



T.C.
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

AKILLI SAĞLIK UYGULAMALARI İÇİN
BİR UZAKTAN HASTA TAKİP SİSTEMİ,
TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

Ömer YILDIZ

Yüksek Lisans Tezi

**AKILLI SAĞLIK UYGULAMALARI İÇİN
BİR UZAKTAN HASTA TAKİP SİSTEMİ
TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ**

Ömer YILDIZ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI SAĞLIK UYGULAMALARI İÇİN BİR UZAKTAN HASTA TAKİP
SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ**

Ömer YILDIZ

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-4702-0469>

Doç. Dr. Sait Eser KARLIK

(Danışman)

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAYI

Ömer YILDIZ tarafından hazırlanan “Akıllı Sağlık Uygulamaları İçin Bir Uzaktan Hasta Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçeklenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından ~~oyçokluğu~~/oybirliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç Dr. Sait Eser KARLIK
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>

Başkan : Prof. Dr Güneş YILMAZ
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8972-1952>
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

İmza

Üye : Doç. Dr. Sait Eser KARLIK
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

İmza

Üye : Doç. Dr. Cemal HANİLÇİ
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9174-0367>
Bursa Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksoy EREN
Enstitü Müdürü
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-3908-5139>

22.10.2019

Bursa U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17.10.2019



Ömer YILDIZ

ÖZET

Yüksek Lisans

AKILLI SAĞLIK UYGULAMALARI İÇİN BİR UZAKTAN HASTA TAKİP SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

Ömer YILDIZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sait Eser KARLIK

Günümüzde, şehirlerde yaşayan nüfusun artması, mevcut yaşamsal kaynakların etkin ve verimli kullanılması gerekliliği ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte akıllı şehir kavramı ortaya çıkmıştır. İnternet ve iletişim teknolojilerinin hız kazanması, sabit genişbant ve hücresel haberleşme ağlarının yaygınlaşmasıyla birlikte nesnelerin interneti (IoT) içeriği zenginleşmiştir. Şehirlerde ulaşım, çevre, su, enerji, sağlık, yönetim ve iletişim alanlarında birçok yerde kullanılan internete bağlı, birbirleriyle ve merkezi iletim noktası ile haberleşebilen nesneler, daha büyük ağları meydana getirerek akıllı şehirlerin oluşmasında önemli bir noktada yer almaktadır. Şehirlerde mevcut birçok kaynak gibi sağlık hizmetleri de kısıtlıdır ve verimli kullanılması gerekmektedir. IoT ekipmanları, akıllı telefon, internet iletişim ve veri saklama teknolojileriyle sunulan bu sağlık hizmetlerine akıllı sağlık hizmetleri denmektedir. Akıllı sağlık uygulamaları günümüzde çoğunlukla akıllı telefon merkezli gelişmeye devam etmektedir. Dolayısıyla akıllı sağlık uygulamaları çoğunlukla mobil sağlık yani m-sağlık hizmetleri olarak karşımıza çıkmaktadır. M-sağlık uygulamaları özellikle kaynakların çokça tüketilmesine neden olan kronik hastalıklara odaklanarak sunulan sağlık hizmetlerindeki önemli bir yükü üstlenmeye çalışmaktadır.

Bu tezde, pulse oksimetre cihazı ve Android tabanlı geliştirilen akıllı telefon uygulaması, sunucu ve veri tabanını da içinde barındıran bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Karar destek sistemi ile pulse oksimetre ölçümlerinin uzaktan ve mobil olarak iletilmesi ile değerlendirilmesi hedeflenmiş, veri tabanı üzerinde geliştirilen karar destek yazılımı (KDY) ile de küresel ölçekte güvenilir bir veri seti ile karşılaştırmalı olarak kronik bir rahatsızlık olan uyku apnesi mevcudiyet analizi yapılmıştır. Veri setindeki 100 denekten alınan polisomnografi cihazı çıktıları ile yapılan inceleme sonucunda, “uyku apnesi riski yok” tespitinde, KDY sonuçları ile veri seti sonuçları arasında % 76 oranında eşleşme olduğu görülmüştür. Günümüzde hareket kısıtlılığı olan bireylerin sağlık hizmetlerine ulaşmalarının ne kadar zor olduğu düşünüldüğünde, geliştirilen karar destek sistemi ve KDY'nin önemli bir açığı kapatmak üzere literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karar destek sistemi, karar destek yazılımı, uyku apnesi, pulse oksimetre, mobil sağlık, akıllı sağlık

2019, ix + 50 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A REMOTE PATIENT HEALTHCARE SYSTEM DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR SMART HEALTHCARE APPLICATIONS

Ömer YILDIZ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sait Eser KARLIK

On behalf of population increase and development in technology era, nowadays citizens and city managers are talking about smart cities. While population is increasing in cities worldwide, source usage and consumption become much more important than before. Internet of things, mostly known as IoT, enriched its content with the help of high speed communication technologies and the rising trend of the usage on internet, fixed wideband and mobile cellular communications. Furthermore, IoT creates smart city concept by communicating between each other and its central nodes including transportation, environment, water source, energy, healthcare, governance and communication domains in urban life. Due to limited sources in those domains, they should be used efficiently to optimize the consumption, including the healthcare domain. The healthcare which includes IoT equipments, smart phones, internet access and data storage can be defined as smart healthcare. Smart phones are at the center of the smart healthcare, hereby most smart healthcare applications are developed as mobile healthcare, shortly m-health. Beyond diseases like diabetes, sleep apnea, chronic obstructive pulmonary disease, heart disease and etc., m-health is generally used for those chronic diseases giving more comfort to patients for being monitored remotely.

In this thesis, a decisions support system and decision support software (DSS) are built up. Decision support system includes pulse oximeter, android based mobile application, database while mobile application is sending the measured values by pulse oximeter to the database. On the other hand, decision support software focuses on sleep apnea existence analysis and comparison with a global data set. DSS reached a 76 % success degree on matching the “no sleep apnea risk” value over 100 subject’s results created by polysomnography device. Consequently, it can be seen a valuable potential for healthcare smart practices for controlling chronic illnesses remotely, within the decision support system designed. Also decision support system has a potential in supporting decisions of medical doctors on diagnosis regarding sleep apnea.

Key words: Decision support system, decision support software, sleep apnea, pulse oximeter, mobile health, smart health

2019, ix + 50 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında gerek ders döneminde gerekse tez aşamasında sahip olduğu bilgi birikimiyle, bilimsel eleştiri ve yönlendirmeleriyle, en büyük katkıyı sağlayan değerli danışman hocam Sayın **Doç. Dr. Sait Eser KARLIK**'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen eşim **Nagehan USTABAŐ YILDIZ** ve kızlarım **ELA ZEYNEP** ve **NEVA**'ya ve ailemin tüm fertlerine teşekkür ederim.

Ömer YILDIZ
17./10.2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Akıllı Şehirler	3
2.2. E-sağlık	5
2.3. Akıllı Sağlık ve Mobil Sağlık	8
2.4. Mobil Sağlıkta Kullanılan Medikal Cihazlar	13
2.4.1. Pulse Oksimetre	13
2.4.2. Pulse Oksimetrenin İşlevi ve Kullanım Alanları	13
2.4.3. İnsan Kanının Yapısı	15
2.4.5. Pulse Oksimetrenin Çalışma Prensibi	17
2.4.6. Diğer Medikal Cihazlar	20
2.5. Uyku Apnesi	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Mobil Uygulama Tabanlı Karar Destek Sistemi	23
3.1.1. Veri Aktarım Sistemi	23
3.1.2. Pulse Oksimetre ve Android Yazılım	24
3.1.3. Sistemin Çalışma Prensibi ve Değişkenleri	28
3.1.4. MS SQL Kod Yapısı ve Karar Destek Sistemi	29
3.2. Uyku Apnesi Mevcudiyet Analizi	30
3.2.1. NSRR Veri Setleri	31
3.2.2. Veri Setinin Veri Tabanına Aktarımı	35
3.2.3. KDY ve Algoritması	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Mobil Sağlık Uygulaması Sonuçları	39
4.2. KDY Uyku Apnesi İncelemesi	40
5. SONUÇ	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Bpm	Beat per minute (dakikadaki kalp atış sayısı)
Hb	Hemoglobin
HbO2	Oksihemoglobin
O2	Oksijen
SpO2	Kandaki oksijen yüzdesi
Kısaltmalar	Açıklama
ABDO RES	Abdominal solunum
AHI	Apnea Hypoapnea Index (Apne-Hipopne İndeksi)
ATP	Adenosine triphosphate (Adenozin Trifosfat)
CAN	Context-Aware Network (İçerik Bilinçli Ağlar)
CHD	Congenital Heart Disease (Doğuştan Kalp Hastalığı)
COPD-KOAH	Chronic Obstructive Pulmonary Disease (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı)
EEG	Elektroensefalografi (saniye ölçüm temelli)
EKG	Elektrokardiyografi
EMG	Elektromiyografi
EOG	Elektrookulogram
E-sağlık	Elektronik Sağlık
HBYS	Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri
HR	Heart Rate (Kalp Atım Hızı)
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol (Hipermetin Aktarma Protokolü)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IP	Internet Protocol (İnternet Protokolü)
ISO	International Standards Organisation (Uluslararası Standartlar Örgütü)
ITU	International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
KDS	Karar Destek Sistemi
KDY	Karar Destek Yazılımı
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
M2M	Machine to Machine (Makineler Arası İletişim)
MS SQL	Microsoft Structured Query Language (Microsoft Yapılandırılmış Sorgu Dili)
NSRR	National Sleep Resource Research (Amerikan Ulusal Uyku Araştırmaları Kaynağı)
OpAmp	Operational Amplifier (İşlevsel Yükseltici)
OSA	Obstructive Sleep Apnea (Obstrüktif Uyku Apnesi)
PR	Pulse Rate (Kalp Atım Hızı)
PSG	Polisomnografi
RDI	Respiratory Disturbance Index (Solunum Rahatsızlık İndeksi)

SHH	Sleep Heart Health (Uyku Kalp Sağlığı)
THOR RES	Toraks solunum
RERA	Respiratory Effort Related Arousals (Solunum abasıyla İlgili Nörolojik Uyanmalar)
TCP	Transport Control Protocol (Aktarma Kontrol Protokolü)
UWB	Ultra Wide Band (Ultra Genişbant)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Boyd Cohen'e göre akıllı şehir bileşenleri	5
Şekil 2.2. AliveCor tarafından geliştirilen KardiaMobile EKG ölçen ürün.....	7
Şekil 2.3. E-Nabız örnek ekran görüntüsü	8
Şekil 2.4. Örnek IoT analitik sonuçları üreten bulut hizmeti	9
Şekil 2.5. Mobil sağlık uygulamaların yüzde dağılımını gösterir grafik	10
Şekil 2.6. Akıllı telefon ile yapılan mikroskobik analiz sistemi bileşenleri.....	11
Şekil 2.7. VitaScan uygulaması a) Kan damlası şerite koyulur b) Şerit VitaScan kutusuna takılır c) Analiz sonuçları bilgisayar ve telefonda görülebilir	12
Şekil 2.8. Dünya üzerindeki tekil mobil telefon kullanıcı sayısı	12
Şekil 2.9. Vücuttaki kirli kanın temizlenmesini gösteren çizim	17
Şekil 2.10. Pulse oksimetrenin parmaktan ölçme görseli	18
Şekil 2.11. Farklı dalgaboylu ışıkların HbO ₂ ve Hb yoğunluklu kan tepkimesi	19
Şekil 2.12. Uyku apnesinin normal solunumdan farkı	21
Şekil 2.13. Klasik uyku testi için gereken PSG cihazı ve vücuda bağlı sensörler	22
Şekil 3.1. Karar destek sistemindeki veri aktarım sistemine ait blok şema	24
Şekil 3.2. Sistemde kullanılan pulse oksimetre cihazı ve bileşenleri.....	25
Şekil 3.3. Kablosuz iletim standartları güç tüketim kıyaslaması	26
Şekil 3.4. Contec pulse oksimetre parametre ayarlama menüsü	26
Şekil 3.5. Android Studio 2.2.2 versiyonu mobil uygulama geliştirici arayüzü	27
Şekil 3.6. Pulse oksimetre ve mobil uygulama anlık ölçüm gösterimi	28
Şekil 3.7. MS SQL'e aktarılan 1-16 arası veri setleri	35
Şekil 4.1. 185 adet nabız ölçüm kayıtlarından 15-22 arası kayıtların gösterimi.....	39
Şekil 4.2. SpO ₂ ve Nabız ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.....	39
Şekil 4.3. Örnek MS SQL sorgu çıktısı	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. SpO2 ve nabız limit değerleri	29
Çizelge 3.2. Karar destek sistemi MS SQL kodları	29
Çizelge 3.3. AHI değerleri ve açıklamaları.....	31
Çizelge 3.4. SHH veri setindeki PSG ölçüm değişkenleri	32
Çizelge 3.5. Seçilen veri seti değişkenlerinin açıklaması ve formülleri	33
Çizelge 3.6. ahi_a0h4 değişkeni hesaplama formülündeki alt değişken açıklamaları	34
Çizelge 3.7. % 4'lük değişim için KDY algoritması akış diyagramı ve ilgili MS SQL sorgu kodu.....	37
Çizelge 3.8. % 5'lik değişim için KDY algoritması akış diyagramı ve ilgili MS SQL sorgu kodu.....	38
Çizelge 4.1. Değişkenler ve hesaplama formülleri.....	41
Çizelge 4.2. 100 adet veri setinde tespit edilen oksijen desatürasyon sayıları.....	41
Çizelge 4.3. NSRR veri seti-KDY eşleşme sayıları.....	42

1. GİRİŞ

Günümüzde, internet teknolojileri ve iletim altyapılarının gelişmesiyle birlikte veri iletim hızı artarken; internet teknolojilerindeki IP (Internet Protocol) tabanlı iletişim sayısı da artmıştır. Hareketli hücresel haberleşme ağının gelişmesi, optik fiber altyapıların kullanımının artması neticesinde internete erişebilen nesne sayısı ihtiyaçlar doğrultusunda hızla artmıştır. Önceleri M2M (Machine to Machine-Makineler Arası) sistemleri ile merkezi bir sistemle kapalı devre ve kısıtlı veri transfer kapasiteleri ile iletişim kurulurken, artık günümüzde kameradan buzdolabına, ev otomasyon sistemlerinden trafik lambalarına kadar birçok nesne internet ortamında daha yüksek hızda haberleşebilmektedir. Bu çerçevede internet kullanımının yaygınlaşmasının ardından tüm bu nesnelerin birbirleriyle ve dış dünya ile haberleşmesi mümkün olmuştur. Nesnelere tarafından üretilen verilerin merkezi bir noktada toplanması, muhafaza edilmesi ve gerek duyulduğunda nesnelerin yönetimi ve izlenmesi için yazılım tabanlı bir platform oluşturulması ile Internet of Things- Nesnelerin İnterneti (IOT) kavramı ortaya çıkmıştır. Bu içerikten yola çıkılarak donanım, yazılım, algılayıcı (sensör) ve ağ bileşeni içeren elektronik cihazların birbirleriyle haberleşerek oluşturduğu sistemler ve bu sistemlerin yönetildiği, izlendiği, oluşturduğu verilerin akıllı algoritmalarla işlenerek katma değeri yüksek sonuçların çıktığı şehir yönetim merkezleri gündeme gelmiştir.

Zira, bahsedilen veri akışının şehrin hemen her alanından ve sürekli gelmesi beklenmektedir. Böylelikle ortaya çıkan veriye büyük veri denmiştir. İnternete bağlı tüm sistemlerin içinde olduğu ve veri analizinin önem kazandığı bu özellikteki şehirler için “Akıllı Şehir” kavramı geliştirilmiştir. Akıllı şehirlerin bir alt bileşeni olan akıllı sağlık hizmetlerinin mobil teknolojiler kullanılarak sunulması son dönemde önem kazanmaya başlamış olup özellikle kronik sağlık takip sistemlerinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.

Bu tezde, kandaki oksijen doygunluğunun (satürasyon) yüzdesel ifadesi olan SpO2 ve nabız değerleri temelinde çalışan ve içinde mobil uygulama barındıran bir karar destek sistemi tasarlanmış, bu sistem kapsamındaki veri tabanı alt sistemleriyle oksijen satürasyon değeri dikkate alınarak uyku apnesi mevcudiyet analizi yapılmıştır.

2. bölümde akıllı şehirler, e-sağlık, akıllı sağlık ve mobil sağlık uygulamaları ile ilgili kuramsal temeller ve literatürdeki çalışmalardan derlenen bilgiler paylaşılmıştır. Akıllı şehirlerin ve akıllı sağlık uygulamalarının hayatımızdaki rolü, e-sağlık ve mobil sağlık kavramları arasındaki temel farklar, akıllı sağlık uygulamalarında kullanılan medikal cihazlar hakkında bilgi verilmiştir.

3. bölümde ise SpO2 ve nabız değerleri temelinde çalışan ve bir mobil uygulama barındıran karar destek sisteminde kullanılan materyal ve yöntem tanıtılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen bulgulara değinilerek, tasarlanan bu sistemdeki veri tabanı üzerinde kullanılan ve uluslararası geçerliliği olan bir veri seti ile geliştirilmiş olan karar destek yazılımı (KDY) tanıtılmıştır. Bu bölümde son olarak uyku apnesi mevcudiyet analizi kapsamında veri seti bulguları ile KDY bulguları karşılaştırılmıştır.

