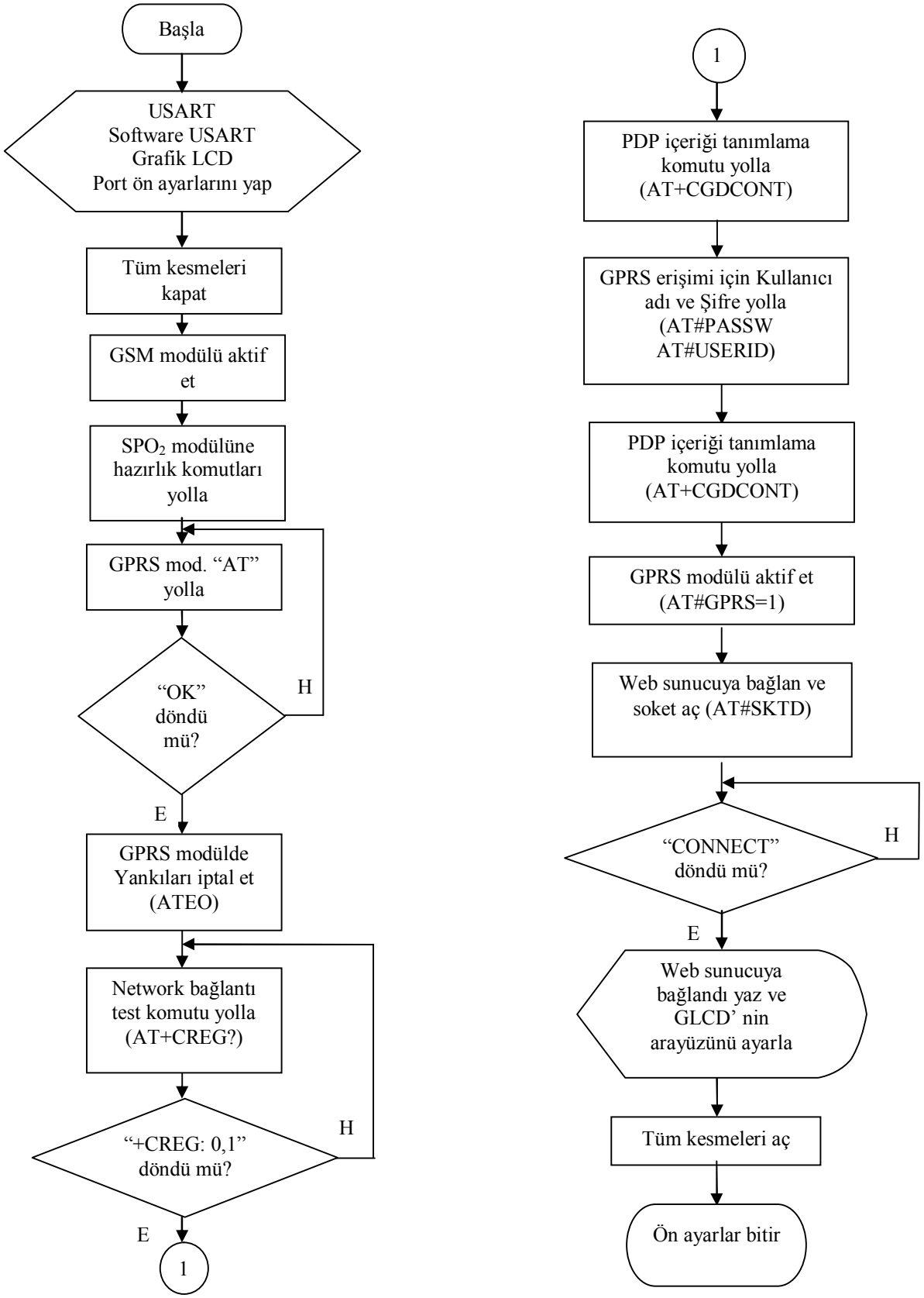
- SPO_2, GSM modül ön ayarları ve GPRS internet bağlantısı algoritması,
- Ana program algoritması,
- Puls oksimetre modülünden USART kesmesi ile gelen verilerin derlendiği ve sınıflandırıldığı KESME (INTERRUPT) alt yordam algoritması.

6.4.1. SPO_2, GSM Modül Ön Ayarları, GPRS internet bağlantısı

Ana program çalışmaya başlamadan önce GSM modülü ve SPO_2 modülü ile ilgili bazı ön ayarlama ve kontrollerin yapılması gerekmektedir. Programın ön ayarlar kısmında kısaca;

- USART, grafik LCD bağlantılarının yapılanması,
- GSM, SPO_2 modüllerinin aktif hale getirilerek iletişime geçilmesi,
- GSM şebekesinin kontrol edilerek şebeke bağlantısının yapılmasının sağlanması
- Şebeke bağlantısı kurulduktan sonra GPRS üzerinden internet erişimi ile istenen Web sunucu ile bağlantıya geçilmesi
- Grafik LCD arayüzünün hazırlanması aşamalarını içermektedir.

Ön ayarlar algoritması şekil 6.18' de verilmiştir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi iki adet modül ile bağlantı kurulabilmesi için iki adet USART bağlantısına ihtiyaç duyulmaktadır. Mikrodenetleyici sadece bir tane donanımsal USART modülüne sahip olduğu için diğer birimle yazılımsal bir USART bağlantısı kurulması gerekmektedir. Bunun dezavantajı modül sanal olarak çalıştığı için gelen bilgilerin kesme algoritmaları ile alınamayıp yazılım üzerinden alınmasıdır. Bu nedenle kullanılan modüllerden hangisinin kesme ile veri alması gerektiği belirlenmelidir.



Şekil 6.18 SPO2, GSM modül ön ayarları ve GPRS internet bağlantısı algoritması,

GSM modülü bu uygulamada ağırlıklı olarak veri almak yerine veri gönderimi yapmaktadır. GSM modülüne nispeten puls oksimetre modülünden çok fazla veri gelmesi ve bu verilerin asıl hasta verileri olması nedeni ile donanımsal USART modülüne puls oksimetre cihazı bağlanması tercih edilmiştir. Diğer bir sebep ise veriler hastaya ait olduğu için veri kaybı yaşanmamalıdır. Bu nedenle bu birimden gelen veriler kesme prosedürü üzerinden alınmalıdır.

Hazırlık işlemleri sırasında gelen verilerden etkilenmemesi için tüm kesmeler kapatılmış hazırlık işlemlerinin sonunda ise tekrar açılmıştır.