4. Bölümde, SpO2 ve nabız değerleri temelinde çalışan ve bir mobil uygulama barındıran karar destek sisteminden elde edilen çıktılar değerlendirilmiştir. Ayrıca, KDY ile uyku apnesi mevcudiyet analizi yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Sonuç kısmında ise tüm bu bulguların günümüz sağlık hizmetlerinde ve bilişim teknolojilerinde nasıl bir getirisi olacağı tartışılarak genel değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Akıllı Şehirler

Şehirlerde yaşayan insan sayısının her geçen gün artması neticesinde mevcut kaynakların daha verimli kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Birleşmiş Milletler'in raporuna göre 2050 yılı itibariyle tüm dünya nüfusunun % 66'sı şehirlerde yaşayacaktır (Anonim 2014a). Ülkemizde de benzer bir durum söz konusu olup Dünya Bankası 2017 yılı verilerine göre Türkiye'deki insanların % 75'i şehirlerde yaşamaktadır (Anonim 2017a). Smart City Council organizasyonu akıllı şehir tanımını "Akıllı şehir, karayolları, enerji hatları, binalar ve diğer takip gerektiren sistemlerle bütünleşik akıllı cihaz ve algılayıcılardan veri alan ve işleyen sistemlerdir. Bu verileri kablolu ve kablosuz akıllı iletişim sistemleri ile iletir. Son aşamada akıllı algoritmalar ve yazılımlar ile bu bilgiler işlenir, anlaşılabilir ve paylaşılabilir hale getirilir" şeklinde ifade etmektedir (DeKeles 2012).

Daha iyi hizmet vermek ve yaşam standartlarını yükseltmek için bütünleşik ve birbiriyle bağlantılı stratejileri ve sistemleri kullanan şehirler olarak da tanımlanabilen akıllı şehirler odak noktası olarak insan faydasını ve mutluluğunu hedeflemektedir (Anonim 2019a). Bir başka tanımda yaşam kalitesini artırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanan, bu vesileyle şehir yönetim operasyonu ve sunulan hizmetleri geliştiren, aynı zamanda güncel ve gelecekte meydana gelebilecek ihtiyaçları da planlayarak kaynakları buna göre yöneten şehirlere akıllı ve sürdürülebilir şehir dendiği bilinmektedir (Anonim 2019b).

Yine Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı çerçevesinde yapılan araştırmalara göre şehirler dünya coğrafyasındaki tüm yüzölçümünün % 3'ünü kaplamaktayken tüm enerji tüketiminin % 60 kadarını tüketmekte ve tüm karbon salınımının % 70'i bu % 3'lük alandan yapılmaktadır. 1990 yıllarında dünya üzerinde nüfusu 10 milyon ve üzeri olan toplam 10 şehir bulunmaktayken, 2018 yılı itibariyle bu sayı 33'e çıkmıştır (Anonim 2019c). Bu tablo, gelecekte şehirlerde yaşamayı planlayan insanları nelerin beklediğini göstermesi nedeniyle oldukça önemlidir. Kısıtlı bir alanda ve mevcut teknolojik imkanlar ile ulaşım, insan, çevre, enerji, su, sağlık, konut vb. sınırlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasının gerekeceği ortadadır. Tüm bu tanımlamalar ve açıklamalar, insanların

kaynaklara ilişkin hizmetlere olabildiğince eşit ve adil şekilde erişme imkanının yaratılmasını hedef göstermektedir.

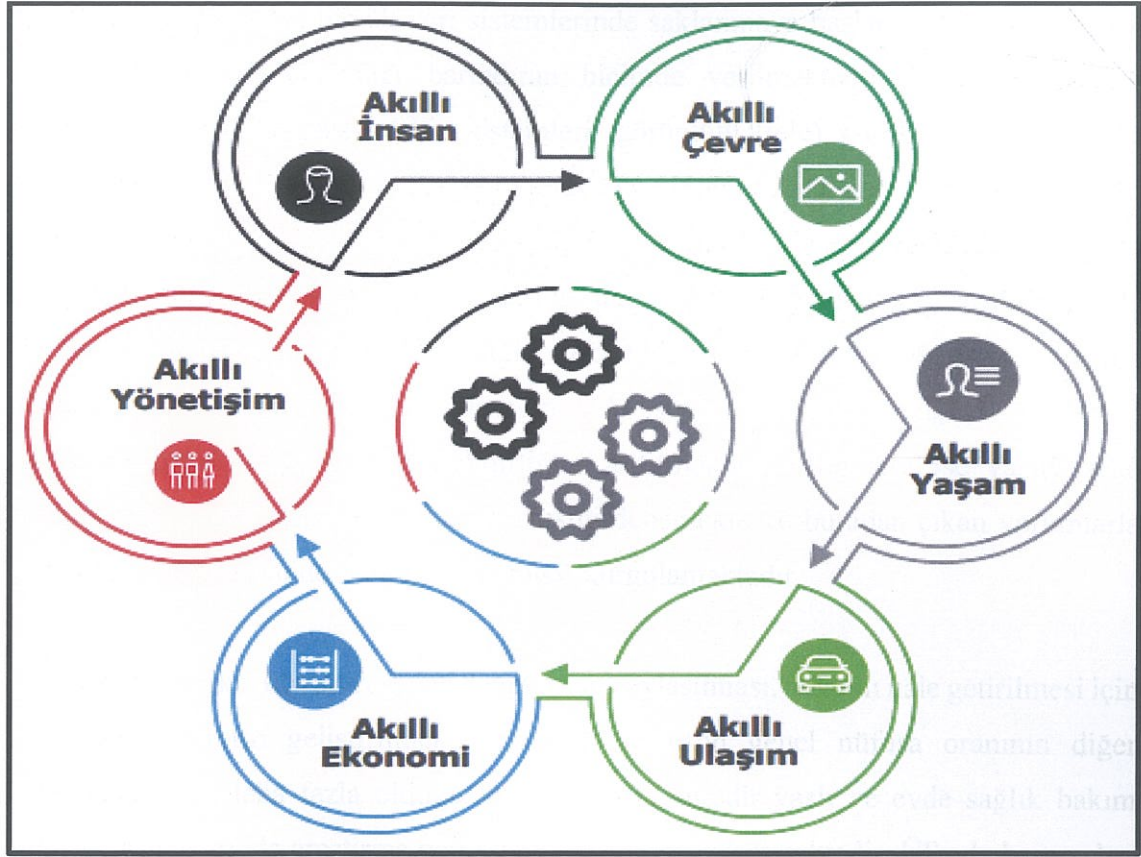
Tüm bu değerlendirmeler ışığında akıllı şehir kavramının ve uygulamalarının gelecekte insan yaşamını ciddi ölçüde etkileyeceği ve yaşama farklı bir yön vereceği kaçınılmazdır. Doğal olarak, akıllı şehirlerde önemli bir yer tutan sağlık hizmetleri ve akıllı uygulamalar da önemli konuma gelecektir.

Bilindiği üzere, insanların kırsal yerleşim yerlerinden kentsel yerleşim alanlarına doğru göçlerindeki ve kent yaşamını hedeflemelerindeki en büyük etkenler eğitim, sağlık, sosyal imkânların daha çok olmasıdır (Sevinç ve ark. 2018). Bu gerekçelerle şehir nüfusları sürekli artmakta ve kaynaklara erişimdeki rekabet de artmaktadır. Tüm kaynaklara erişimde olduğu gibi, sağlık alanında da kaynaklar kısıtlıdır ve iyi bir sağlık hizmeti almak doğal bir hak olduğu gibi insanların kent hayatını tercih etmelerinde önemli bir nedendir.

Günümüzde dünya üzerinde sağlık hizmetleri genellikle basamaklar şeklinde verilmektedir. Ülkemizde, sağlık hizmetleri birinci, ikinci ve üçüncü basamak olmak üzere üç basamakta verilmektedir. Sağlık hizmetlerinde ana sorumlu Sağlık Bakanlığı olmakla birlikte hem kamu hastaneleri hem de özel hastaneler eliyle bu hizmetler vatandaşlara ulaştırılmaktadır.

Sağlık Bakanlığı'nın 2018 yılı faaliyet raporunun "Zayıflıklar" bölümünde personel sayısının henüz talebi ve kurumsal düzeydeki ihtiyacı karşılayama durumu ifade edilmiştir. Bu durum, hastane hizmetlerinin hala yeteri kadar verimli işletilemediğini gösteren bir ölçüttür (Anonim 2018). Bir diğer zayıflık olan bilgi ve iletişim teknolojilerinin yeteri kadar kullanılmıyor oluşu sağlık hizmetlerinin akıllı şehircilik ile kesişen ve çözüm bekleyen kısmıdır. Akıllı sağlık yaklaşımı ile bilgi teknolojilerinden faydalanılarak daha çok kişinin sağlık hizmetlerinden etkin bir biçimde yararlanması sağlanabilir. Akıllı yaşam başlığı kapsamında değerlendirilen akıllı sağlık uygulamaları elektronik ve akıllı sağlık başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Akıllı şehirlerde kaynaklar Şekil 2.1’de gösterildiği üzere ana hizmet kollarına göre başlıklara ayrılmış ve ulaşım, çevre, insan, yaşam, yönetim gibi odak alanları belirlenmiştir (Cohen 2011).



Şekil 2.1. Akıllı şehir bileşenleri (Anonim 2019ç)

2.2. E-sağlık

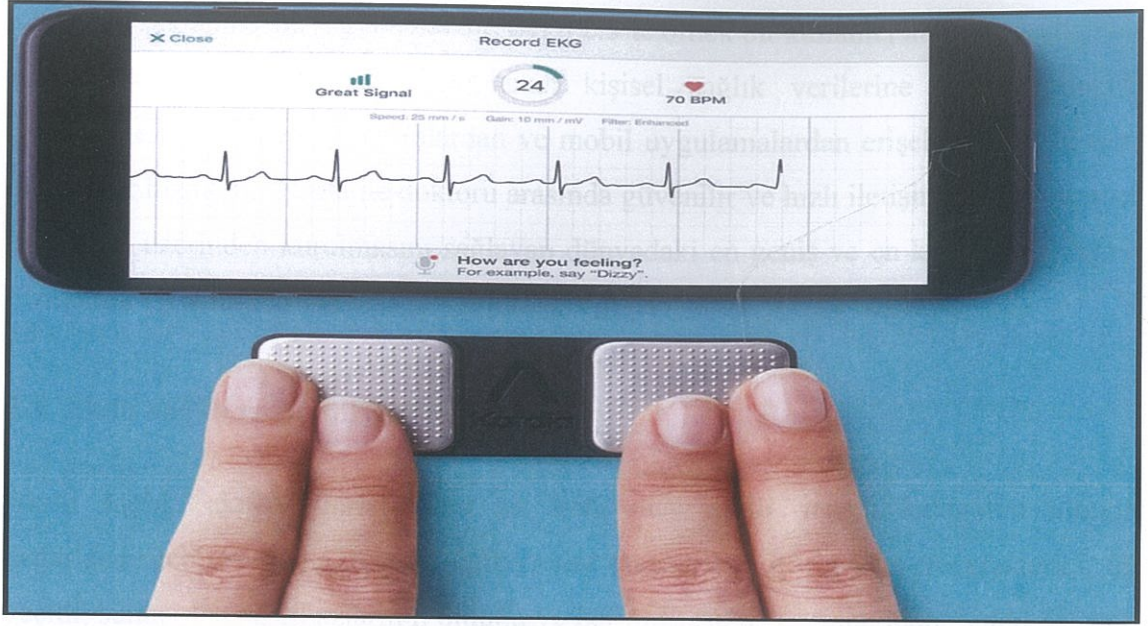
E-sağlık, kısaca, sağlık hizmetleri sunumunda elektronik altyapılardan daha fazla yararlanma olarak ifade edilebilir. Esasında e-sağlık, medikal bilgi sistemleri ile halk sağlığı bilgisi ve işlemlerinin kesiştiği önemli bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha geniş çerçeveden bakıldığında, e-sağlık tanımı bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak birbiriyle bağlantılı, yerel, bölgesel ve küresel sağlık hizmeti sunmak amaçlı ortaya çıkan bir yaklaşımdır (Eysenbach 2001). E-sağlık, geçmişte tele-sağlık olarak da adlandırılmış olup uzay programlarında giyilebilir algılayıcılar yardımıyla

astronotların sağlık durum bilgilerinin takibinde kullanılan 6rneklere de sahiptir (Anonim 2017b).

Sayısal teknolojilerin gelişmesiyle birlikte sağlık hizmetlerinde kullanılan elektronik cihazların ürettiği veri, büyük veri sistemlerinde saklanmaya başlamıştır. Birçok sağlık hizmeti, teknolojik çözümler barındıran biçimde verilmektedir. Elektronik sağlık hizmetlerinin uzaktan hasta takip sistemleri, görüntülü (tele) sağlık uygulamaları ve mobil sağlık uygulamaları gibi alanları mevcuttur. Günümüzde e-sağlık hizmetleri mobil sağlık ve akıllı sağlık uygulamalarını da kapsayan geniş bir alanı içermektedir. Dünyada e-sağlık uygulamaları sağlık hizmetlerinin sunumunda ve maliyetlerin azaltılmasında ciddiye alınmaktadır. Birçok 6lke sağlık teknolojilerine yatırım yapmakta ve hizmet yöntemlerini yenilemektedir. Örneğin Avustralya kişisel sağlık verilerini merkezileştirerek kayıtların erişilebilirliğini arttırmaktadır. İngiltere ise yapay zekâ yardımıyla mevcut verilerin analiz edilmesini denemekte ve buradan çıkan yorumlarla tanı koyma süreçlerini destekleme sistemleri kurgulamaktadır.

Çin’de biyomedikal büyük verinin işlenmesi ve paylaşılması, anlamlı hale getirilmesi için bir ulusal platform geliştirilmektedir. Yaşlı nüfusun genel nüfusa oranının diğer toplumlara göre daha fazla olduğu Japonya uzun süredir yaşlı ve evde sağlık bakım hizmetleri alanlarında araştırma geliştirme faaliyetleri yürütmektedir. 6lkede hemen her hastanenin farklı bir sistem üzerinde elektronik kayıt tuttuğu belirlenmiş ve veri biçiminin tüm hastanelerde aynı olması için ulusal çalışma başlatılmıştır.

Brezilya’da bazı insan kaynakları şirketleri çalışanların sağlıklı olmalarını teşvik etmek amacıyla oyunlaştırma (gamification) araçlarını kullanmaktadır (Anonim 2019d). Amerika Birleşik Devletleri’nde geliştirilen Şekil 2.2’deki AliveCor isimli şirketin EKG ölçümü yapan ürünü, sadece iki parmaktan kalp grafiğini anlık olarak analiz edebilmekte olup bu teknoloji Amerikan Gıda ve İlaç Otoritesi (FDA) tarafından da onaylanmıştır (Anonim 2019e). Cihaz tarafından kaydedilen kalp grafiği verisi, merkezi hasta takip sistemi yardımıyla uzman doktorlar tarafından değerlendirilmekte, bu sayede hastanın hastane ziyaretine gerek kalmaksızın tanı koyulmasına imkân verilmektedir.