GSM modülünün donanımsal olarak aktif edilmesi donanım bölümünde anlatılmıştır. Modül açıldıktan sonra modüle "AT" komutu yollanır. Bu komut modülle haberleşebildiğimizi gösteren en temel komuttur. Bu komut cevap olarak "OK" dönene ve cevap algılanana kadar gönderilecektir. GSM modülü yollanan her komutu "yankılama" özelliği ile tekrar geri gönderir. Fazla veri gelişini önlemek amacıyla bu özellik "ATEO" komutu ile kapatılır. GSM modülüne gönderilen her komut sonunda mutlaka bir cevap gönderecektir. Bu uygulama için gelebilecek cevaplar şu şekilde sıralanabilir:

- Bir komutun alındığını ve çalıştırıldığını gösteren "OK",
- Bir komutun alındığını fakat çalıştırma ile ilgili bir sorun olduğunu gösteren "ERROR",
- GPRS ile Web adresi verilen sokete bağlandığını gösteren "CONNECT",
- Şebeke testi sırasında şebekeye bağlanıldığını gösteren "+CREG: 0,1"

Şebekeye bağlanmadan internete erişmek mümkün değildir. Bu nedenle şebeke testi şebekeye bağlanıldığını gösteren cevap dönene kadar devam edecektir. Bu işlemleler yapıldıktan sonra GPRS ayarlarının yapılma internet protokol ayarları yapılmalıdır. Bu nedenle PDP içeriği tanımlama komutu, internete erişim sağlanırken şebeke sağlayıcının bilgilerini içeren kullanıcı adı ve şifre bilgileri verilecek ve GPRS modu açılarak belirlenen web sunucuya istenen soket üzerinden bağlanılarak bağlantı kurulduğunu gösteren cevap dönecektir. Son olarak bu durum ekranda gösterilip gerekli ekran arayüzü oluşturularak ön ayarlar bitirilecektir.

6.4.2. Ana Program Algoritması

Ana program algoritması şekil 6.19' da gösterilmiştir. Bu algoritma belli başlı olarak şu adımları içermektedir:

- Örnek sayılarının sıfırlanması ve paket oluşumu
- USART kesmelerinin kapatılması
- Grafik LCD ekranda değer ve Pletismogram sinyalinin gösterilmesi
- Verinin paket haline gelerek GPRS ile web sunucuya aktarılması

Puls oksimetreden bir veri paketinin içerisinde SPO_2, sinyal kalitesi, nabız değerleri ile birlikte 10 adet pletismogram işareti halinde gelir. Bu paket formatı hazırlık aşamasında puls oksimetre cihazına yollanan komut dizisi ile oluşturulur. Bu komut dizisi tablo 6.7' de gösterilmiştir.

Tablo 6.7 SPO2 modülüne gönderilen komut dizisi ve açıklamaları

0xA8,	0x7F,	0xD1,	0x01,	0x01,	0x01,	0x02,	0x01,
Başlama bayrağı	veri İletişimi kanal no	Gerçek zamanlı veri komutu	100 ms	SPO2 komut	değeri	Nabız komut	değeri

0x03,	0x01,	0x11,	0x01,	0x04,	0x0A,	0xA5, 0x7A,	0xA8,
Sinyal kalitesi	değeri	Sinyal genliği	değeri	Pletismogram	Örnek sayısı	Kontrol baytları	Bitiş bayrağı

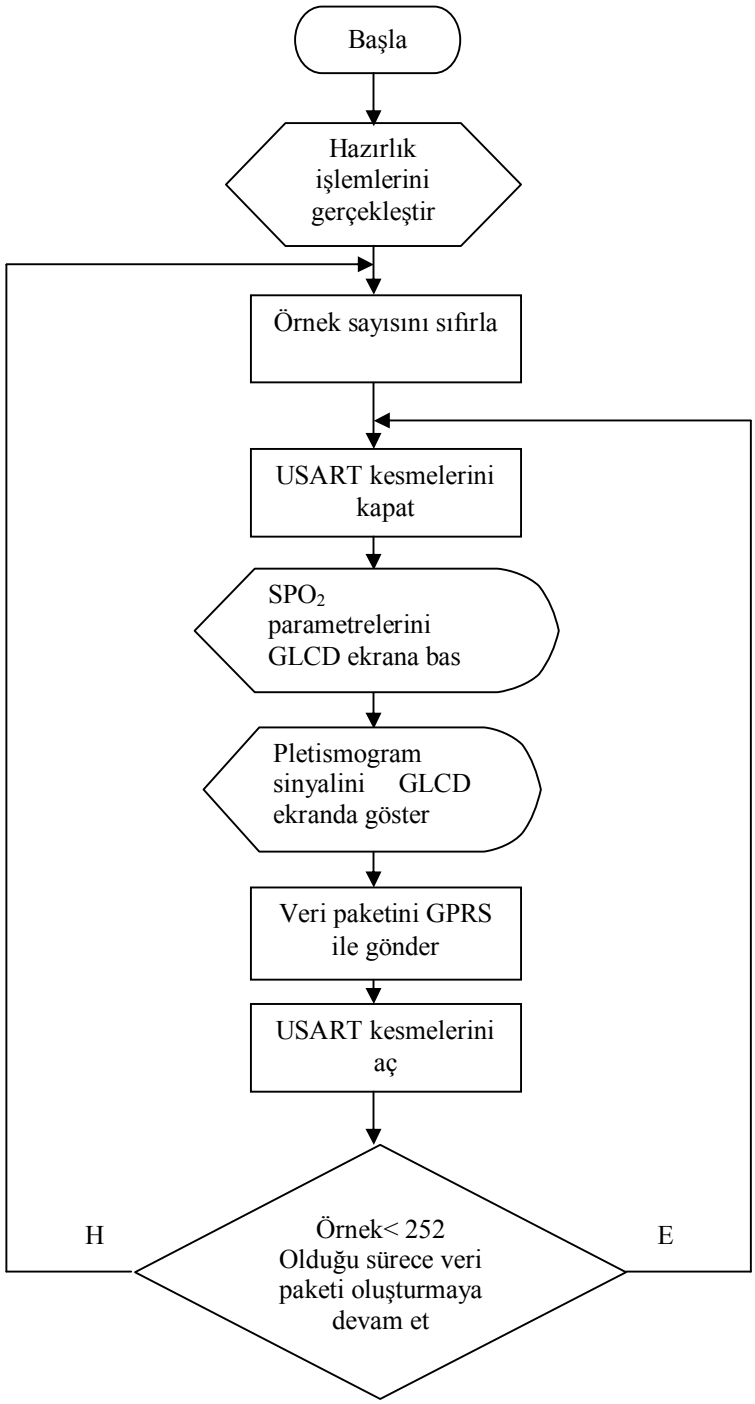
Bir komut dizisi iki adet 0xA8 değeri arasında olmalıdır. Başlangıç değerinden sonra iletişim kurulmak istenen kanal numarası girilmelidir. Veri iletişim ve sistem hata olmak üzere iki adet iletişim kanalı bulunmaktadır. Bu konu ile ilgili detaylar ChipOx konu başlığında anlatılmıştır. Sonraki veri formatı istenildiği gibi belirlenebilir. Gönderilen komutlar sıra ile ve alması gerekiyorsa yanlarında değerleri ile birlikte yollanır. Projemizde kullandığımız format şu şekildedir:

- Gerçek zamanlı veri komutu (0x0D) ve değeri: verilerin gerçek zamanlı olarak (0x01) 100 ms' de bir kere gönderilmesi istenmektedir.
- SPO2 komutu (0x01) ve değeri: kandaki oksijen saturasyonunu her 100 ms' de bir kere yollanması istenmektedir.

- Nabız Komutu (0x02) ve değeri: kalbin nabız değeri sayısal olarak her 100 ms' de bir kere yollanması istenmektedir.
- Sinyal Kalitesi (0x03) ve değeri: ölçülen sinyalin kalite değeri ölçümün iyi bir şekilde yapıldığını sayısal olarak her 100 ms' de bir kere yollanması istenmektedir.
- Sinyal Genliği (0x11) ve değeri: güçlü ve ya zayıf nabız kalp ve damar problemlerinin teşhisine yardımcı olabilir. Bu nedenle sinyal genliği her 100 ms' de bir kere yollanması istenmektedir.
- Pletismogram (0x04) ve örnek adedi (0x0A): pletismogram sinyali sayısal bir değer değildir. Her gelen paket içerisinde ayrık olarak 100 ms de 10 adet (0x0A) alınmış analog sinyal değerlerinin sayısal dönüşüm yapılmış halidir. Her pakette 10 adet istenmiştir ve GPRS' le göndermeden önce ayrıca yeni bir paket oluşturulmuştur. Bu paketin yapısı bizim tarafımızdan geliştirilmiş ve sunucu tarafında da bu formata uygun bir paket açılımı yapılmaktadır.

Program bir paket oluşturma algoritması ile çalışmaktadır. SPO2 sensorundan her 100 ms' de gelen verilerden pletismogram ve değerler örnek sayısı 252 adet olana kadar toplanmasını sağlanmaktadır. Bu paket oluşumu kesme konu başlığında ele alınacaktır.

Giriş aşamasında hazırlıkları yapılan grafik LCD ekrana parametrik değerlerle birlikte pletismogram sinyali basılacaktır. Gönderilmek üzere paketlenen veriler giriş bölümünde bağlantı ayarları yapılan GSM modülü üzerinden GPRS aracılığı ile sunucuya aktarılmaya başlanacaktır. Aktarım bittiğinde kesme kanalları tekrar açılarak aynı işlemlerin tekrarlanması beklenecektir.



Şekil 6.19 Ana program algoritması

6.4.3. SPO2 Verilerini USART Modülü İle Toplayan KESME Algoritması

SPO2 modülü daha önce anlatıldığı gibi donanımsal USART modülüne bağlanarak kesme altprogramı üzerinden programlanmıştır. Kesme algoritması şekil 6.20' de verilmiştir. Bu algoritmaya göre aşamalar şöyle özetlenebilir:

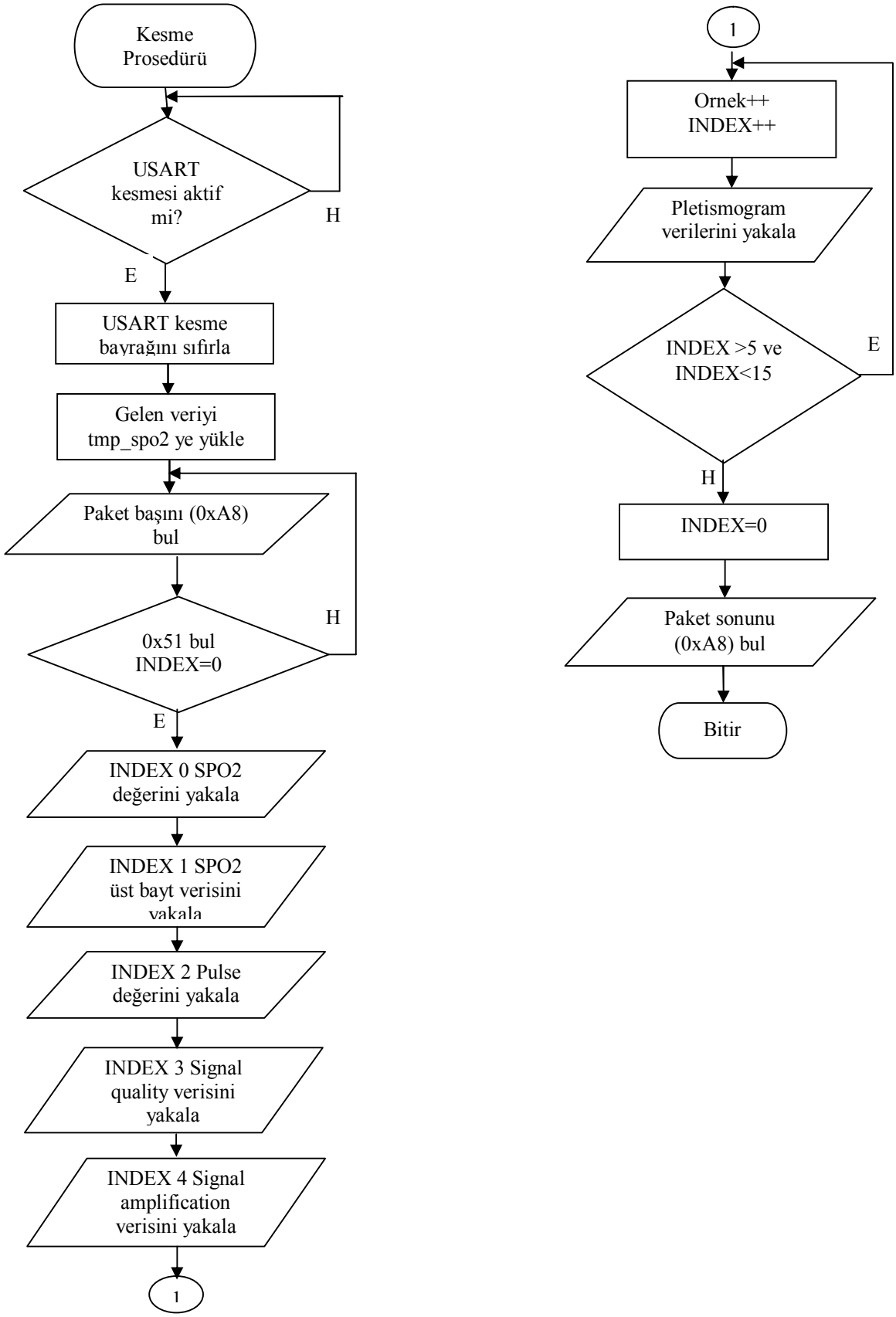
- Kesme giriş işlemleri
- Paket başı bulma
- Sayısal değerlerin alınması
- Pletismogram sinyallerinin toplanması
- Paket sonu bulunması