Şekil 2.2. AliveCor tarafından geliştirilen KardiaMobile EKG ölçen ürün (Anonim 2019e)

Ülkemizde ise e-sağlık, dünya ölçeğindeki uygulama örnekleriyle benzer düzeyde ilerleyemese de olumlu uygulama örnekleri verilebilir. Sağlık Bakanlığı'nın bu çerçevedeki rolü diğer tüm kurum ve kuruluşlardan çok olup başlıca e-sağlık uygulamaları şöyledir:

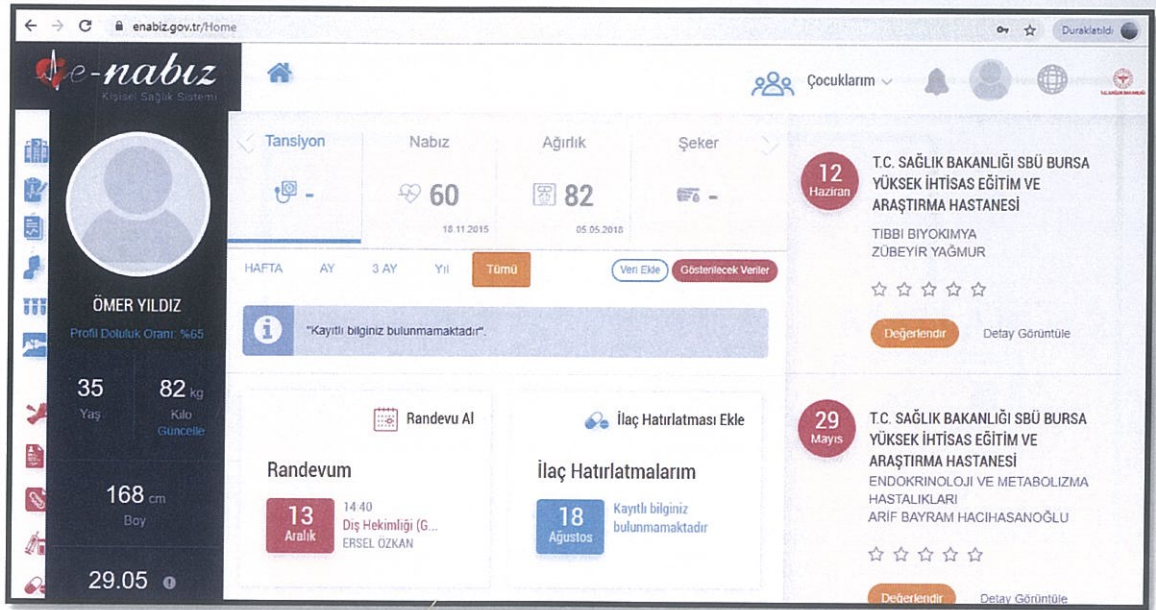
- E-Nabız
- MHRS (Merkezi Hastane Randevu Sistemi)
- Tele Tıp
- SağlıkNet
- Kamu Hastane Bilgi Sistemi
- E-Radyoloji
- KDS (Karar Destek Sistemi)

Bu çerçevede özellikle E-Nabız uygulaması web ve mobil platformlardan son kullanıcı olan vatandaşlara kişisel sağlık bilgilerini anlık olarak sunarken, hastanın vereceği izne göre de doktorların ilgili sağlık geçmişine erişmesine olanak sağlamaktadır. E-Nabız sistemi, ülke genelindeki tüm hastane bilgi yönetim sistemleri (HBYS) ile iletişim kurabilmekte ve laboratuvar, radyoloji, doktor tanısı gibi birçok verinin merkezi bir veri

tabanında saklanmasını sağlamaktadır. Şekil 2.3'te örnek bir kullanıcı arayüzü verilen bu sistem, sağlık kuruluşlarından toplanan kişisel sağlık verilerine kişi ve sağlık profesyonellerinin web platformlardan ve mobil uygulamalardan erişebildikleri bilişim tabanlı bir hizmettir. Hasta ile doktoru arasında güvenilir ve hızlı iletişim ağının internet platformu üzerinden kurulmasını sağlayan dünyadaki en geniş ve en kapsamlı e-sağlık hizmetidir (Anonim 2019f).

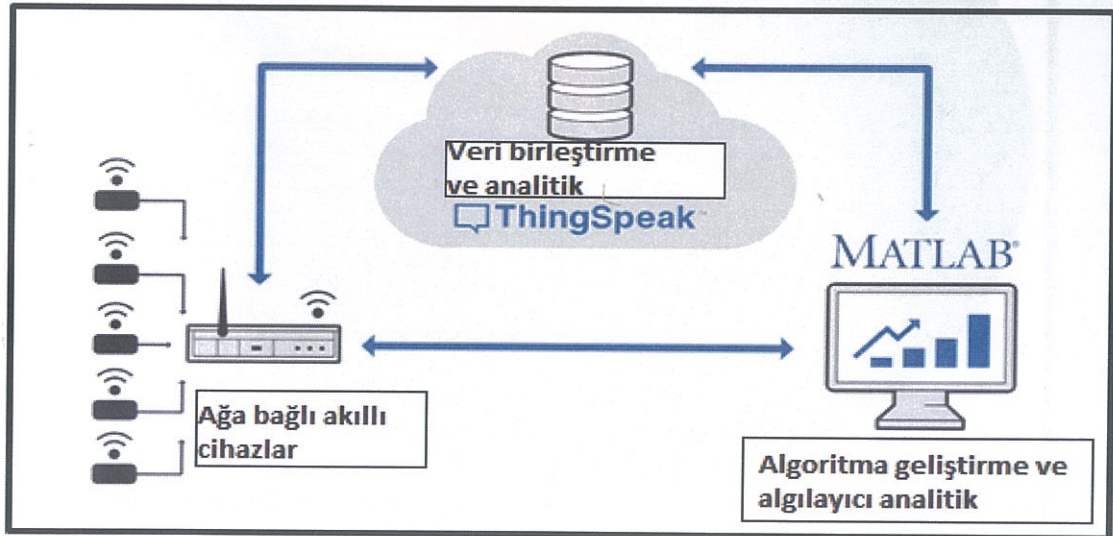
2.3. Akıllı Sağlık ve Mobil Sağlık

Akıllı sağlık, akıllı şehirlerin bir alt kolu olan akıllı yaşam kategorisi altında değerlendirilebilmektedir. İçinde algılayıcılar (sensörler), işaret alıcı ve gönderici, ağ geçidi, sunucu ve ağ cihazlarının olduğu ve her türlü sağlık verisini alan, ileten, işleyen ve koruyan sistemleri barındıran uygulamalara akıllı sağlık uygulamaları denmektedir (Sallabi ve Shuaib 2016). Bir diğer tanıma göre ise içerik bilinçli ağlar (context-aware network-CAN) ve akıllı şehirlerdeki sensör altyapısı kullanılarak sunulan sağlık hizmetleridir (Solanas ve ark. 2014). Dolayısıyla şehir hayatında sağlık denildiğinde akla gelen birçok kaynağın günümüz bilgi ve iletişim teknolojileri ile birlikte sunulması ve işletilmesi süreçlerinin akıllı sağlık hizmetlerini oluşturduğu ifade edilebilir.



Şekil 2.3. E-Nabız örnek ekran görüntüsü

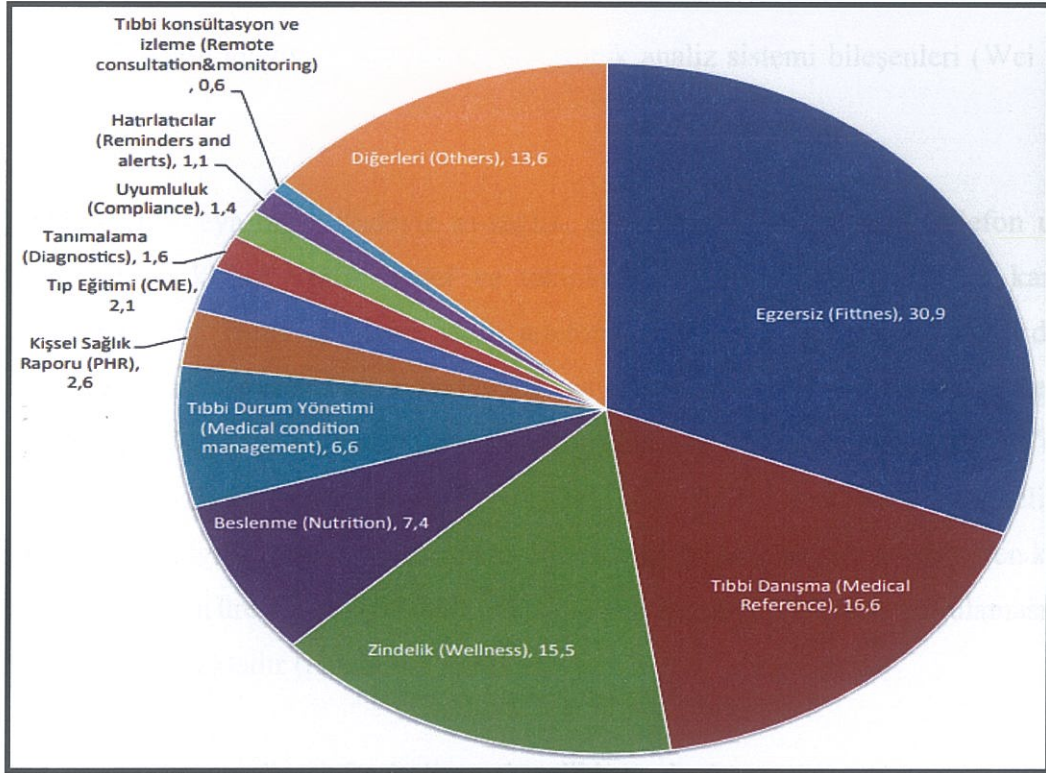
Akıllı sağlık uygulamaları yalnızca sensör ve bilişim altyapılarını kullanmaktadır. Örneğin akıllı sağlık sistemlerinde sosyal medya üzerinden analizler yapılabilmektedir (Abbasi ve Adjeroğ 2014). Analizler sosyal medyada yapılan paylaşımlar, yorumlar, durum bildirimleri vb. bilgiler dikkate alınarak yapılmaktadır. Bir diğer akıllı sağlık çalışması IoT kapsamlı medikal cihaz ve akıllı telefon kullanılarak geliştirilen bir sisteme aittir. EKG, PPG ve nabız verileri akıllı saat, akıllı telefon, Şekil 2.4'teki bulut tabanlı ve Matlab kullanarak IoT analizleri yapan sunucu sistemi (ThingSpeak) ve web servisi yardımıyla işlenmektedir. Ölçümlerde herhangi bir anormal değer elde edildiğinde belirlenen telefon numarasına ilgili ölçüm ve hasta hakkında bilgi iletilebilmektedir (Ananth ve ark. 2019). Mobil sağlık tanımı hastanın sağlık hizmetlerine mobil (hareketli) haldeyken gerekli şartlar sağlandığı müddetçe her an ulaşabilmesi olarak ifade edilebilir. Dünya Sağlık Örgütü mobil sağlığa dair tanımını sağlık uygulamalarının mobil cihazlar, hasta izleme ekipmanları, kişisel sayısal yardım teknolojileri ile desteklenmesi olarak ortaya koymaktadır (Perez ve ark. 2013). Şekil 2.5'e göre, mobil sağlık uygulamalarının en önemli bölümünü % 30,9 ile egzersiz (fitness) alanında geliştirilen mobil uygulama ve ürünlerin oluşturduğu görülebilir. Tıbbi danışma amaçlı geliştirilen uygulamalar % 16,6 ile ikinci, zindelik (wellness) amaçlı kullanılan uygulamalar da % 15,5'lik bir pay almaktadır. Gelecekte ilk hastane ziyaretlerini ortadan kaldırayabileceği öngörülen tanımlama (diagnostics) başlığı ise henüz % 1,6 ile çok küçük bir pay almaktadır.



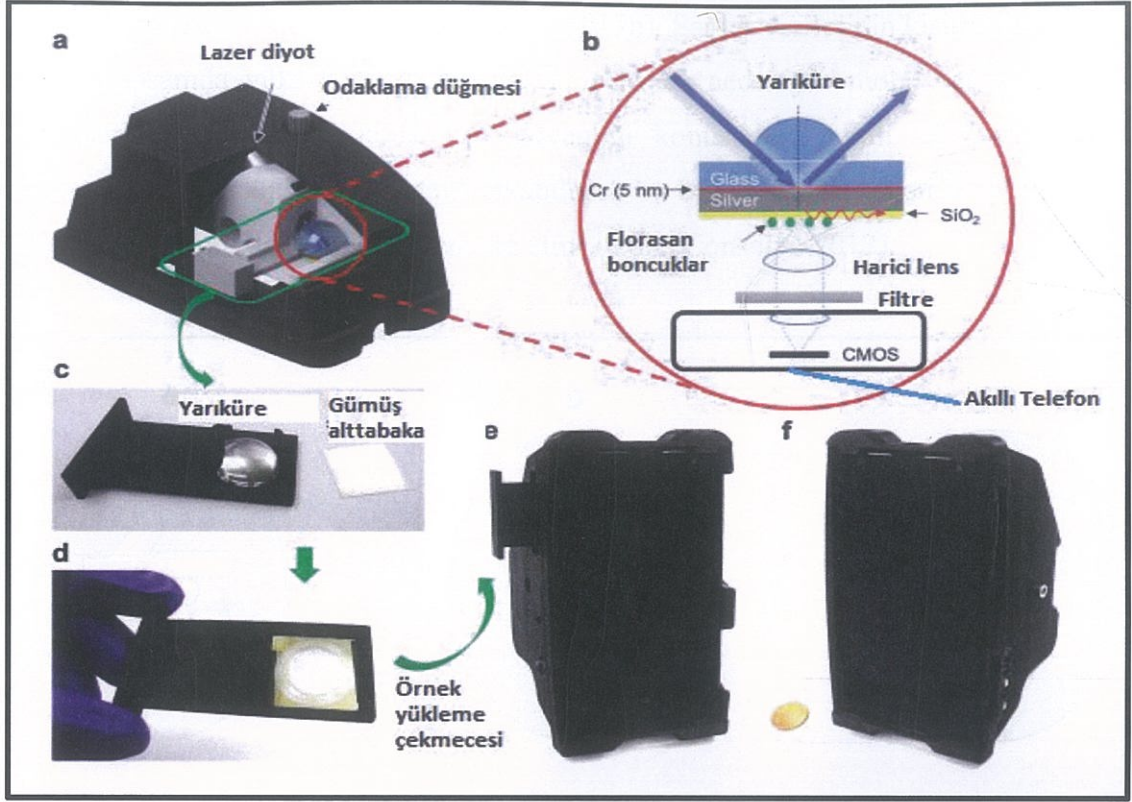
Şekil 2.4. Örnek IoT analitik sonuçları üreten bulut hizmeti (Anonim 2019g)

Avrupa ölçeğinde yapılan araştırmalarda kronik sağlık problemleri için yapılan harcamaların arttığı ve gittikçe daha da artacağı belirlenmiştir. Kronik diye tabir edilen ve süreklilik arz eden hastalıklar sağlık harcamalarının % 70-80'ini oluşturmaktadır. Avrupa'da yaklaşık 100 milyon insan ya da 15 yaş üstündeki nüfusun % 40'ı en az bir kronik hastalığa maruz durumdadır (Ortmann ve ark. 2014).

Akıllı telefonlardaki sağlık verilerinin kayıt altına alınması, bu verilerin doktor ile paylaşılması, merkezi sistemde bu verilerin takip edilmesi ve analize dayalı karar destek sistemleri mobil sağlık hizmetlerinin bileşenleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde akıllı telefonlar mobil sağlık uygulamalarının önemli bir bileşeni olup birçoğ takip ve tedavi amaçlı analiz çalışmaları akıllı telefonlar aracılığıyla yürütölmektedir. Şekil 2.6'da bir örneği bulunan akıllı telefon üzerinde gen analizi yapabilmekte ve kan tahlili sonuçları da yine telefon üzerindeki bir ekipman ve geliştirilen yazılım ile elde edilebilmektedir (Wei ve ark. 2017).



Şekil 2.5. Mobil sağlık uygulamaların yüzde dağılımını gösterir grafik (Güler ve Eby 2015)



Şekil 2.6. Akıllı telefon ile yapılan mikroskobik analiz sistemi bileşenleri (Wei ve ark. 2017)

Mobil sağlık veya diğer ifadeyle m-sağlık, genellikle mobil ve akıllı telefon uyumlu teknolojilerin kişisel sağlık hedef ve takiplerinde kullanılması olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Buna ek olarak akıllı telefonun bir başka kullanım yöntemi de ilgili sağlık sensörleri ve cihazlarının bağlandığı ve ürettikleri veriyi işleyen bir merkez olma durumudur. VitaScan bu duruma örnek bir uygulamadır (Wright ve ark. 2017). VitaScan ürünü Şekil 2.7’de belirtildiği haliyle kısaca kan tahlili yapabilmek için geliştirilen algılayıcı, bu algılayıcının verisini analiz eden küçük bir laboratuvar işlevi gören kutucuk ve bu kutucuğun ürettiği veriyi analiz ederek sonuç üreten cep telefonu uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır (Anonim 2019ğ).

Dünya genelinde akıllı telefon kullanımları dikkate alındığı mobil sağlık uygulamalarının ulaşabileceği kitlenin ne kadar büyük olduğu Şekil 2.8’den görülmektedir. Dijital 2019 raporuna göre dünyada 7,676 milyar insan yaşamını sürdürürken 5,112 milyar tekil akıllı

2.4. Mobil Sağlıkta Kullanılan Medikal Cihazlar

Mobil sağlık uygulamalarında kişisel sağlık verisini ölçümleyen, çeşitli iletim yöntemleri ile merkezi yönlendiriciye (akıllı telefon, web sitesi, sunucu, vb.) aktaran medikal özellikler barındıran cihazlar bulunmaktadır. Adım sayar, kan şekeri ölçer, nabız ölçer, SpO2 ölçer, kalp ritmi ölçer gibi birçok kişiselleştirilmiş medikal cihaz mobil sağlık uygulamalarında kronik hastalık ve rutin sağlık verisi takip sistemlerinde önemli bir yer teşkil etmektedir.

Tez kapsamında yapılan medikal ölçüm ve veri temini süreçlerinde pulse oksimetre cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, SpO2 ve nabız ölçmeye yarayan, hastane ortamlarında sıklıkla kullanılan ve ölçüm değerleri sürekli takip edilen, ancak hala mobil ve giyilebilir olanlarının kullanıcı düzeyinde çok yaygınlaşmadığı önemli bir medikal cihazdır.