Mikrodenetleyiciler tek bir kesme adresine sahip oldukları için çoklu kesme işlemleri tek bir kesme alt programında toplanmak zorundadır. Bundan dolayı, oluşan kesmenin USART modülünden geldiğinden emin olmak için kesme bayrağı sorgulanmalı ve hangi kesme bayrağı aktif ise o kesme alt yordamı çalıştırılmalı ve kesme bayrağı sıfırlanmalıdır.

Kesme alt yordamına herhangi bir baytlık veri geldiğinde girecektir. Fakat bu gelen verinin neye ait olduğu belirlenmeli ve veriler sınıflandırma işleminden geçmelidir. Bu işlemden önce verilerin sırasının uygun bir şekilde oluşabilmesi için paket başı belirtecinin (0xA8) bulunması gerekmektedir. Fakat aynı ayıraç paket sonunda da bulunduğu için program paket başımı sonumu olduğunu anlamalıdır.

Eğer paket başı ise sonraki gelen verilerden sırasıyla sayısal değerleri çekip belirtinle bölgelerde saklanması sağlanmalıdır. Bu verilerin geliş sırası tablo 6.7' de gönderilen komut paketi sıra ile olacaktır. Bu sayısal veriler alındıktan sonra 10 baytlık pletismogram işareti gönderilecektir. Bu işaretler GPRS paketi oluşturulmak üzere her paketten gelen veriler ardı ardına eklenecektir. Bu pakette toplanan örnek miktarı 252 olduğunda paket GPRS üzerinden yollanır.

Paketin sonunda ise yine paket bitişini gösteren bir baytlık 0xA8 verisi beklenir. Bu veri alındığında paket toplayıcı indeks sıfırlanarak yeni bir veri paketi gelişi beklenir.



Şekil 6.20 Kesme alt yordam algoritması

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması iki aşamada değerlendirilmelidir. Birinci kısım sunucu tarafında çalışan makine öğrenmesi (machine learning) metotları kullanılarak verileri sınıflayabilen web tabanlı, veri tabanı yazılımıdır. İkinci kısım ise gerçek verileri kişiden sensörler veya dönüştürücüler yardımıyla alarak, verileri filtreleme ve ADC işlemine tabi tutarak gerçek verileri elde eden ve bu verileri GPRS üzerinden sunucu tarafındaki yazılıma iletmeye yarayan veri toplama iletim cihazıdır.

Projenin tamamı tüm unsurları ile tasarlanmış ve çalışır bir hale getirilmiştir. Örnek olarak yapılan çalışmada ise herhangi bir kişiden alınan pletismogram verileri ve nabız, oksijen saturasyonu, sinyal kalitesi, sinyal genliği gib parametrik değerleri yazılıma ilettiği görülmüştür. İletilen verilerin makine öğrenmesi algoritmaları ile değerlendirip, değerlendirmeyi yapan kişinin onayı ile WEKA aracı için eğitim verisi olarak kullanıldığı görülmüştür. Benzer çalışmalara –gerek donanım gerek yazılım anlamında - yeni fikirler eklenmiştir.

Yapılan örnek test çalışmasında cihazın istenildiği gibi GPRS üzerinden internet sunucusuna bağlandığı hasta verilerini paket haline getirdiği ve GPRS üzerinden ana sunucuya gönderdiği gözlenmiştir. Gönderilen veriler ana sunucu tarafında alınarak kişiye ait kimlik numarası ile veri tabanına depolandığı ve uzman kişinin verileri sınıflandırmasına göre sistemde verileri değerlendirerek veriler üzerinde kritik değer incelemesi yapabildiği görülmüştür.

Örnek çalışmada kullanılan SPO2 modülünden gerçek zamanlı veri alımı için bir çok farklı algoritma denenmiştir. Bu algoritmalardan bir kısmının veri yakalama hızlarının düşük olması nedeniyle veri kaybı yaşandığı görülmüştür. Mikrodenetleyici 8 Mhz gibi bir hızla çalıştığı ve iç komut işleme hızının 2 Mhz olduğu düşünülürse yazılacak komutların veri akış hızını karşılayabilir olması gerekmektedir. Bu problemden dolayı geliştirilecek algoritmanın hem hızlı çalışabilmesi hem de her seferinde 1 er baytlık kalıplar halinde gelen verinin gerekli bir şekilde ayrılması ve

sınıflandırılması gerekmektedir. Bu nedenle farklı bir yaklaşım olarak yeni geliştirilen algoritma bu yazılımda kesme yordamı üzerine oturtulmuştur. Bu sayede değişik zamanlarda gelen veri hem yakalama hem sınıflandırma konusunda sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür.

Yine bu uygulamada GPRS sistemi ile yazılımsal bir USART bağlantısı kurulmuş ve yine gelen verilerin yakalanması ve depolanıp sınıflandırılması için birçok algoritma tekniği denenmiştir. Bu algoritmalarda karşılaşılan en büyük hata algoritmanın veri akış hızından daha yavaş çalışmasıdır. Bu nedenle GSM modülünden gelen verilerin tamamı veya istenen kısmı elde edilememektedir. Yapılan denemeler sonucunda yazılımsal olarak veri geliş hızına yetişebilen yeni algoritmalar geliştirilmiştir.

Veri toplama ve iletim cihazı, tasarım sırasında mekandan bağımsız ölçüm ve aktarım özelliği sunmaktadır. Aynı zamanda kullanan kişi kendine ait olan veri ve parametreleri de cihaz üzerinde klasik bir SPO2 cihazı gibi kullanarak inceleyebilecek şekilde grafik ekran, kullanıcı etkileşimli olarak tasarlanmıştır.