2.4.1. Pulse Oksimetre

Pulse oksimetrenin tarihi 1930'lara kadar dayanmaktadır. 1935'te Carl Matthes oksijen satürasyonunu ölçebilen bir cihaz geliştirmiştir (Yetkin ve ark. 2002). Bu cihaz, günümüz pulse oksimetrelerine benzer ve ışığın iki dalgaboyunu kullanarak ölçme yapar. 1940'ların başlarında Glen Millikan tarafından geliştirilen ve kulak oksimetresi özelliği olan cihaz havacılık araştırmalarında kullanılmıştır. HP (Hewlett-Packard) firması otonom kalibrasyonu olan oksimetreyi 1970'de piyasaya sunmuştur. 1970'lerde Takuo Aoyagi ilk pulse oksimetreyi ortaya çıkarmıştır (Yetkin ve ark. 2002). Günümüzde pulse oksimetre cihazı birçok alanda hem yardımcı tıbbi ölçüm ve değerlendirmelerde, hem de deneysel ve yenilikçi çalışmalarda kullanılabilir (Anonim 2019).

2.4.2. Pulse Oksimetrenin İşlevi ve Kullanım Alanları

Pulse oksimetre hastalarda SpO2 değerini ve kalp atışını ölçmeye yarayan invazif olmayan bir medikal cihazdır. İnvazif olmayan yöntem, hastanın vücut bütünlüğüne müdahale etmeden ölçüm yapabilen cihazlara veya yöntemlere verilen genel addir. Örnek olarak elektrokardiyografi (EKG) ölçüm cihazları da invazif olmayan cihazlardır (Acartürk 2009). Gündelik eşyaların, dahili mikroişlemcilerle, haberleşme amaçlı alıcı-

verici modüllerle ve uyumlu protokol kümeleriyle birlikte geliştirilmesi yaygınlaşmıştır. Buzdolabı, klima, otomobil, pulse oksimetre gibi eşyaların diğer eşyalar ve kullanıcılarla haberleşecek duruma gelmesi ve internet ağına dâhil edilmesi ve bu durumun getirdiği teknoloji odaklı iletişim yaklaşımına IoT adı verilir (Zanella ve ark. 2014). Bu kapsam, akıllı şehirlerde, dolayısıyla akıllı sağlık uygulamalarında, sağlık hizmetlerine ihtiyacı olanların bu hizmetlere sürekli ve mevcut hastane koşullarıyla kıyaslandığında daha çok konfor barındıran şekilde ulaşmaya olanak sağlamaktadır.

Mobil sağlık hizmetleri, hastayı sürecin merkezine koyarak kişiselleştirilmiş tedavi uygulamalarının geliştirilmesine katkı sunarken, klasik sağlık hizmet harcamalarının azaltılmasına imkân vermektedir. Pulse oksimetre cihazıyla kronik obstrüktif uyku bozuklukları (apnea) da tespit edilebilmekte, takip ve tespitleri kolaylaştırılmaktadır (Alvarez ve ark. 2010). Pulse oksimetre, benzer başka çalışmalarda da OSA (Obstructive Sleep Apnea- obstrüktif uyku apnesi) tespiti ve tedavilerinde kullanılmıştır (Sahadan ve ark. 2015, Garde ve ark. 2017).

Aynı zamanda CHD (Congenital Heart Disease-Kronik Kalp Rahatsızlığı), COPD-KOAH (Chronic Obstructive Pulmonary Disease-Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı), hipoksemi gibi hastalık tanılarında kullanılabilecek veri setleri oluşturulabilmektedir. Örneğin pulse oksimetre ölçümleri yeni doğan çocuklarda kalp bozukluklarının tespitinde kayda değer sonuçlar ortaya çıkarmıştır (Richmond ve ark. 2002).

Bir diğer çalışmada ise pulse oksimetrenin kalp rahatsızlığı durumlarında (CHD: Congenital Heart Disease) tanı amaçlı kullanılması ve olası sonuçları değerlendirilmiştir (Valmari 2006). Zigbee teknolojisi ile tasarlanan giyilebilir bir pulse oksimetre hasta takip ve tedavi sistemlerinde pulse oksimetrenin kullanılabileceğini gösteren bir diğer uygulama örneğidir. Bluetooth teknolojisinin Zigbee'den daha çok kullanılır hale gelmesi nedeniyle bu sistem farklılaşmaya ihtiyaç duymaktadır (Watthanawisuth ve ark. 2010). Yüksek sayıda kullanıcının haberleşmesi neticesinde benzer bir hasta izleme sistemi tasarlanmış ve HTTP istek sayısı ve işlem süresini hesaplayan diğer bir örnek çalışma yapılmıştır (Renta ve ark. 2017). Turkcell İletişim Hizmetleri AŞ 2012 yılında Sağlık Metre ürününü duyurmuştur.

Diyabet, tansiyon, aritmi ve astım gibi kronik hastalıkları takip eden, hastaneye gitmeden sağlık kuruluşu ile ölçüm değerlerini paylaşmaya imkân veren sistemde, ölçümde kullanılan medikal cihazlarla bluetooth ile haberleşen ve SIM kart taşıyan ilave bir cihaz da kullanmak gerekmektedir (Anonim 2014b). Bu alanda, yapay zekâ ve makine öğrenmesi başlıklarında yapılan araştırmalar da önemlidir. Özellikle tasarlanan karar destek algoritma ve yazılımları ile kurgulanan yeni yöntemler pulse oksimetre temelli veri analiz olanaklarını arttırmaktadır. Sembolik öğrenme, Naïve Bayesian sınıflandırma gibi yöntemlerin sağıktaki yapay zekâ uygulamalarında kullanılabileceği öngörülmektedir (Fatima ve Pasha 2014).

Kandaki oksijen oranı ve kalp atış hızının belirlenmesi, hastaların tedavi edilmesi ve acil durumlarda oldukça önemlidir. Örneğin kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAİ) olan bir kişinin kandaki oksijen değerlerinin sürekli ve anlık ölçümlerinin yapılabilmesi tedavinin seyrinde ve acil durumlarda müdahaleyi verimli kılmaktadır (Acartürk 2019). Pulse oksimetre cihazının çalışma şeklinin ve prensiplerinin anlaşılabilmesi için, kanın içerisinde oksijenin nasıl hareket ettiğinin ve kanın temizlenme sürecinin; bunun için de kanın yapısının bilinmesi gerekmektedir.

2.4.3. İnsan Kanının Yapısı

Dolaşımdaki kan hacmi, vücut ağırlığının % 8'ine tekabül eder. Bu değer 70 kg'lık bir insanda yaklaşık 5600 ml'ye denk gelir. Kanın yaklaşık % 50-60'ı plazma adını alan ve büyük kısmı su olan sıvıdan oluşurken % 40-50'si de diğer hücrelerden oluşur. Bu sıvıda besin maddeleri, protein ve diğer hayati değeri olan kimyasal maddeler bulunur. Alyuvar (eritrosit), akyuvar (lökosit) ve kan pulcukları (trombositler) kan hücrelerini oluşturmaktadır. Erişkin bir insanda kırmızı kan hücreleri (alyuvar), kan pulcukları (trombositler) ve beyaz kan hücreleri (akyuvarlar) kemik iliğinde üretilmektedir.

Alyuvar hücreleri kana kırmızı rengi verir ve içinde görevi oksijen (O₂) taşımak olan hemoglobin proteini içerirler. Çekirdek ve organelleri olmadığı için bölünemezler ve yaşam süreleri kısıtlıdır (120 gün). 1 mm³ kanda erkeklerde 5,4 milyon, kadınlarda ortalama 4,8 milyon alyuvar bulunmaktadır.

Akyuvarlarda, hemoglobin ile oksijenin reaksiyona girmesi sonucu HbO₂ üretilir. HbO₂, kırmızı hücreler vasıtasıyla tüm vücudu dolaşır. Oksijen yüklü olan temiz kan vücuttaki seyri boyunca hücrelerle temas ettiğinde, kırmızı hücre (alyuvar) üzerindeki oksijeni bırakır ve deoksihemoglobin (Hb) formunu alır. Bu noktadan sonra oksijensiz kan hücresi bir önceki işlemi tekrarlamak için kalbe geri döner.

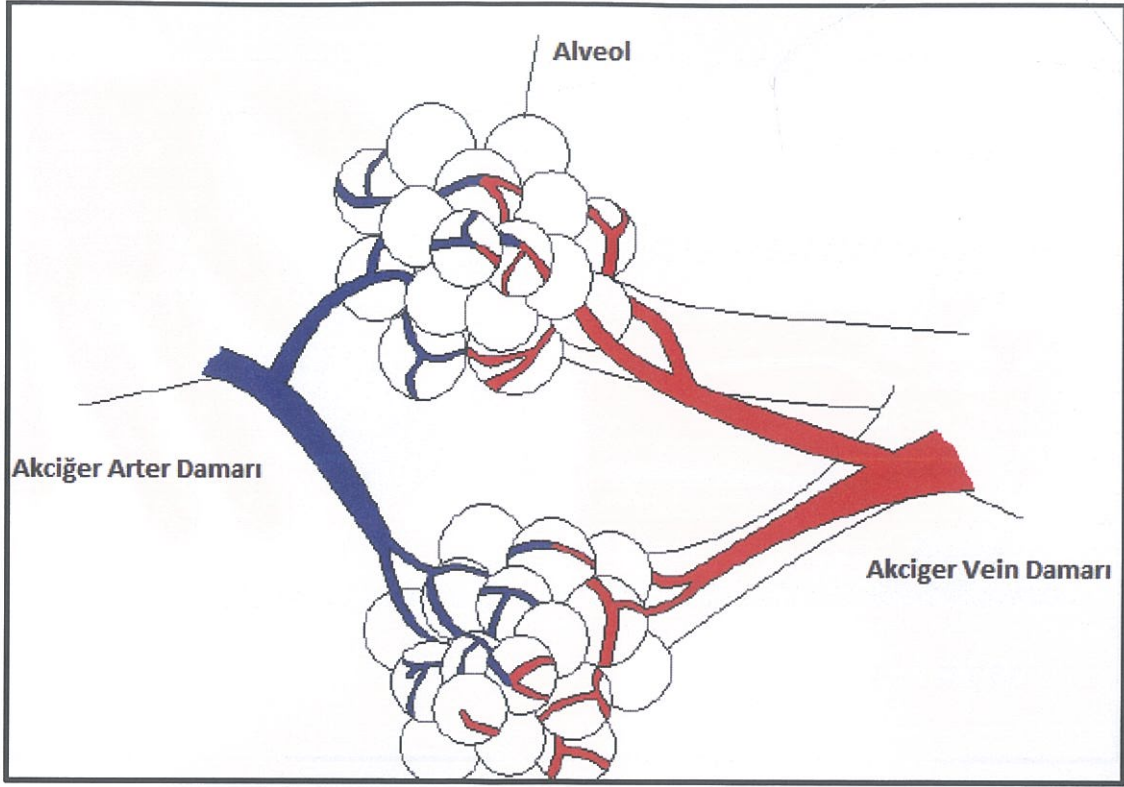
Akyuvarlar (lökositler), belirli şekilleri olmayan kan hücreleridir. Vücudumuzun savunma sisteminin hareketli elemanları olan lökositler, organizmayı bakterilere, virüslere, parazitlere ve tümörlere karşı savunurlar. 1 mm³ kandaki sayıları 4.000-10.000 arasında değişebilir. Lökositler çevre bağdokuya geçebilir ve burada bizzat savunma görevi üstlenebilirler.

Trombositler, renksiz, çekirdek içermeyen küçük çaplı hücrelerdir. Yuvarlak veya oval bikonveks diskler şeklindedir. 1 mm³ kanda 150.000-350.000 trombosit bulunurken ömürleri 5-7 gündür. Kanın pıhtılaşmasını uyararak çatlakların onarılmasını sağlar ve kanın damar dışına çıkmamasını sağlarlar. Trombositler damar yaralanmalarında, damarın iç yüzüne yapışarak yaralı bölgeyi tıkarlar. Salgıladıkları trombokinaz enzimiyle pıhtılaşmada görev alırlar. Pıhtı meydana geldiğinde katılarak yaranın ağzını büzerek kanamayı durdururlar (Anonim 2019i)

2.4.4. Oksijenin Vücuttaki Hareketi

Bilindiği gibi hücreler vücudun temel yapıtaşdır ve oksijene ihtiyaç duyar. Hücreler kullanılabilir enerjiyi oksijen sayesinde elde ederler. Hücre oksijen ile elde ettiği enerjiyi ATP (adenozin trifosfat) olarak depolar ve kullanır. Vücutta kan oksijen yüklü olarak tüm organları damarlar vasıtasıyla dolaştıktan sonra tekrar kalbe döner ve yeniden oksijen yüklenebilmesi için akciğerlere gönderilir. Kan oksijen yüklenme işlemi sırasında pulmonary alveoli denilen damar yapısından geçerek karbondioksit ve oksijen değişimini gerçekleştirir. Yeni oksijen yüklenmiş kan tekrar aorta pompalanır. Alveol, akciğerdeki kan temizleme kesecikleridir. Şekil 2.9'da gösterildiği üzere akciğer vein damarı kan alveoller yardımıyla temizlendikten sonra temiz kanın kalbe iletilmesini sağlayan damardır.

Vücutta her bir kalp atışı temizlenen kanın vücuda pompalanması demektir. Temiz kan vücutta damarlar aracılığıyla hemen her noktadan geçerek tekrar kalbe döner (Lopez 2012).

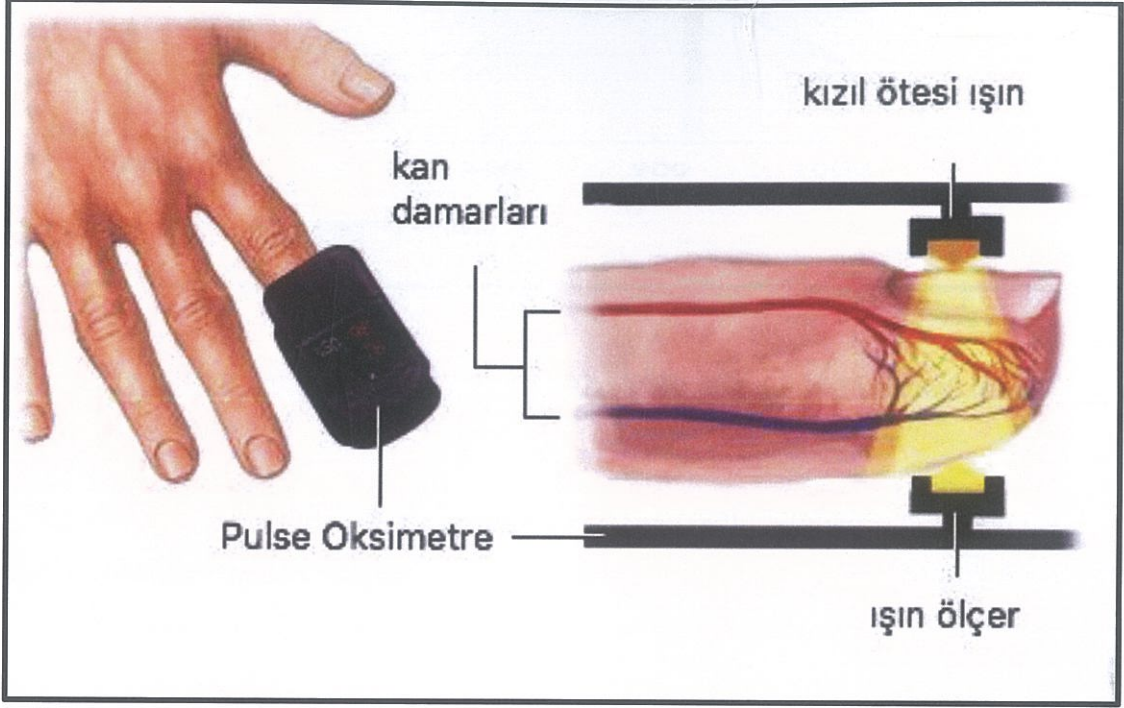


Şekil 2.9. Vücuttaki kirli kanın temizlenmesini gösteren çizim (Lopez 2012)

2.4.5. Pulse Oksimetrenin Çalışma Prensibi

Pulse oksimetre cihazı daha önce de belirtildiği üzere, SpO₂ ve nabız ölçmeye yarayan, vücut bütünlüğüne müdahale etmeyen (invasif olmayan) bir ölçüm aletidir. Oksijen saturasyonu, hemoglobin ve deoksihemoglobin değerlerinin tespiti edilmesiyle hesaplanabilen kandaki çözülmüş oksijen oranının yüzde olarak ifade edilmesidir. Kan çözeltisindeki HbO₂ ve Hb değerlerinin ölçümlenebilmesi için iki farklı ışık dalgaboyu kullanılmaktadır. Kan, içerisindeki HbO₂ ve Hb yoğunluğuna göre farklı soğurma karakteristikleri gösterir. Kırmızı ışık için 660 nm, kızılötesi (infrared) ışık için 940 nm dalgaboyları kullanılarak kanın emilim yüzdeleri tespit edilir. Oksijenli ve oksijensiz hemoglobin proteinleri farklı dalgaboylu ışıklardan geçebilmektedir.

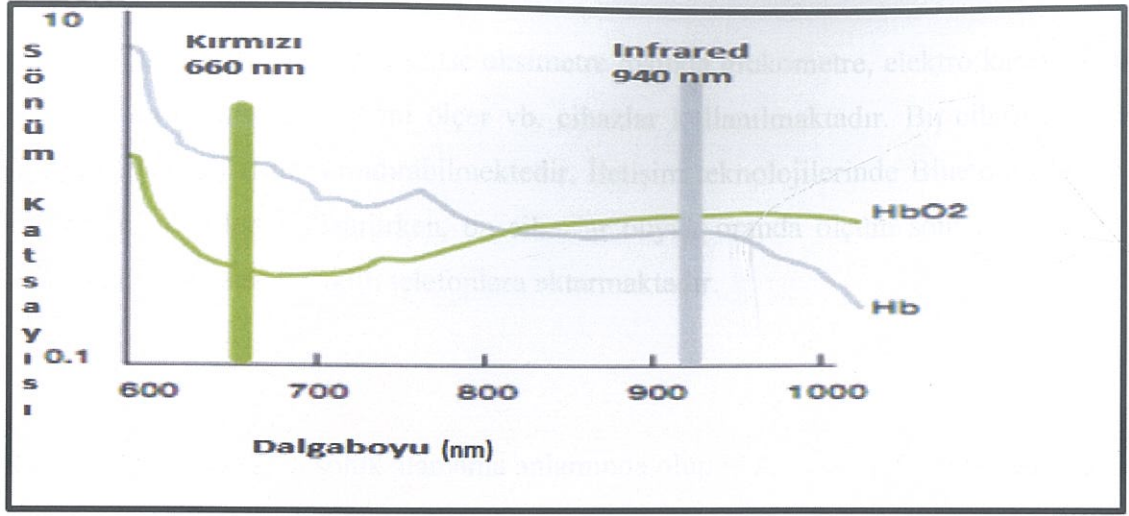
Oksijensiz hemoglobin (Hb) 660 nm’de daha yüksek emilim değeri verirken, HbO₂ yani oksijen yüklü hemoglobin ise 940 nm dalgaboylu ışıpta daha yüksek oranda emilime sahiptir. Pulse oksimetre hemoglobin içeren diğer dokularla birlikte özellikle parmak dokularını kullanır (Bollom ve ark. 2010).



Şekil 2.10. Pulse oksimetrenin parmaktan ölçme görseli (Anonim 2019j)

Ölçüm, cihazın içine parmak girmesiyle başlar. Alınan ışık ışareti akım-gerilim dönüştürücü üzerinden geçerek filtrelendirilir, kuvvetlendirilir ve gerilime dönüştürülür. Şekil 2.10’deki gösterime uygun olarak, cihaz üzerindeki algılayıcılarda bulunan fotoalıcı LED’lerden emilime uğramamış ışığı geri alır. İşaret kırmızı ya da kızılötesi ışın tespiti için filtrelendirilir, OpAmp (operational amplifier- işlevsel yükseltici) yardımıyla dönüştürülür ve Şekil 2.11’deki grafik elde edilir.

Buradaki işaret, parmak tarafından emilen ışığı temsil ederken DC ve AC komponent olmak üzere ikiye ayrıştırılır. DC kısmı doku, pulsatil (kirli) kan ve pulsatil olmayan (temiz) arter kan tarafından emilen ışığı temsil ederken, AC kısmı ise kirli arter kan tarafından emilen ışığı temsil eder (Cannesson ve ark. 2009).



Şekil 2.11. Farklı dalgaboylu ışıkların HbO2 ve Hb yoğunluklu kan tepkimesi (Lopez 2012).

Pulse oksimetre cihazı her iki dalga boyundaki ışığın emiliminin kirli arter kan hacmi ile temiz (oksijenli) arterial kana (AC/DC) oranını (2.1)'de verilen formülü kullanarak hesaplar (Lopez 2012).

$$\beta = \frac{\left(\frac{AC(660)}{DC(660)}\right)}{\left(\frac{AC(940)}{DC(940)}\right)} \quad (2.1)$$

SpO2 değeri hafızaya kayıtlı tablodan basit formüllerle alınır. Örneğin β değerinin 1 olması % 85'lik bir SpO2'yi temsil ederken, 0,4'lük oran SpO2'nin % 100, 3,4'lük oran da SpO2'nin % 0 olmasına karşılık gelmektedir. Bu tablonun veri güvenirligi, tablonun sağlıklı bireyler üzerinde yapılan testleri ne kadar baz aldığıyla orantılıdır (Lopez 2012).

SpO2'nin bir diğer hesaplama yolu ise AC kısmı olarak yapılan hesaplamadır. (2.2)'de belirtilen SpO2'nin değeri $R \times 100$ olarak belirlenmiştir (Lopez 2012).

$$R = \frac{\log_{10}(I_{ac})\lambda_1}{\log_{10}(I_{ac})\lambda_2} \quad (2.2)$$

(2.2)'de I_{ac} ışık yoğunluğunu temsil ederken, λ_1 660 nm, λ_2 940 nm'yi temsil etmektedir.

2.4.6. Diğer Medikal Cihazlar

Mobil sağlık uygulamalarında pulse oksimetre dışında glukometre, elektro kardiyografi (EKG), adım sayar, kalp ritmi ölçer vb. cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar farklı iletişim teknolojilerini barındırabilmektedir. İletişim teknolojilerinde Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee teknolojileri kullanılırken, bu cihazlar büyük oranda ölçüm sonuçlarını mobil uygulama arayüzleri ile akıllı telefonlara aktarmaktadır.

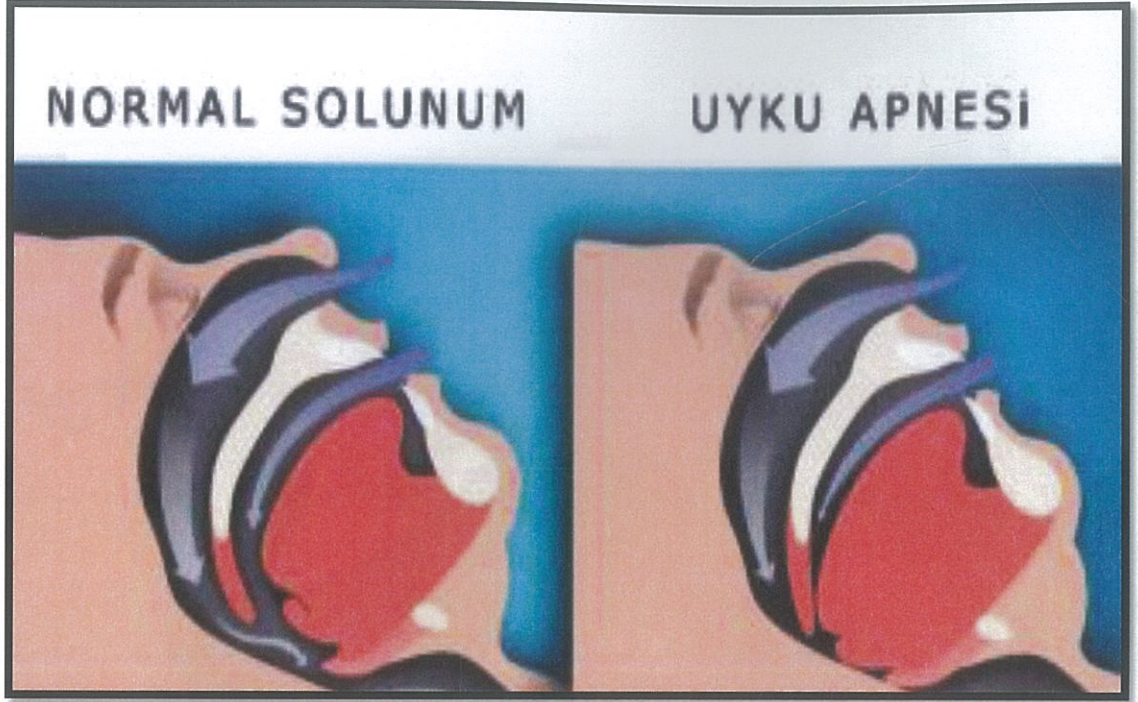
2.5. Uyku Apnesi

Apne, eski Yunanca'da soluk alamama anlamında olup günümüzde 10 saniye veya daha uzun süreyle ağız ve burundan hava akımının kesilmesi şeklinde tanımlanır (Köktürk 1998).

şekil 2.12'de normal solunum ile farkı gösterilen ve uyku sırasında gelişen apneye, uyku apnesi denmektedir. Uyku apnesi klasik tanı ve tedavi yöntemleri genellikle hastalık şüphesi olan bireyin uyku laboratuvarında incelenmesi, polisomnografi (PSG) cihazı ile vücuttaki farklı değerlerin uyku süresince ölçülmesi, sonuçların yetkili hekim tarafından değerlendirilerek tanı konulması ve tedaviye geçilmesi şeklinde olmaktadır (Kushida ve ark. 2005).

Uyku apnesi, obstrüktif (engelleyici), merkezi ve karma olmak üzere üç tiptir. Solunum hareketlerinin mevcut ancak ağız ve burundan hava akımının olmadığı tip obstrüktif; solunum hareketlerinin de hava akımının da olmadığı tip merkezi ve önce merkezi başlayıp sonra solunum hareketleri gelişmesine rağmen hava akımı gelişmeyen tip ise karma apnedir.

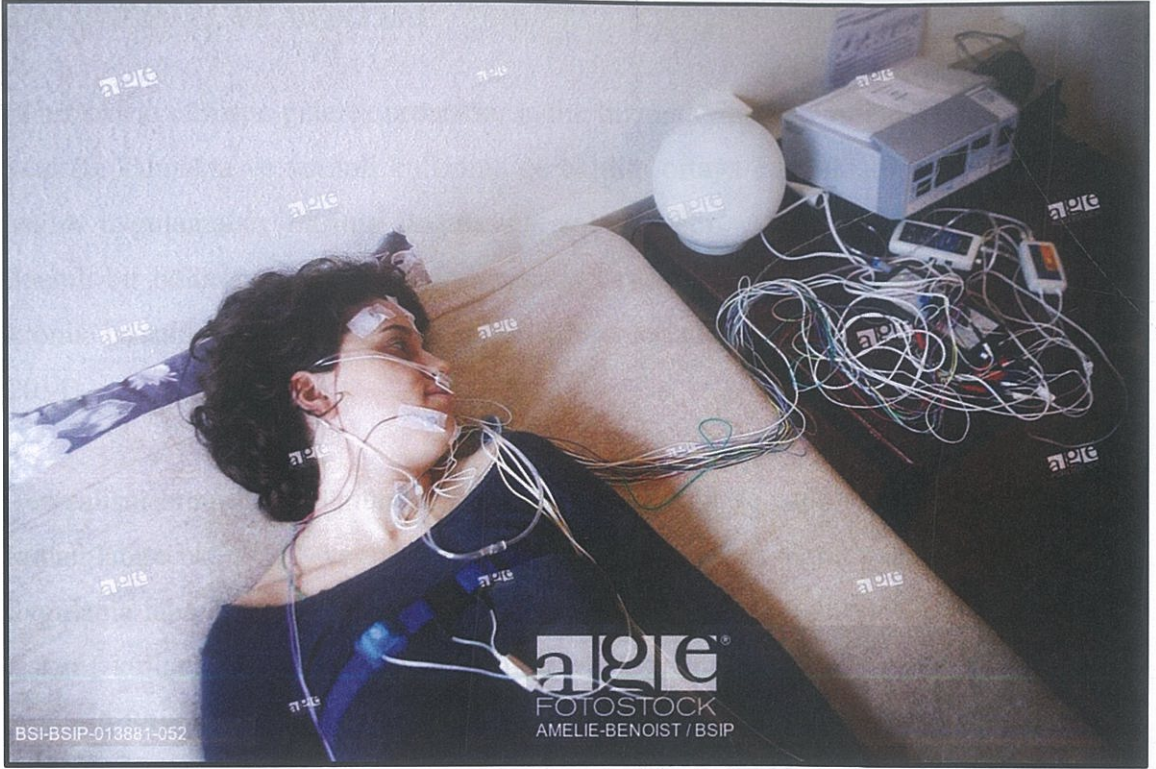
Hipopne, hava akımında minimum 10 saniye süreyle % 50 azalma, oksijen saturasyonunda düşüş ve nörolojik uyanma (arousal) gelişimi biçiminde tanımlanmaktadır (Numanoğlu ve ark. 1997). Uyku apnesi teşhislerinde polisomnografi (PSG) adı verilen çok sayıda elektrot ve sensörün hastaya bağlandığı bir cihaz kullanılmaktadır. PSG ile hasta verileri kayıt edilmektedir. En az 6 saatlik veri kaydının gerekli olduğu bu yöntemin uygulanması ile ilgili birtakım zorlukları bulunmaktadır.



Şekil 2.12. Uyku apnesinin normal solunumdan farkı (Anonim 2019k)

Ülkemizde ve dünyada uyku merkezlerinin sayısında son yıllarda önemli bir artış olmasına rağmen, gerçek ihtiyacın mevcuttan çok fazla olması nedeniyle uygulamada hala aksaklıklar söz konusudur. Şekil 2.13'te görüldüğü gibi, ilgili uyku verisinin analizinin yapılabilmesi için, hastanın laboratuvar ortamında PSG cihazındaki sensör ve elektrotlara bağlı uyuması şarttır.

İnsani faktörler dikkate alındığında, hastanın konforsuz bir ortamda bu teste tabi tutulması sağlıklı veri üretilmesine engel olabilmektedir. Bunun yanında, bu şartların sağlanması amacıyla yer, personel, teçhizat ve zaman kaynakları ciddi mali boyutlar oluşturabilmektedir. Tüm bu durumlar dikkate alındığında, uyku apnesinin tanısında klasik PSG yöntemi dışında daha az parametre ve ekipmanın kullanıldığı başka yöntemler sürekli olarak araştırılmaktadır (Yıldız ve ark. 2017).



Şekil 2.13. Klasik uyku testi için gereken PSG cihazı ve vücuda bağlı sensörler (Anonim 2019)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Şehirlerdeki nüfusun giderek artmakta, sağlık hizmetlerine erişim için mevcut kaynaklar yetersiz kalmakta ve verimli kullanma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu şartlar, akıllı sağlık uygulamaları fikrinin doğmasına yol açmıştır. Akıllı sağlık uygulamalarının önemli bir bölümü günümüzde ciddi oranda kaynak kullanımına neden olduğu bilinen kronik hastalık takip sistemlerinden ve bileşenlerinden oluşmaktadır (Ortman ve ark 2014).

Tez çalışmasının ilk bölümünde, kronik hastalık takibi ve uzun sürebilen tedavilerinde kullanılacak SpO2 ve nabız değerlerini temel veri olarak alan android mobil uygulama tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, android işletim sistemi kullanan akıllı telefon, giyilebilir ve taşınabilir özellikte pulse oksimetre ve Android Studio 2.2.2 versiyonundaki mobil yazılım geliştirme programı kullanılmıştır. Ayrıca tasarlanan sistemde android mobil uygulaması, Microsoft Structured Query Language (MS SQL) veri tabanı ve Microsoft Visual Studio programları da kullanılmaktadır. Android mobil uygulama ile oluşturulan merkezi bir hasta takip sistemi veri tabanına oksijen saturasyonu ve nabız değerleri gerçek zamanlı gönderilmekte, anlık kayıt yapılmakta ve güncel bilgiler MS SQL üzerinde görüntülenebilmektedir.

3.1. Mobil Uygulama Tabanlı Karar Destek Sistemi

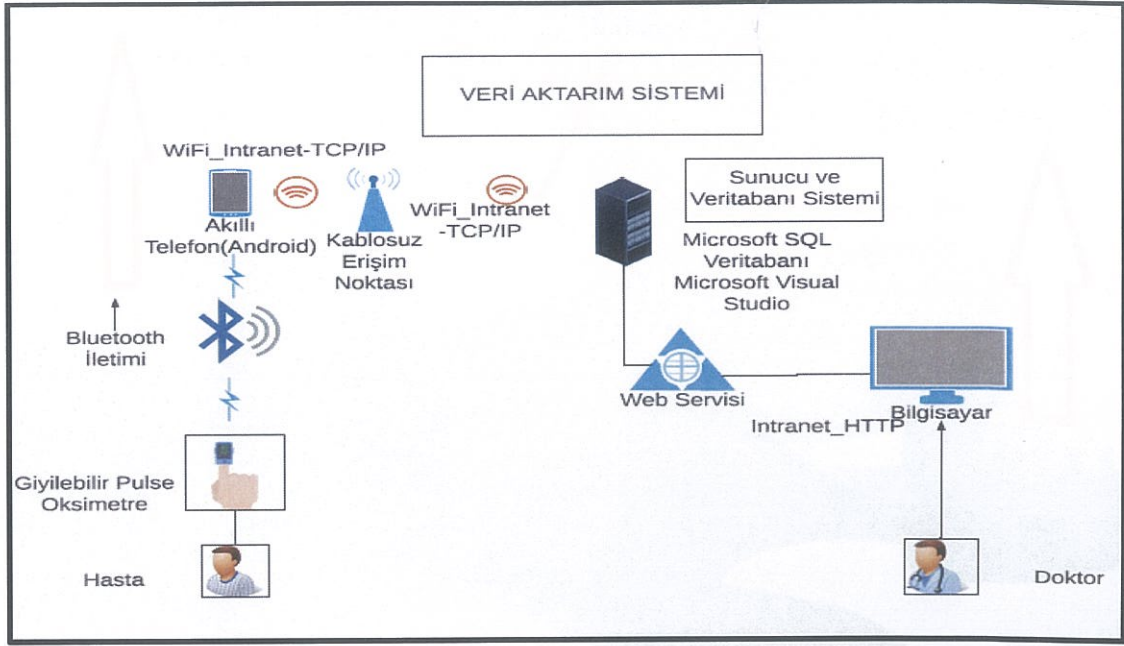
Taşınabilir (mobil) özellikte telefon, pulse oksimetre cihazı ve diğer bileşenlerden yararlanarak uzun süreli takip ve tedavi gerektiren solunum, uyku apnesi ve kalp yetmezliği gibi rahatsızlıkların takibi için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu tezde tasarlanan ve gerçekleştirilen sistem, hekimlerin verileri tek seferde, aynı zamanda geriye dönük olarak raporlama yapabilmelerine olanak sağlamakta ve uzaktan hasta takibine imkân tanımaktadır.