Cihazı için geliştirilen donanımsal haberleşme devreleri ucuz ve basit bir şekilde birbirinden farklı lojik haberleşme seviyelerine ve beslemelerini sahip modüller birleştirilmiş, bu sayede çok karmaşık ve pahalı tamponlama devreler kullanılmamıştır. Bu da bize daha ucuza ve daha az yer kaplayan devre tasarlama olanağı sunmuştur.

Bir çok çalışmada tampon ve uyuşma görevi gören devrelerin veri iletişim hızı konusunda sıkıntı yaşanmaktadır. Tasarlanan bu tampon devreler yüksek hızlı veri transfer hızında sorunsuz olarak çalıştıkları görülmüştür.

Birçok uygulamada olduğu gibi sistem verileri yedekleyerek veya bir hafızada saklayarak işlem yapmaz. Bu tip uygulamalarda veri bilgisayar sistemine yakın mesafeden RF olarak veya kablo ile gönderilir. Bu ise verilerin hastadan alınır alınmaz incelenmesi için uygun değildir. Bu doktora çalışmasında farklı olarak verileri kaynaktan alındığı anda sunucuya iletilmesi esas tutulmuştur. Bu sayede hasta verileri aktarım sırasında bile eş zamanlı değerlendirilebilecek ve gerekli işlemler hızla yapılabilecektir.

Sunucu tarafında uzman sistemin karar mekanizması “makine öğrenmesi (Machine Learning)” algoritmaları ile desteklenmiştir. Bu sayede veriler üzerinde uzman kişi teker teker ilgilenerek sınıflandırmak zorunda kalmayacaktır. Sistem elde ettiği öğrenme algoritmaları ve uzman tarafından öğretilen verileri kullanarak yeni veriler üzerinde yorum yapabilecek ve kişinin acil ve acil olmayan durumlarını belirleyerek hem uzman kişinin yükünü azaltacak hem de hastaya acil durumda çok hızlı müdahale imkânı sunacaktır.

Bu yazılımın yeteneği ve performansı aynı zamanda öğrenme sürecinde kullanılan sınıflandırıcının performansı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle sınıflandırıcının performans analizi ve bu analizde kullanılacak metotlar önemli olmaktadır. Bu da bilimsel araştırmanın son aşamasını oluşturmaktadır. kNN gibi tembel sınıflandırıcılar için eğitim verisinin büyüklüğü dezavantaj olmaktadır. Bu amaçla en uygun veri büyüklüğü seçilmelidir. Bu sorun bize bias-variance dengesini akla getirmektedir. Bu dengenin sağlanması ile sınıflandırıcının uygun verilerle etkin bir öğrenme gerçekleştirmesi sağlanır. Bu amaçla f-measure, RMSE ve kappa ölçütleri kullanıldı. Öncelikli olarak f-measure ve RMSE ölçütleri birlikte değerlendirilmeye alınarak sınıflandırıcının performansı incelenmeye çalışıldı. Daha sonra kappa ölçütü kullanılarak sınıflandırıcının ne kadar iyi bir öğrenme gerçekleştirdiği ölçülmeye çalışıldı.

Geliştirilen sistemde elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Örnek uygulamada görüldüğü üzere verilerin toplanmasında dial-up bağlantı yerine GPRS teknolojisinin kullanılması sisteme mekândan bağımsızlık, maliyet ve zaman açısından olumlu etkiler sağlamıştır.
- Gelen verinin filtrelenmesi ve sorunsuz verilerin veritabanına kaydedilmesi eğitim verisi içerisindeki gürültülü veri sayısını azaltmaktadır. Bu da gürültüden kaynaklanan hata oranını düşürmektedir.
- Özellik seçimi için ilk olarak aritmi hastalığının belirtisi olabilecek niteliklerin seçilmesi daha sonra öğrenme işlemi sonrasında doğruluk oranını arttıran niteliklerin seçilmesi aritmi hastaları üzerinde geliştirilen sistemin uygulanabilirliğini arttırmaktadır.

- “Sinyal kalitesi” niteliği üzerinde min-max normalizasyon işleminin yapılması bu niteliğin diğer niteliklerin etkisinin önüne geçmesini engelemekte bu da sınıflandırıcının tahmin etmedeki doğrulunu arttırmaktadır.
- Geliştirilen sistemde eğitim verilerinin etiketlenmesi ve toplanan verinin eğitim verisi için yeterli olup olmadığına karar verilmesi işlemlerini bir insan uzman gerçekleştirmektedir. Bu durum ML’ye dayanan sistemin bir insan uzmanın tecrübesi ile birleştirilmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir.
- WEKA gibi bir veri madenciliği yazılımı kullanılarak hesaplamasal hatalardan kaçınılmış olması ve matematiksel işlemler açısından iş yükünün geliştirilen uygulamaların üzerinden alınması sistemin performansını arttırmaktadır.
- Veri kümesi için belirlenen sınıf sayısının üç olması kNN sınıflandırıcının tahmin etmedeki doğruluk oranını arttırmaktadır. Bu durum k değerinin esnekliğini bir nebzede olsa azaltmaktadır.
- Veri toplama işlemi asenkron olarak yapılmaktadır. Bu da aynı anda birden fazla hastanın sisteme bağlanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu tez ile ilgili ilerleyen dönemlerde cihaz tasarımı geliştirilerek başka yaşamsal fonksiyon değerlerinin de ölçülmesi hedeflenmektedir. Bunlardan bazıları; kalp sesleri, sistolik ve diastolik kan basıncı, EKG’(Elektro Kardiyo Grafi) dir.

Ayrıca veri toplama ve iletim cihazı üzerine GPS modülü de eklenmesi planlanmaktadır. Bu sayede kişinin koordinatlarını devamlı olarak sunucu sisteme yollanarak kritik durumlarda kişiye acil müdahale etme imkanı sağlanmış olacaktır. Sunucu tarafında alınan koordinatlar ile harita üzerinde yapılan bir eşleştirmeyle hastanın adresi tespit edilebilecektir. Sunucu yazılımı ister uzman kontrolünde olarak isterse otomatik olarak acil müdahale ekiplerini hastanın adresine yönlendirebilecektir.

KAYNAKLAR

Akan, H., AÜTF Tıp Eğitimi ve Bilişim ABD, Tıp Eğitimi Bülteni, "TÜRKIYE'DE TELETIP",sayı:2, 2001

Alpaydın E., "ZEKİ VERİ MADENCİLİĞİ: Ham Veriden Altın Bilgiye Ulaşma Yöntemleri"; Bilişim 2000 Eğitim Semineri

Alpaydın, E., Introduction to Machine Learning, The MIT Press, 2004, Printed and bound in the United States of America. ISBN 0-262-01211-1.

Baykal N. Musoğlu E., Introduction to Medical Informatics: Lecture Notes. Sas Bilişim. 2000.

Beyer K., Goldstein J., Ramakrishnan R., and Shaft U.: "When Is `Nearest Neighbor' Meaningful?", Proceedings of the 7th International Conference on Database Theory, Jerusalem, Israel, 1999, pages 217-235.

BioMart and Bioconductor: a powerful link between biological databases and microarray data analysis. Bioinformatics. 2005 Aug 15;21(16):3439-40.

Bishop Christopher M., Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Science+Business Media, 2006, Printed in Singapore. ISBN: 0-387-31073-8

Bouckaert R.R.; Frank E.; Hall M.; Kirkby R.; Reutemann P.; Seewald A.; Seuse D., WEKA Manual for 3-6-0, December 18, 2008, http://prdownloads.sourceforge.net/weka/WekaManual-3.6.0.pdf?download. [Erişim Tarihi: 24 Haziran 2011]

Brownlee J., eds. (2007), Lazy and Competitive Learning, Technical Report 070508A, Complex Intelligent Systems Laboratory, Centre for Information Technology Research, Faculty of Information and Communication Technologies, Swinburne University of Technology, Melbourne, Australia.

Candan, M.M., (2002), "Üçüncü Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri İçin Türkiye'de

Carino., C., Jia., Y., Lambert., B., West., P., Yu., C., "Mining Officially Unrecognized Side Effects of Drugs by Combining Web Search and Machine Learning", CIKM'05 Oct 31-Nov-5, 2005 Bremen, Germany.

Chen., Y., ve Wu., S., "Exploring Out-Patient Behaviors in Claim Database: A Case Study Using Association Rules", AMIA Symposium Proceedings, 2003.

Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan and Hinrich Schütze, Cambridge University Press, 2008, Introduction to Information Retrieval. ISBN: 0521865719.

Chulsung Park, Pai H. Chou, "An Ultra-Wearable, Wireless, Low Power ECG Monitoring System", IEEE 2006.

Cohen, Jacob (1960), A coefficient of agreement for nominal scales, Educational and Psychological Measurement Vol.20, No.1, pp. 37–46.

Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği,

Dinçkan A, Yıldız Teknik Üniversitesi, Electronics and Communications, Yüksek Lisans Tezi "GPRS Sistemlerinde Güvenlik" 2006

Domingos P., 2000, A Unifed Bias-Variance Decomposition and its Applications, In Proc. 17th International Conf. on Machine Learning, pages 231-238.

Duda RO, Hart PE, Stork DG. Pattern classification, Second edition, New York: Wiley-Interscience; 2001.

Durinck S, Moreau Y, Kasprzyk A, Davis S, De Moor B, Brazma A, Huber W

ENVITEC, 2008, Digital Pulse Oximeter Module [online], Available:http://www.envitec.com/download/media/61.pdf/47-07-00330002-h.pdf;jsessionid=676D89A877E2D3FA24BFFBA31FFA1659

Feigenbaum, E.A., Buchanan, B.G. and Lederberg, J. On generality and problem solving: A case study using the DENDRAL program. In *Machine Intelligence* (Vol. 6). Edinburgh: Edinburgh University Press. 1971
Firebaugh, M.W. *Artificial Intelligence: A Knowledge-Based Approach.* Boston: PWS-Kent Publishing Co., 1988.

Geman, S., Bienenstock, E., Doursat, R. (1992). Neural networks and the bias/variance dilemma. Neural Computation, 4(1), 1-58.

Glossary of Terms, Machine Learning 30, 2-3 (February 1998), 271-274.

Gwet, K. (2010). Handbook of Inter-Rater Reliability (2.Ed.) ISBN 978-0-9708062-2-2.

Horwood, 1994.
Hoste V., Daelemans, W., Comparing Learning Approaches to Coreference Resolution. There is More to it Than 'Bias'. In: Proceedings of the Workshop on Meta-Learning (held in conjunction with ICML-2005), Bonn, Germany. 20-27. 2005
http://www.cumhuriyet.edu.tr/bolum.php?bolumkodu=331200000&fakultekodu=33&birimtipi=3. [Erişim Tarihi: 20 Temmuz 2001]

http://www.med.gazi.edu.tr/akademik/bilisim/bilisim.htm, 2005

http://www.microchip.com

Hunt E., Martin J, Stone P., *Experiments in Induction*, New York, Academic Press, 1966.
Inductive Logic Programming - Proc. 7th Int. Workshop ILP-97, Springer Verlag, pp. 235-242, 1997.

James G. M., 2003, Variance and Bias for General Loss Functions, Machine Learning Volume 51, Number 2, 115-135, DOI: 10.1023/A:1022899518027.

Kablosuz Mobil İletişim, http://www.nedirkimdirnasil.com/index.php/kablosuz-mobil-sistem-gsm/

Kahveci N., "Veri Madenciliği ve Makine Öğrenmesi", http://blog.visilabs.com/post/2011/01/23/Veri-Madenciligi-ve-Makina-Ogrenmesi.aspx, 2011

Kaur., H., ve Wasan., S., "Empirical Study on applications of Data Mining Techniques in Healthcare", Journal of Computer Science 2(2), 2006.

Kılıçaslan Y., Artificial Intelligence, Ders Notları, http://yilmazkilicaslan.trakya.edu.tr/teaching/yz2008.ppt. [Erişim Tarihi: 17 Haziran 2011]

Kılıçaslan Y., Güner S.,Yıldırım S.; Learning-based pronoun resolution for Turkish with a comparative evaluation; Computer Speech & Language Volume 23, Issue 3, July 2009, Pages 311-331.

Kılıçaslan Y., Learning from Observations, Ders Notları, http://yilmazkilicaslan.trakya.edu.tr/teaching/learning.ppt. [Erişim Tarihi: 23 Haziran 2011]

Kocabaş Ş., Yapay Zekaya Giriş, Ders Notları, www.sakirkocabas.com/files/yzgir_1n.rtf, 2011.

Kocamaz A. F, Aydın F, Uçar E, "Developing of a Learning-Based System To Assist Treatment Process of Arrhythmia Patients", Scientific Research And Essays, VOL. 6(32), ISSN 1992-2248, Accepted 22 November 2011

Kong, E. B., & Dietterich, T. G. (1995). Error-correcting output coding corrects bias and variance. Proceedings of the Twelfth International Conference on Machine Learning (pp. 313{321). Tahoe City, CA: Morgan Kaufmann.