3.1.1. Veri Aktarım Sistemi

Tezde tasarlanan ve Şekil 3.1'de detayları verilen veri aktarım sistemi, SpO2 ve nabız verilerini pulse oksimetre ile ölçer, android işletim sistemine sahip bir cep telefonu ve

mobil uygulama aracılığıyla sisteminin son adımı olan MS SQL veri tabanına kayıt eder.

MS SQL sistemi üzerinde oluşturulan karar destek sistemi kodlarında SpO2 ve nabız değerleri temel değişkenler olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Karar destek sistemindeki veri aktarım sistemine ait blok şema (Yıldız ve Karlık 2018)

3.1.2. Pulse Oksimetre ve Android Yazılım

Sistem tasarlanırken kullanılan pulse oksimetre cihazı Contec marka CMS50FW model bir cihazdır. Bu tıbbi özellikli cihaz, saat gibi takılabilen, sayısal bir ekranı olan, SpO2 ve nabız değerlerini bu ekranda kullanıcının görebildiği, ölçüm probunun parmakta olduğu taşınabilir bir cihazdır. Pulse oksimetre cihazı ve bileşenleri Şekil 3.2’de görülmektedir.

Cihazın güç tüketimi kablosuz pulse oksimetre tasarımında önem arz etmektedir. Güç tüketiminde birincil unsur problemler aracılığıyla alınan verinin görüntü ve grafik haline getirilmesi, ekrana yazdırılması için gerekli güç, ikincil unsur ise kablosuz iletişim için gerekli güç miktarıdır. Pulse oksimetrenin pilli ve şarj edilebilir modelleri mevcuttur. Pulse oksimetrelerde ürünün tasarımını ve maliyetini önemli ölçüde etkileyen bir diğer

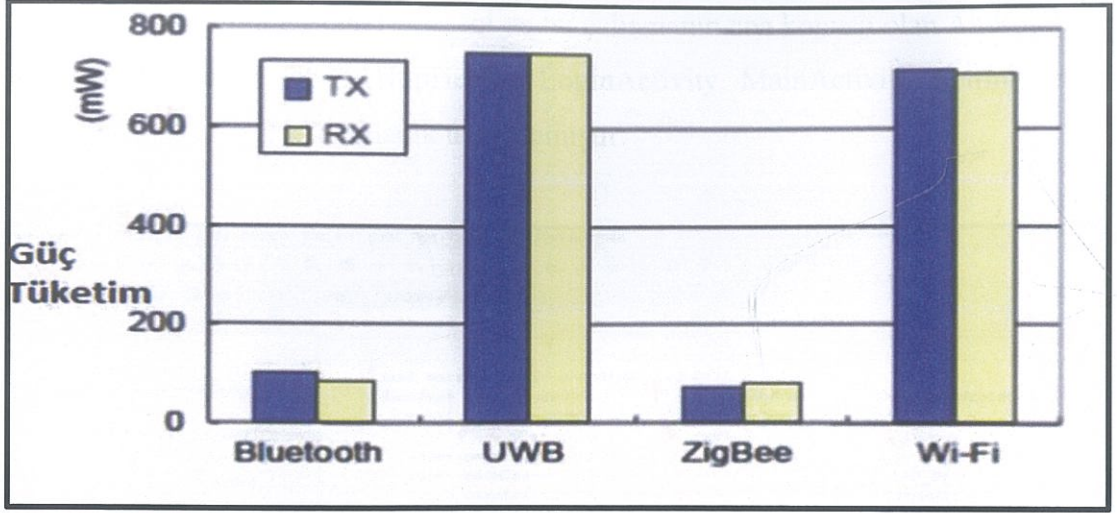
nokta da kablosuz arayüz uyumudur. Belli başlı kablosuz iletişim protokolleri ve örnek bir uygulamada standart güç tüketimleri Şekil 3.3'te verilmiştir (Pothuganti ve Chitneni 2014).



Şekil 3.2. Sistemde kullanılan pulse oksimetre cihazı ve bileşenleri

Şekil 3.3'teki grafik değerlendirildiğinde örnek bir cihazın içerisinde Bluetooth, UWB, Zigbee veya Wi-Fi modüllerin kullanımı söz konusu olduğunda, Bluetooth ve Zigbee protokolleri diğer standartlara göre daha az güç tüketimiyle öne çıkmaktadır. Bu durum, her iki iletim protokolünün, ürün tasarımlarında diğerlerine oranla daha fazla kullanılmalarına neden olmaktadır.

Tezde kullanılan cihaz, parmandan ölçüm yapmak için tasarlanmış olması nedeniyle cihazın ana gövdesi saat biçiminde olup gece ve gündüz kullanımı için pratiktir. Uyku süresince kullanılabilir ve veri toplanabilir. Cihazın normal koşullarda 72 saat boyunca veri kayıt özelliği mevcuttur.



Şekil 3.3. Kablosuz iletim standartları güç tüketim kıyaslaması (Pothuganti ve Chitneni 2014)

Ölçümlerde baz alınacak azami ve asgari değerleri, alarm limitlerini, veri kayıt periyodunu Şekil 3.4'te görülen cihazın arayüzleri ile belirlemek mümkündür. SpO2 ve HR (Heart Rate-nabız) parametre ayarları tıbbi tedavi ve gözlem özelinde değişebileceği için tıbbi referans ile değer verilmelidir. Cihazın hazırda gelen konfigürasyonunda, azami SpO2 % 100; asgari SpO2 % 70; azami kalp atımı 120 bpm; asgari kalp atımı 30 bpm olarak kaydedilmiştir.

Display Parameters

Parameters Setting

Time Interval: H M

All Data

Max SpO2 (%) : 100

Min SpO2 (%) : 70

Max Pulse Rate (bpm) : 120

Min Pulse Rate (bpm) : 30

Max PI (%) : 20.0

Min PI (%) : 0.0

SpO2 Graph Enabled

Pulse Graph Enabled

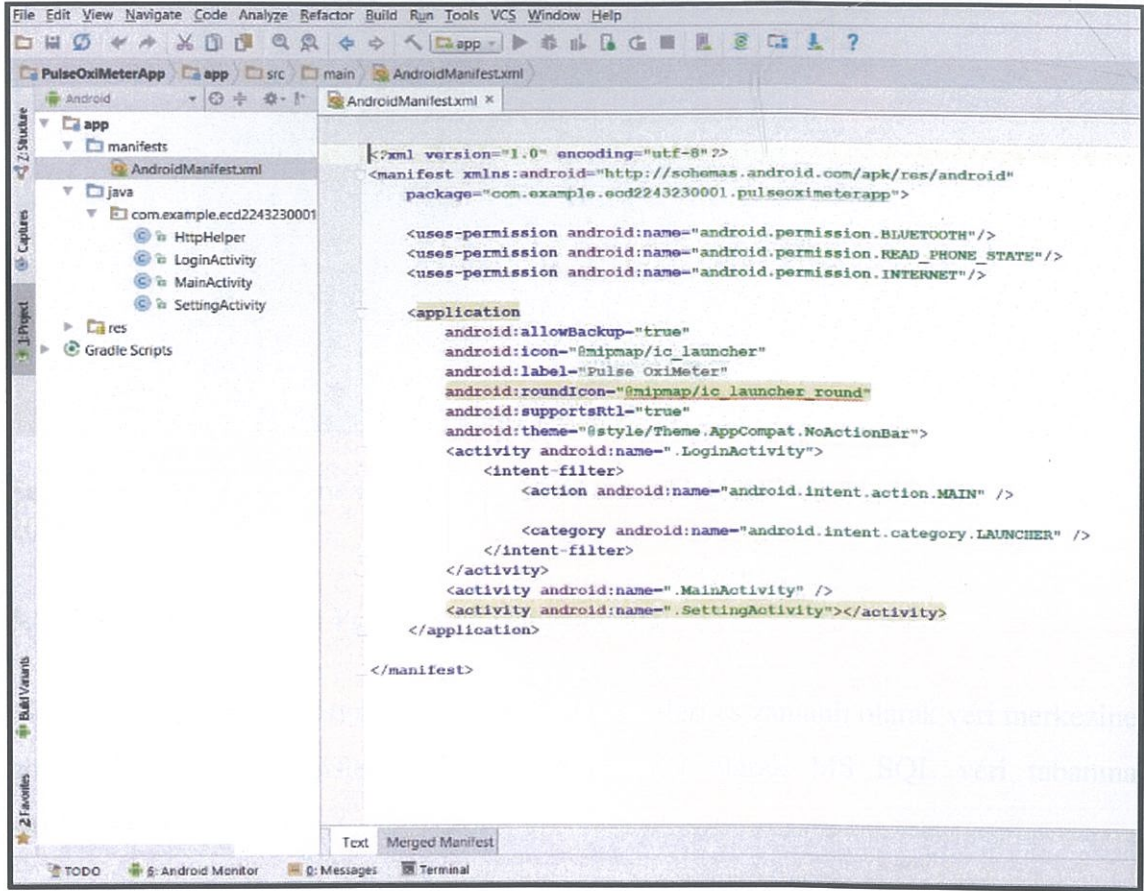
PI Graph Enabled

Smooth Trend

OK Cancel

Şekil 3.4 Contec pulse oksimetre parametre ayarlama menüsü

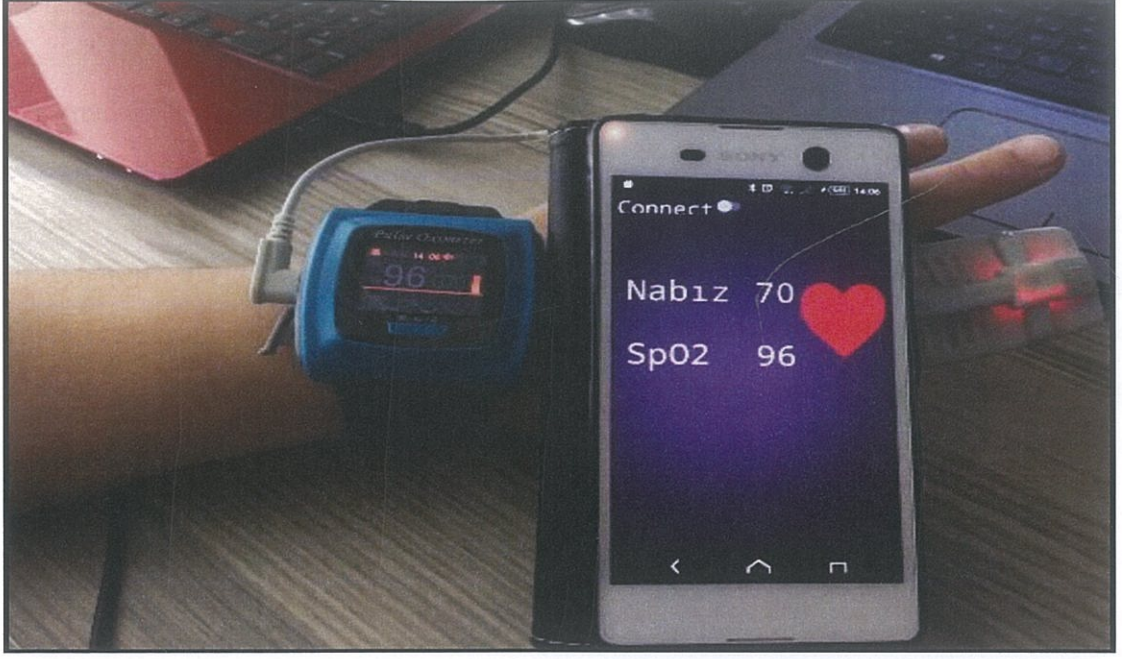
Şekil 3.5'te sistemin bir diğer bileşeni ve bu çalışmanın ana konusu olan Android Mobil uygulamanın dosya yapısı (HttpHelper, LoginActivity, MainActivity, SettingActivity) Android Studio 2.2.2 kullanılarak tasarlanmıştır.



Şekil 3.5 Android Studio 2.2.2 versiyonlu mobil uygulama geliştirici arayüzü

“HttpHelper” dosyası mobil uygulamanın elde ettiği verilerin hangi web adresine gönderileceği bilgisini kapsar. “LoginActivity” dosyası mobil uygulamaya şifreli giriş ekran özelliklerini belirlemektedir. “MainActivity” dosyası mobil uygulamanın çekirdek dosyası olup verilerin hangi formatta ve nereden çekileceğini ve ekranda ne şekilde gösterileceğini belirler. “Setting Activity” uygulamanın kullanacağı Android kütüphanelerini belirler.

Mobil uygulamanın cihaz ile uyumlaştırılması Bluetooth iletim protokolü aracılığıyla yapılmıştır. Şekil 3.6 ile geliştirilen mobil uygulamada anlık olarak pulse oksimetrede ölçülen nabız ve SpO2 değerleri gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.6 Pulse oksimetre ve mobil uygulama anlık ölçüm gösterimi (Yıldız ve Karlık 2018)

3.1.3. Sistemin Çalışma Prensipleri ve Değişkenleri

Mobil cihaz ekranına yazdırılan nabız ve SpO2 verileri eş zamanlı olarak veri merkezine gönderilir ve veriler sisteme aktıkça eş zamanlı olarak MS SQL veri tabanına yazılmaktadır.

Sistem, pulse oksimetre cihazının pil kullanım süresini uzatmak için, kablosuz aktarımını 3 dakika boyunca sürekli yapmakta, daha sonra yeni bir bağlantı kurulabilmesi için Bluetooth sistemini kapamaktadır.

Tezde 6 dakikalık süre Bluetooth iletiminin tekrar bağlantı sonrası devam edip etmediğini de test edebilmek için seçilmiş olup 3 dakikalık veri ile veya daha fazla süreli veri ile inceleme yapılabilmektedir. Bu durumda iki farklı zamanda toplam 6 dakikalık ve veri güncellemesini her 3 saniyede bir yapacak şekilde en az 120 farklı örnek ölçüm değeri hesaplanabilecektir. Sistem eğer 3 saniyelik güncelleme periyodu bitmeden bir önceki değerden farklı bir değer ölçerse bunu da hemen veri aktarım sistemine iletmektedir. Böylece, kronik hasta takiplerinde tıbbi açıdan önemli olabilecek ölçüm değerlerindeki anlık veya belirli süreli değişiklikler ve bu değişikliklerin sıklığı göz ardı edilmemektedir.

3.1.4. MS SQL Kod Yapısı ve Karar Destek Sistemi

Çalışmadaki SpO2 ve nabız limit değerleri uluslararası literatürde kabul gören değerlere göre belirlenmiştir (Yıldız ve Karlık 2018). Buna göre nabız ve SpO2 değerlerinin sağlıklı bir bireye ait alt ve üst limitleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Bu değerler yetişkinler için olmakla birlikte karar destek sistemi ölçümleri raporlayarak hekimlere limit değerlere ne kadar uzak veya yakın olduğu fikrini vermektedir. Sistem; etik değerler dikkate alınarak gerçek hasta ve hastanede denenmemiş olup ölçümler 33 yaşında ve 88 kg ağırlığındaki erkek birey üzerinde yapılmıştır. Beklenen 120 olası ölçüm sonucuna karşılık toplamda 185 zamana ait kayıt veri tabanına işlenmiş olup veriler kayıt edildiği veri tabanı üzerinde en düşük, en büyük ve ortalama değerler türünden raporlanabilmektedir.

Çizelge 3.1. SpO2 ve Nabız Limit Değerleri

LİMİT DEĞERLER		
Parametre	Alt Limit	Üst Limit
SpO2 (%)	95	99
Nabız (bpm)	60	100

Çizelge 3.2 Karar destek sistemi MS SQL kodları

```
SELECT [ID]
,[PatientID]
,[Date]
,[Nabiz]
,[SpO2]
FROM [dbo].[OLCUM]
SELECT DISTINCT [Nabiz] FROM [dbo].[OLCUM] where [Nabiz] between 60 and 100
SELECT DISTINCT [SpO2] FROM [dbo].[OLCUM] where [SpO2] between 95 and 99
GO
SELECT MIN(SpO2)[EnDusukSpO2]
,MIN(Nabiz) [EnDusukNabiz]
FROM [dbo].[OLCUM]
SELECT MAX(SpO2) [EnYukseSpO2]
,MAX(Nabiz)[EnYukseNabiz]
FROM [dbo].[OLCUM]
```

Çizelge 3.2 Karar destek sistemi MS SQL kodları (devamı)

```
SELECT AVG(SpO2) [OrtSpO2]
,AVG(Nabiz) [OrtNabiz]
FROM [dbo].[OLCUM]
GO
```

Çizelge 3.2’de MS SQL üzerinde çalıştırılan KDS’ye ait kodlar gösterilmiştir.