Kononenko I, "Inductive and Bayesian Learning in Medical Diagnosis" Applied Artificial Intelligence, vol.7 ,1993,

Kononenko I, "Machine Learning for Medical Diagnosis: History, State of the Art and Perspective", Artificial Intelligence in Medicine, vol. 23, sayfa: 89 - 109, 2001,
Kononenko I., Bratko I., Kukar M., Application of machine learning to medical diagnosis. In R.S.Michalski, I.Bratko, and M.Kubat (eds.): *Machine Learning, Data Mining and Knowledge Discovery: Methods and Applications*, John Wiley & Sons, 1998.

Kudyba, S., "Managing Data Mining", CyberTech Publishing, 2004, 146-163.

Landis, J.R., Koch, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 33, 159–174.

Lavrac N. and Dzeroski S., *Inductive Logic Programming*, Ellis Horwood, 1994.

Lee, Y. M, Moghavvemi, M.; "Remote Heart Rate Monitoring System Based on Phonocardiography", IEEE Student Conference on Research and Development Proceedings, 2002.

Lehmann, E. L.; Casella, George (1998). Theory of Point Estimation (2nd ed.). New York: Springer. ISBN 0-387-98502-6.

Lindsay, R.K., Buchanan, B.G., Feigenbaum, E.A. & Lederberg, J. *Applications of artificial intelligence for organic chemistry: The DENDRAL project.* New York: McGraw-Hill., 1980.

Lipschutz S., Olasılık Teori ve Problemleri, Nobel Yayın Dağıım, 1990, ISBN O-07-037982-3.

Maleq K. vd., K-Nearest Neighbor Classification on Spatial Data Streams Using P-Trees, 6. Pasifik Asya Knowledge discovery and Data Mining Conference PAKKDD'02, Taiwan, 2002, s. 517-518.

MEGEP (mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi), Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Alanı, hastabaşı monitör arızaları, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/, 2009

Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C (eds.) *Machine learning, neural and statistical classi¯cation*, Ellis
Mitchell T., Machine Learning, MCGraw Hill, 1997.

Mitchell, T.M., Machine Learning, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1 March 1997, ISBN 0070428077, 432 pages.

Nagadevara., V., "Application of Neural Prediction Models in Healthcare".

Nilsson N., *Learning Machines*, McGraw-Hill, 1965.

Nilsson, N.J., Introduction to Machine Learning An Early Draft of a Proposed Textbook, Robotics Laboratory, Department of Computer Science, Stanford University, 4 December 1996.

Özkan Y., Veri Madenciliği Yöntemleri, 2008, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, ISBN 978-975-6797-82-2.

Parmigiani, G.; Inoue, L., "Decision Theory: Principles and Approaches", WILEY Series, 2009. ISBN 978-0-471-49657-1.

Parmigiani, G.; Inoue, L., "Decision Theory: Principles and Approaches", WILEY Series, 2009. ISBN 978 0 471 49657 1.

Penhaker M, Černý M, Floder J, "Embedded Biotelemetry System for Home Care monitoring", *International Journal of Bioelectromagnetism*, Vol. 9 No. 1, 2007
Pompe U. and Kononenko I., Probabilistic ¯rst-order classi¯cation, In Lavra·c. N. and D·zeroski S. (eds.)
Rosenblatt F., *Principles of Neurodynamics*, Washington, DC: Spartan Books, 1962.

Russell S., Norvig P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* New Jersey: Prentice Hall, 1995

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2003), Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2.

Sakane, A., Tsuji, T., Tanaka, Y., Saeki, N. & Kawamoto, M. Estimating arterial wall impedance using a plethysmogram. IECON03 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IEEE Cat No03CH37468 1, 580-585 (2003).

Sanders, G, Thorens, L., Reisky, M., Rulik, O. , Deylitz, S. (2003), "GPRS Networks", John Wiley & Sons, 17-40, 87-106

Shavlik J.W., Dietterich T.G. (eds.) Readings in machine learning, Morgan Kaufmann Publ., 1990.

Sieber, A., Yong, X., L'Abbate, A., Bedini, R., Ist. di Fisiologia Clinica, CNR, Pisa; "Cardiac Sentinel: A smart GSM based embedded solution for continuous remote monitoring of cardiac patients", Intelligent Solutions in Embedded Systems, 2008, sayfa:1 – 11, ISBN: 978-3-00-024989-1

Silahtaroğlu G., Kavram ve Algoritmalarıyla Temel Veri Madenciliği, 2008, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, ISBN 978-975-6797-81-5.

Smrdel A,, Jager F., "Automatic classification of long-term ambulatory ECG records according to type of ischemic heart disease", BioMedical Engineering OnLine, 2011.

Tanawut Tantimongcolwat, Thanakorn Naenna, Chartchalerm Isarankura-Na-Ayudhya, Mark J. Embrechts and Virapong Prachayasittikul; Identification of ischemic heart disease via machine learning analysis on magnetocardiograms; Computers in Biology and Medicine Volume 38, Issue 7, July 2008, Pages 817-825.

TELIT GM862 Family Easy GPRS User Guide, http://telit.com/en/products/gsm-gprs.php?p_id=12&p_ac=show&p=7#downloads, Rev. 7, 2009

TELIT GM862 Family Hardware User Guide, http://telit.com/en/products/gsm-gprs.php?p_id=12&p_ac=show&p=7#downloads, 2008

Turgay, T., T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilgi Erişim Merkezi; Akademik Makaleler; "Sağlıkta İnternet Tabanlı Bilişim Uygulamaları", 2007

Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=10711, haber bülteni , sayı:173, 2011

Uygulanacak Frekans Bandı, Lisans, Servisler, Uygulamalar ve Ülkemizdeki Durumu"

Uzmanlık Tezi, Telekomünikasyon Kurumu.

Vijayakumar S., The Bias-Variance Tradeoff, http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/mlsc/Notes/Lecture4/BiasVariance.pdf. [Erişim Tarihi: 01 Temmuz 2011]

Vimla L. Patel, Edward H. Shortliffe, Mario Stefanelli, Peter Szolovits, Michael R. Berthold, Riccardo Bellazzi, Ameen Abu-Hanna; The coming of age of artificial intelligence in medicine; Artificial Intelligence in Medicine; May 2009 (Vol. 46, Issue 1, Pages 5-17).

Vogel S, H¨ulsbusch M, Starke D, Leonhardt S, "In-Ear Heart Rate Monitoring Using a Micro-Optic Reflective Sensor", Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2007.