3.2. Uyku Apnesi Mevcudiyet Analizi

Uyku bozukluklarından biri olan uyku apnesinin tanısı, geleneksel olarak bireylerin uyku laboratuvarlarında PSG cihazına bağlanması ve uyku süresi boyunca izlenen 14 farklı parametre ile ilgili ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda konulmaktadır. Ancak bu durum, hareket kısıtlamalı ve yaşlı kişiler için önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu tezde geliştirilen KDY’nin amacı, hekimlerin uyku apnesi teşhisi konusunda uyku laboratuvarlarındaki ileri tetkiklere ihtiyaç duyulup duyulmayacağı tespitini kişiler açısından daha konforlu ortamlarda yapabilmesini sağlamaktır. Ayrıca, KDY belirtilen tipteki kişilerin ileri tetkikler için hastanedeki uyku laboratuvarlarına gelmelerinin gerekli olup olmadığı kararının verilmesi konusunda hekimlere yardımcı olabilecektir. KDY’de ilgilenilen parametre SpO2’dir. SpO2’nin seçilme sebebi, solunumla ilgili olması ve parmağa takılan bir cihazla kolaylıkla ölçülebilmesi nedeniyle kişinin uyku konforunu bozmamasıdır.

Amerikan Ulusal Uyku Araştırmaları Kaynağı’na (National Sleep Research Resource, NSRR) ait Uyku Kalp Sağlığı (Sleep Heart Health, SHH) veri setindeki 100 denekten alınan PSG cihazı çıktıları, MS SQL veri tabanı sunucusuna aktarılmış ve MS SQL kullanılarak tasarlanan KDY ile incelenmiştir. KDY, literatürdeki benzer çalışmaların (Almazaydeh ve ark. 2014) en önemli dezavantajı olarak gösterilen hastane bağımlılığını ortadan kaldırılabileceği, hareket kabiliyeti kısıtlı kişiler için de kullanılabilmesi düşünüldüğü düşünüldüğü geliştirilmiştir. Apne hipopne indeksi (apnea hypapnea index, AHI) adı verilen indeks, apne ve hipopne sayılarıyla orantılı olup çoğunlukla obstrüktif uyku apnesi tespitlerinde kullanılmaktadır (Foroughi ve ark. 2016). Ancak obstrüktif uyku

apnesi, tüm apne tipleri arasında % 85 ile en çok görülen apne türü olduğundan, AHI değeri genel apne tespiti için de kullanılabilir (Sateia 2014). Apne varlığının ve şiddetinin tespitinde kullanılan AHI değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 AHI değerleri ve açıklamaları (Anonim 2019m)

AHI değeri (saatlik)	Açıklama
AHI <5	Normal, sorun oluşturmeyen uyku
$5 \leq \text{AHI} < 15$	Hafif apne sorunları
$15 \leq \text{AHI} < 30$	Orta düzey apne sorunları
AHI ≥ 30	Ciddi apne sorunları

Solunum rahatsızlık indeksi (respiratory disturbance index, RDI) adı verilen bir diğer saatlik indeks de apne tespitinde kullanılmaktadır. Ancak RDI hesaplamalarında, AHI'nın yanı sıra solunum çabasıyla ilgili nörolojik uyanmalar (respiratory effort-related arousals, RERA) da dikkate alınmaktadır. Bu nedenle RDI ve AHI değerleri, her ikisi de apne hesaplamalarında kullanılıyor olsa da farklılık gösterebilmektedir. RDI ve AHI değerleri eğer saatlik olarak 5'in üzerindeyse uyku apnesi sorunları mevcuttur (Foroughi ve ark. 2016).

3.2.1. NSRR Veri Setleri

Amerika Birleşik Devletleri'nde uyku alanındaki önemli ve uzun süreli çalışmalardan olan NSRR, klinik deneyler sonucu elde edilen bulguları içeren 15 farklı veri seti sunmaktadır (Anonim 2019n). Bu çalışmada, SHH veri setinin 1995-1998 yılları arasında 5793 denekten elde edilen verilerden oluşan Uyku Kalp Sağlığı Çalışması 1 (Sleep Heart Health Study 1, SHHS1) alt veri seti kullanılmıştır. İlgili veri setinde, Çizelge 3.4'te gösterilen 14 farklı PSG ölçüm değişkeni mevcuttur. Veri setinde, SpO2 her saniye ölçülmektedir; yani frekansı 1 Hz olarak belirlenmiştir. SpO2 değerleri PSG cihazına bağlı NONIN marka ve parmaktan ölçüm alan pulse oksimetre cihazı ile ölçülmüştür (Anonim 2019n). Veri setinde, ham veri halindeki dosyalarda Çizelge 3.4'te verilen

14 farklı değişken kayıtlı durumdadır. Bu dosyalar ortalama 8,5 saatlik veri içermesi nedeniyle veri tabanında yaklaşık 300 MB alan kaplamakta olup NSRR Gem adlı resmi indirme aracıyla indirilebilmekte ve EDFBrowser gibi veri işleme araçlarıyla işlenebilmektedir.

Çizelge 3.4. SHH veri setindeki PSG ölçüm değişkenleri

No	Değişken	Açıklaması
1	<i>SpO2</i>	Kandaki oksijen oranının yüzdesel ifadesi
2	<i>HR</i>	Kalp atışı
3	<i>EEG(sec)</i>	Elektroensefalografi (saniye ölçüm temelli)
4	<i>ECG</i>	Elektrokardiyografi
5	<i>EMG</i>	Elektromiyografi
6	<i>EOG(L)</i>	Elektrookulogram (sol)
7	<i>EOG(R)</i>	Elektrookulogram (sağ)
8	<i>EEG</i>	Elektroensefalografi
9	<i>THOR RES</i>	Toraks solunum
10	<i>ABDO RES</i>	Abdominal solunum
11	<i>POSITION</i>	Pozisyon
12	<i>LIGHT</i>	Işık
13	<i>NEW AIR</i>	Yeni hava
14	<i>OX Stat</i>	Pulse oksimetre ile alınan oksijen statüsü

Veri setinde teşhis amaçlı kullanılan 1901 farklı indeks değişkeninin listesi “Variables” başlığı altında verilmiş olup uyku apnesi için 447 farklı indeks tanımı yapılmıştır. Veri seti referans değişkenleri olarak Çizelge 3.5’te sunulan “rdi4p”, “rdi5p” ve “ahi_a0h4”

belirlenmiştir. Seçilen veri setinde, “shhs1-dataset-0.13.0” adlı dosyadaki “slp_rdi” değişkeni dikkate alınarak “rdi4p”, “rdi5p” ve “ahi_a0h4” değişkenleri hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.5 Seçilen veri seti değişkenlerinin açıklaması ve formülleri

Değişken	Açıklaması	Hesaplama Formülü (Anonim 2019o)
<i>rdi4p</i>	Oksijen desatürasyonunun % 4 veya daha fazla olduğu tüm apne ve hipopne sayılarının saatlik ortalaması-genel RDI	$rdi4p = 60 * (\underline{hrembp4} + \underline{hrop4} + \underline{hnrbp4} + \underline{hnrop4} + \underline{carbp4} + \underline{carop4} + \underline{canbp4} + \underline{canop4} + \underline{oarbp4} + \underline{oarop4} + \underline{oanbp4} + \underline{oanop4}) / \underline{slpprdp}$
<i>rdi5p</i>	Oksijen desatürasyonunun % 5 veya daha fazla olduğu tüm apne ve hipopne sayılarının saatlik ortalaması-genel RDI	$Rdi5p = 60 * (\underline{hrembp5} + \underline{hrop5} + \underline{hnrbp5} + \underline{hnrop5} + \underline{carbp5} + \underline{carop5} + \underline{canbp5} + \underline{canop5} + \underline{oarbp5} + \underline{oarop5} + \underline{oanbp5} + \underline{oanop5}) / \underline{slpprdp}$
<i>ahi_a0h4</i>	Bütün apne ve hipopne sayılarının saatlik ortalaması – (oksijen desatürasyonunun % 4 veya daha fazla olması dikkate alınmıştır)	$\underline{ahi_a0h4} = 60 * (\underline{hrembp4} + \underline{hrop4} + \underline{hnrbp4} + \underline{hnrop4} + \underline{carbp} + \underline{carop} + \underline{canbp} + \underline{canop} + \underline{oarbp} + \underline{oarop} + \underline{oanbp} + \underline{oanop}) / \underline{slpprdp}$

Oksijen satürasyonundaki düşüş (desatürasyon) yüzdeleri minimum % 4 ve % 5 olan bu değişkenlerin bir saatte ortalama ne kadar sıklıkla tekrar ettiği belirlenerek, yaklaşık RDI ve AHI değerleri veri setinde ilk 100 denek için dosyada bulunarak çalışma altlığı oluşturulmuştur. RDI, “rdi4p” ve “rdi5p” ile temsil edilirken; AHI, “ahi_a0h4” ile temsil edilmiştir. Bu üç değişkenin her birinin hesaplanmasında kullanılan alt değişkenlerin birer anlamları ve veri setinde bir değeri bulunmaktadır. Örnek olarak “ahi_a0h4” değişkeni hesaplama formülündeki alt değişkenler Çizelge 3.6’da detaylarıyla verilmiştir. Görüldüğü üzere apne hipopne indeksine ait bir verinin hesaplaması için merkezi apne,

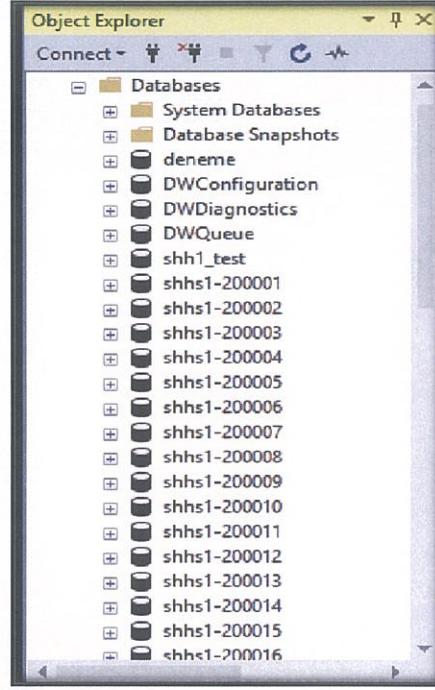
obstrüktif apne, uyku süresi, hipopne sayısı ve buna benzer birçok alt bileşen verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hesaplama formülü, NSRR çalışma grubunca tanımlanmıştır.

Çizelge 3.6 ahi_a0h4 değişkeni hesaplama formülündeki alt değişken açıklamaları

Değişken	Açıklaması
hrembp4	Hipopne sayısı (REM evresi, sırtüstü yatış, oksijen desatürasyonu \geq % 4)
hrop4	Hipopne sayısı (REM evresi, sırtüstü harici yatış, oksijen desatürasyonu \geq % 4)
hnrbp4	Hipopne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü yatış, oksijen desatürasyonu \geq % 4)
hnrop4	Hipopne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü harici yatış, oksijen desatürasyonu \geq % 4)
Carbp	Merkezi apne sayısı (REM evresi, sırtüstü yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Carop	Merkezi apne sayısı (REM evresi, sırtüstü harici yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Canbp	Merkezi apne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Canop	Merkezi apne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü harici yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Oarbp	Okstrüktif apne sayısı (REM evresi, sırtüstü yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Oarop	Okstrüktif apne sayısı (REM evresi, sırtüstü harici yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Oanbp	Okstrüktif apne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Oanop	Okstrüktif apne sayısı (REM evresi dışı, sırtüstü harici yatış, tüm oksijen desatürasyonları)
Slpprdp	Uyku Süresi- slp_rdi

3.2.2. Veri Setinin Veri Tabanına Aktarımı

Tezde, SpO2 değerleri dikkate alınarak bir sonuca varılması hedeflendiği için, seçilen veri setlerinden yalnızca zaman ve SpO2 değerleri filtrelenerek, daha düşük alan kaplayan “txt” uzantılı dosyalara dönüştürülüp MS SQL veri tabanına aktarılmıştır. Şekil 3.7’de MS SQL e aktarılmış 1-16 arası veri setleri görülmektedir.



Şekil 3.7. MS SQL’e aktarılan 1-16 arası veri setleri

3.2.3. KDY ve Algoritması

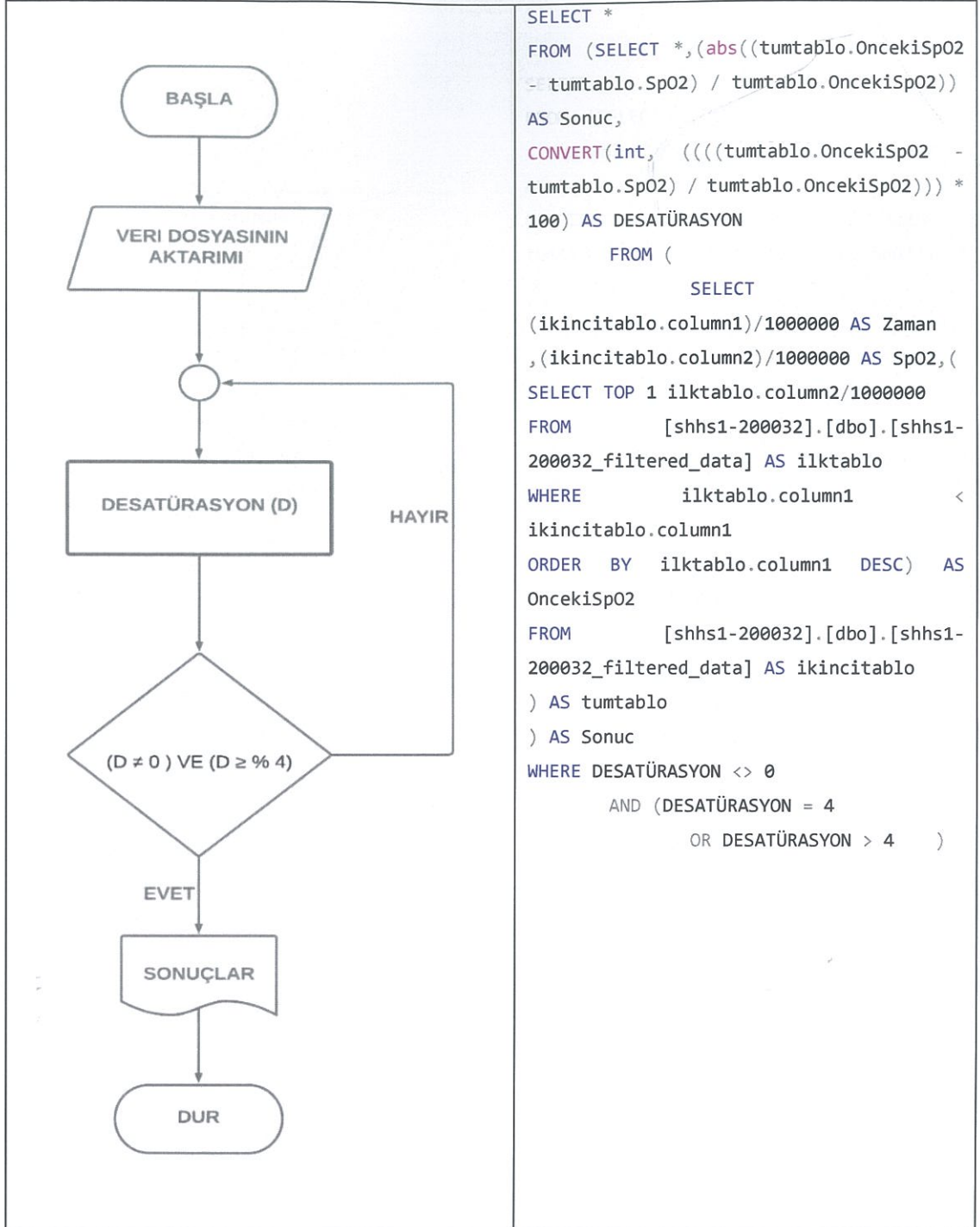
Bu tezde geliştirilen KDY’nin tasarım sürecinde, seçilen veri setinden elde edilen veri tabloları MS SQL veri tabanı sunucusuna aktarılmış; KDY algoritması tasarlanmış; tasarlanan algoritma MS SQL kod yapısında kodlanmış ve çıktıları elde edilmiştir. KDY, % 4 ve % 5’lik oksijen desatürasyonlarına odaklanmaktadır. % 4 ve % 5’lik oksijen desatürasyon sayıları hesaplanarak, bu hesaplamalardan RDI ve AHI değerlerine ulaşılmıştır. İlgili değerler, SHHS1 veri setindeki değerler ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda, tasarlanan yazılımın çoklu ölçüm yöntemleri ile benzerlik yüzdesi hesaplanmış ve sonuçlar tartışılmıştır. KDY algoritması akış diyagramı Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. KDY algoritmasında, shhs1-20000x_filtered_data

dosyalarından 1.-100. arasındaki tüm dosyalar MS SQL veri tabanına aktarılmaktadır. Aktarılan dosyalar, “Zaman” ve “SpO2” olmak üzere ikişer sütundan oluşmaktadır. Tablolardaki ardışık SpO2 değerleri kullanılarak, desatürasyon değeri (x) ile belirlenmektedir. (3.1)’den elde edilen değer, rdi4p ve ahi_a0h4 değişkenleri için % 4’e eşit veya büyük koşulunu sağlıyorsa; rdi5p değişkeni için ise, % 5’e eşit veya büyük olma koşulunu sağlıyorsa ekranda gösterilir. KDY algoritması akış diyagramına karşılık gelen MS SQL sorgu kodları da yine Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de verilmiştir.