WEKA, Available: http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/. [Erişim Tarihi: 24 Haziran 2011]

Witten I.H., Frank E., 2005, Data mining : practical machine learning tools and techniques – 2nd ed. p. cm. – Morgan Kaufmann series in data management systems. ISBN: 0-12-088407-0.

Wolpert D., Macready, W.,. No free lunch theorems for search, Technical Report SFI-TR-95-02-010, Santa Fe Institute, Santa Fe, NM, 1995

World Health Organization, (2004) The world health report 2004, http://www.who.int/whr/2004/annex/topic/en/annex 2 en.pdf .

Yapay Zekâ. http://tr.wikipedia.org/wiki/Yapay_zekâ. [Erişim Tarihi: 17 Haziran 2011]

Yazıcı Y., "Tıbbi Uygulamalarda Uzakları Yakınlaştırmak: Teletıp", Bilim ve Teknik, sayı: 500, 2009

Yıldırım P., Uludağ M., Görür A.; "Hastane Bilgi Sistemlerinde Veri Madenciliği", Akademik Bilişim 2008; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale; 30 Ocak - 01 Şubat 2007

Zeldis SM, Levine BJ, Michelson EL, et al. Cardiovascular complaints. Correlation with cardiac arrhythmias on 24-hour electrocardiographic monitoring. Chest 1980;78:456-61.

ÖZGEÇMİŞ



Kırklareli Üniversitesi Öğretim Elemanı

İş Tel : 0288 214 18 45

Faks : 0288 214 14 95

Cep Tel : 0505 343 75 00

1. **Adı Soyadı: Adnan Fatih KOCAMAZ**
2. **Doğum Tarihi - Yeri: 16.02.1979 - MALATYA/ Arapgir**
3. **Unvanı: Öğretim Görevlisi**
4. **Öğrenim Durumu:**

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Elektronik Bölümü	Gazi Üniversitesi	2001
Y. Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Trakya Üniversitesi	2007
Doktora	Bilgisayar Mühendisliği	Trakya Üniversitesi	TEZ

5.Yüksek Lisans Tezi

Yatarak Tedavi Gören Şizofreni Ve Bipolar Bozukluğu Olan Hastaların Fiziksel Aktivitelerinin RFID (Radyo Frekansla Kimlik Tanımlama) Yöntemi İle Karşılaştırılması

6. Doktora Tezi

Kalp Rahatsızlıklarına Yönelik Çok Amaçlı Teletıp Uzman Sistem Tasarımı

7. Yayınlar

7.1. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI & SSCI & Arts and Humanities)

1. UÇAR E, VARDAR, E, KOCAMAZ A.F, "RFID TECHNOLOGY FOR PSYCHIATRIC EVALUATIONS", Work In Progress: Implantable Electronics, Pervasive Computing, IEEE, VOL. 7, NO. 1, JANUARY MARCH 2008.

2. KOCAMAZ A.F, UÇAR E, "AN ULTRASONIC WALKING STICK FOR THE BLIND", Work In Progress: Implantable Electronics, Pervasive Computing, IEEE, VOL. 7, NO. 1, JANUARY MARCH 2008.

3. KOCAMAZ A. F, AYDIN F, UÇAR E, "DEVELOPING OF A LEARNING-BASED SYSTEM TO ASSIST TREATMENT PROCESS OF ARRHYTHMIA PATIENTS", Scientific Research And Essays, VOL. 6(32), ISSN 1992-2248, Accepted 22 November 2011

7.2. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (*Proceedings*) basılan bildiriler

1. KOCAMAZ, AF., UCAR, E., "DEVELOPING A SOFTWARE: NEGATIVE SYMPTOMS OBSERVED ON SCHIZOPHRENIC PATIENTS CURED IN HOSPITAL WITH RFID TECHNOLOGY", INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, "MANAGEMENT AND EDUCATION" VOL. IV (1) 2008**,** Prof. Dr. Assen Zlatrov University, Bulgaria/BURGAZ

2. KOCAMAZ, AF., UCAR, E.,, "DESIGNING AND DEVELOPING A RFID AUTOMATION SYSTEM FOR PETROL STATION: AUTOMATIC VEHICLE RECOGNATION FOR TAXATION", INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 21 – 22 NOVEMBER 2008, GABROVO/ BULGARIA

3. KOCAMAZ, AF., "DESIGNED BY SERVO MOTORS WITH MULTI-PURPOSE FOUR-LEGGED ROBOT SPIDER DESIGN", *INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "EUROPEAN DIMENSIONS OF THE EDUCATION AND SCIENCE"*, YAMBOL /BULGARIA, 11- 12th of May 2009

4. KOCAMAZ, AF., UCAR, E., "A RFID APLICATION ABOUT HEALTH INFORMATION MOBIL APLICATION: VERICHIPS", *INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "EUROPEAN DIMENSIONS OF THE EDUCATION AND SCIENCE"*, YAMBOL /BULGARIA, 11- 12th of May 2009

7.3. Yazılan kitaplar veya kitaplarda bölümler

1. KOCAMAZ A. F, GEZGİN, D. M, ASLAN B, CENGİZ T, ASLAN F. Y, "Bilgisayara Giriş ve MS Office 2007", ISBN: 978-605-5863-46-3, Kriter Yayınları, Ekim 2010

7.4. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

1. F. KOCAMAZ, E. UÇAR "GÖRME ÖZÜRLÜLER İÇİN MİKRO DENETLEYİCİ KONTROLLÜ ULTRASONİK ELEKTRONİK BASTON", BURSA ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLERİ ODASI, 2006 BURSA

2. KOCAMAZ AF,UÇAR E, "RFID TEKNOLOJİSİNİN KENT İÇİ TRAFİK YÖNETİMİN VE DENETİMİNDE KULLANILMASI", BİLİŞİMLE E-KENTLEŞME YAPI VE KENTTE BİLİŞİM IV. KONGRESİ, HAZİRAN 2006, ANKARA

3. VARDAR, E., UÇAR, E., KOCAMAZ, AF., ERDINÇLER G., MEMIŞ Ö., "YATARAK TEDAVI GÖREN ŞIZOFRENI VE BIPOLAR BOZUKLUĞU OLAN HASTALARININ FIZIKSEL AKTIVITELERININ RFID (RADYO FREKANSLA KIMLIK TANIMLAMA) YÖNTEMI ILE KARŞILAŞTIRILMASI" PSİKİYATRİ KONGRESİ, TRAKYA ÜNİVERSİTESİ, 2009