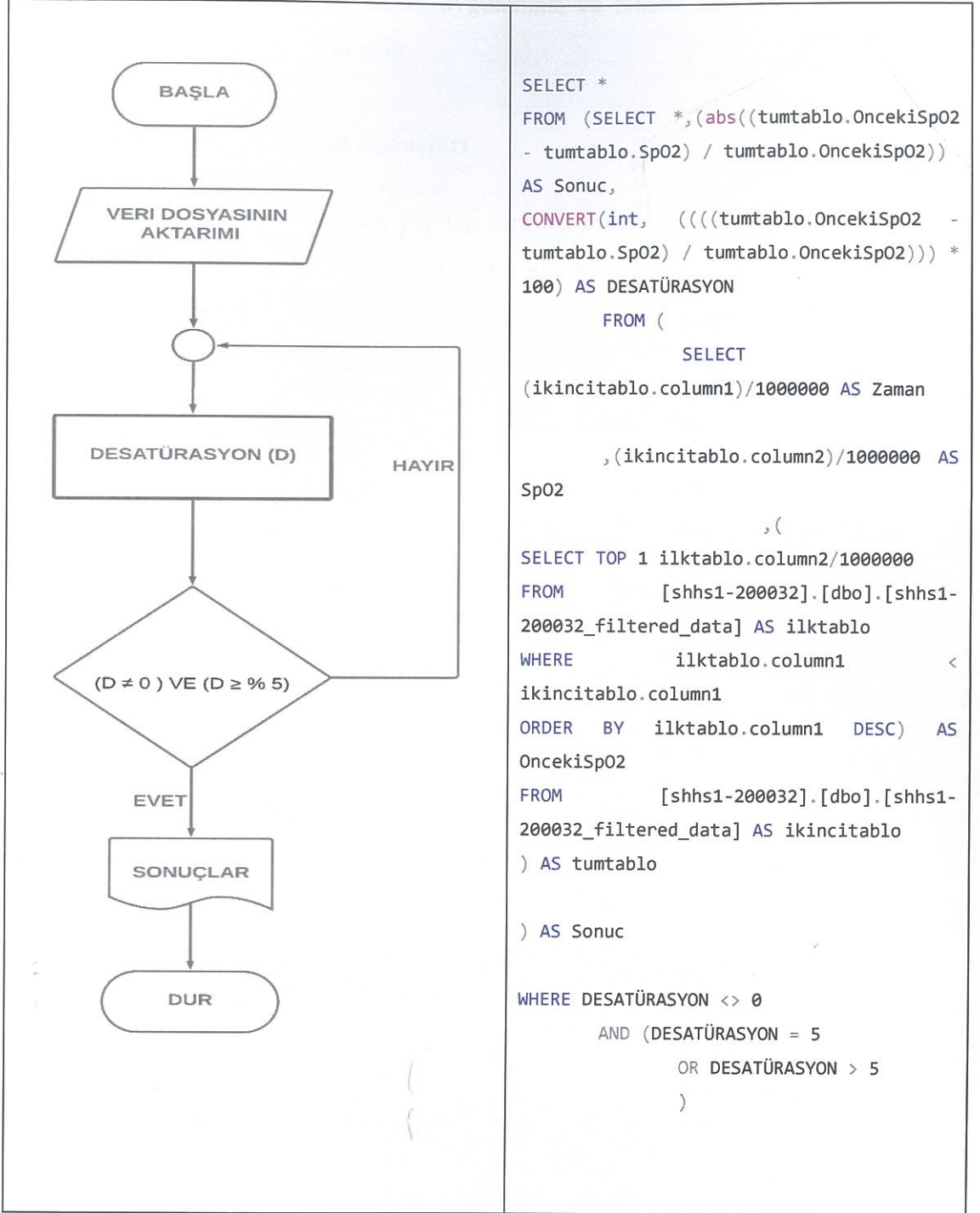
$$D = \frac{x_2 - x_1}{x_1} * 100 \quad (3.1)$$

(3.1)’de D, Desatürasyon; x2, Önceki SpO2; x1, mevcut SpO2 değerleridir.

Çizelge 3.7. % 4'lük değişim için KDY algoritması akış diyagramı ve ilgili MS SQL sorgu kodu (Yıldız ve Karlık 2019)



Çizelge 3.8. % 5'lik değişim için KDY algoritması akış diyagramı ve ilgili MS SQL sorgu kodu (Yıldız ve Karlık 2019)



```

SELECT *
FROM (SELECT *,(abs((tumtablo.OncekiSp02
- tumtablo.Sp02) / tumtablo.OncekiSp02))
AS Sonuc,
CONVERT(int, (((tumtablo.OncekiSp02
- tumtablo.Sp02) / tumtablo.OncekiSp02))) *
100) AS DESATÜRASYON
FROM (
SELECT
(ikincitablo.column1)/1000000 AS Zaman
, (ikincitablo.column2)/1000000 AS
Sp02
) AS
tumtablo
SELECT TOP 1 ilktablo.column2/1000000
FROM [shhs1-200032].[dbo].[shhs1-
200032_filtered_data] AS ilktablo
WHERE ilktablo.column1 <
ikincitablo.column1
ORDER BY ilktablo.column1 DESC) AS
OncekiSp02
FROM [shhs1-200032].[dbo].[shhs1-
200032_filtered_data] AS ikincitablo
) AS tumtablo
) AS Sonuc
WHERE DESATÜRASYON <> 0
AND (DESATÜRASYON = 5
OR DESATÜRASYON > 5
)

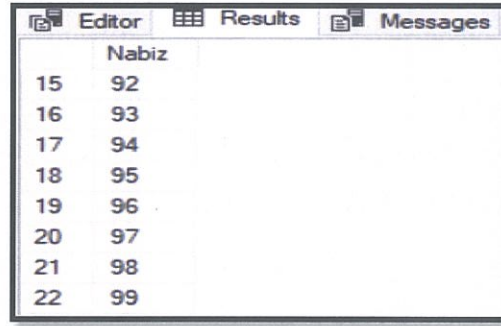
```

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde geliştirilen mobil sağlık uygulaması ve NSRR ile çalışılan uyku apnesi analizi sonuçları ortaya konmaktadır.

4.1. Mobil Sağlık Uygulaması Sonuçları

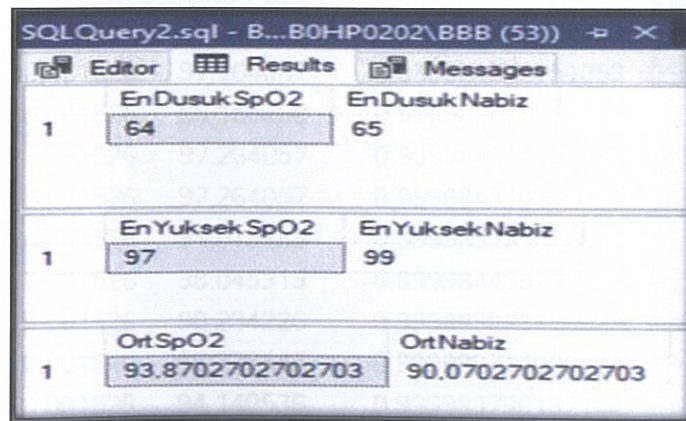
Şekil 4.1'deki limit değerlere göre yapılan sorguda toplam 22 farklı nabız değeri tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de tekrar eden verinin bir kez gösterildiği tablonun 15-22. kayıtlar arası gösterimi sunulmuştur.



	Nabiz
15	92
16	93
17	94
18	95
19	96
20	97
21	98
22	99

Şekil 4.1. 185 adet nabız ölçüm kayıtlarından 15-22 arası kayıtların gösterimi

Şekil 4.2'de ise 6 dakikalık ölçümde kayıt edilen 185 adet nabız ve SpO2 verisinin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri gösterilmektedir.



	EnDusuk SpO2	EnDusuk Nabiz
1	64	65
	EnYuksek SpO2	EnYuksek Nabiz
1	97	99
	OrtSpO2	OrtNabiz
1	93.8702702702703	90.0702702702703

Şekil 4.2. SpO2 ve Nabız ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler

4.2. KDY Uyku Apnesi İncelemesi

Bu inceleme sonucunda, “uyku apnesi riski yok” tespitinde, KDY’nin NSRR ile % 76 düzeylerinde eşleşme oranlarına sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuç, geliştirilen KDY’de, hekim kararlarını destekleme potansiyeli bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 4.3’te, % 4 ve % 5 desatürasyonlar için hesaplanan 15 farklı veri değişikliğini gösteren örnek bir MS SQL sorgu çıktısı verilmiştir. Şekil 4.3’te, “OncekiSpO2” bir önceki ve “SpO2” bir sonraki SpO2 verisini; “Zaman” sütunu ilgili desatürasyonun olduğu saniyeyi; “DESATÜRASYON” sütunu da değişim oranını ifade etmektedir. Seçilen veri setlerindeki SpO2 desatürasyon değerlerinin, genellikle nefesin tamamen kesilmesi olarak gerçekleşmesi nedeniyle, % 95 civarındaki değerlerden % 0’a yakın değerlere düşüş şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Örneğin birinci satırdaki 0,001526 SpO2 değeri 24406. saniyedeki SpO2’nin yeni değeri değeridir. Bu durumda, birinci satırdaki SpO2 değerinin 95,312428’den 0,001526’ya düşmüş olduğu görülmektedir. Buna benzer 15 farklı desatürasyon gerçekleşmiştir.

	Zaman	SpO2	OncekiSpO2	Sonuc	DESATÜRASYON
1	24406	0,001526	95,312428	0,999983989496102	99
2	24420	0,001526	91,015488	0,999983233622831	99
3	25567	0,001526	76,169986	0,999979965862144	99
4	92	0,001526	95,312428	0,999983989496102	99
5	171	0,001526	96,092164	0,999984119412692	99
6	192	0,001526	98,045319	0,999984435768933	99
7	16977	0,001526	97,264057	0,999984310751093	99
8	17050	0,001526	85,154498	0,999982079631307	99
9	24540	0,001526	97,264057	0,999984310751093	99
10	1743	0,001526	97,264057	0,999984310751093	99
11	1758	0,001526	91,015488	0,999983233622831	99
12	23689	0,001526	98,045319	0,999984435768933	99
13	23712	0,001526	90,234226	0,999983088456923	99
14	23740	0,001526	88,279545	0,999982714002434	99
15	23803	0,001526	94,140536	0,999983790192144	99

Şekil 4.3. Örnek MS SQL sorgu çıktısı

Çizelge 4.1. Değişkenler ve hesaplama formülleri

Değişken	Formül
rdi4p	$rdi4p = (\text{SpO2 düşüş sayısı}) / slp_rdi$
rdi5p	$rdi5p = (\text{SpO2 düşüş sayısı}) / slp_rdi$
ahi_a0h4	$ahi_a0h4 = (\text{SpO2 düşüş sayısı}) / slp_rdi$

Sorgu çıktısında tespit edilen toplam desatürasyon sayısı, Çizelge 4.1’de formülleri verilen “rdi4p”, “rdi5p” ve “ahi_a0h4” değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Çizelge 4.1 formüllerindeki “slp_rdi” değeri için, NSRR veri setindeki “shhs1-dataset-0.13.0” adlı dosyadaki “slp_rdi” değişkeni dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.2’de % 4 ve % 5’lik değişim sayıları özet tablo halinde gösterilmiştir. KDY çıktıları ile NSRR veri setlerinin kendi hesapladığı değerler “apne riski var/yok” durumları için karşılaştırılarak eşleşme oranları belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. 100 adet veri setinde tespit edilen oksijen desatürasyon sayıları

Denek Veri Seti Kodu	% 4’lük SpO2 Desatürasyon Sayısı	% 5’lik SpO2 Desatürasyon Sayısı
shhs1-200001	28	27
shhs1-200002	53	53
shhs1-200003	18	17
shhs1-200004	16	16
shhs1-200005	7	6
...
shhs1-200032	15	15
...
shhs1-200099	19	18
shhs1-200100	11	10

Apne riskinin varlığı durumu için karşılaştırma yapılırsa, “rdi4p” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 48, KDY’ye göre 16 adet deneğin; “rdi5p” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 28, KDY’ye göre 14 adet deneğin; “ahi_a0h4” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 45, KDY’ye göre 18 adet deneğin apne riski bulunmaktadır. Apne riskinin yokluğu durumu için karşılaştırma yapılırsa, “rdi4p” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 52, KDY’ye göre 36 adet deneğin; “rdi5p” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 72, KDY’ye göre 55 adet deneğin; “ahi_a0h4” değişkeni baz alındığında, NSRR veri setine göre 55, KDY’ye göre 41 adet deneğin apne riski bulunmamaktadır. Yukarıdaki karşılaştırmalardan yola çıkarak NSRR veri seti sonuçları ile KDY sonuçlarının eşleşme oranları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. NSRR veri seti-KDY eşleşme sayıları

	Apne Risk Durumu (Var/Yok)		
	rdi4p	rdi5p	ahi_a0h4
NSRR Veri Seti	100 (48 Apne riski var/ 52 Apne riski yok)	100 (28 Apne riski var/ 72 Apne riski yok)	100 (45 Apne riski var/ 55 Apne riski yok)
NSRR Veri Seti ile Eşleşen KDY Sonuçları	100/52 (16 Apne riski var/ 36 Apne riski yok)	100/69 (14 Apne riski var/ 55 Apne riski yok)	100/59 (18 Apne riski var/ 41 Apne riski yok)

Çizelge 4.3’teki veriler, apne riski olan ve olmayan toplam 100 denek üzerinde NSRR-KDY eşleşme sayılarını göstermektedir. Apne riski olmayan deneklerde, NSRR-KDY eşleşme yüzdesi “rdi4p” değişkeninde % 69,23 (36/52); “rdi5p” değişkeninde % 76,38 (55/72); “ahi_a0h4” değişkeninde % 74,54 (41/55) olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, KDY’nin apne riski olmayan deneklerin tespitinde, yaklaşık 4 denekten 3’ünde başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. NSRR veri seti sonuçları ile KDY sonuçları arasındaki farklılıkların temel nedeni, NSRR veri seti sonuçlarının Çizelge 3.4’te verilen ve PSG cihazı tarafından ölçülen 14 ayrı değere göre elde edilirken KDY’de yalnızca SpO2 verisinin dikkate alınmasıdır.

5. SONUÇ

Bu tezde, bir mobil sağlık uygulaması çerçevesinde, uyku apnesi mevcudiyet analizi çalışması gerçekleştirilerek NSRR veri seti ile eşleşme oranları belirlenmiştir.

Bu tezde, özellikle hareket kabiliyeti zayıf olan ve uyku apnesi şüphesi taşıyan kişilerde, buldukları ev ortamında yapılacak ölçümlerle, hastanedeki uyku laboratuvarında yapılacak ileri tetkiklere ihtiyaç duyulup duyulmayacağı konusunda hekim kararına destek verebilecek bir KDY geliştirilmiştir. KDY'nin SpO2 parametresini temel alma nedeni, SpO2'nin solunumla ilgili olması ve parmağa takılan bir cihazla kolaylıkla ölçülebilmesi sebebiyle kişinin uyku düzenini bozmamasıdır.

Mobil sağlık uygulaması ölçeğinde tıbbi tanı koymada pulse oksimetre tek başına yeterli olmamaktadır; ancak yapılan araştırmalar ve verilen örnekler dikkate alındığında, SpO2 ve nabız ölçümlerinin taşınabilir, anlık veya istenilen zamanda yapılabilmesi ve bunların raporlanabilmesi hasta tanı ve tedavi takip süreçlerine önemli bir katkı sunmaktadır.

Geliştirilen KDY'den elde edilen sonuçlar NSRR veri setinde bulunan sonuçlarla karşılaştırıldığında, uyku apne riskinin bulunmadığı durumlarda KDY-NSRR eşleşme oranı, "rdi5p" değişkeninde % 76,38 seviyesinde bulunmuştur. Bu oran, KDY'nin hareket kabiliyeti zayıf hastanın hastaneye gelmesine gerek olup olmadığı konusunda hekim kararını destekleyebilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Tasarlanan sistem geliştirilerek özellikle sürekli hastane ziyaretlerinin mümkün olmadığı uyku bozuklukları, solunum yetmezliği, KOAH, astım, kalp rahatsızlığı gibi uzun süreli rahatsızlıkların takip ve tedavileri de yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, A., Adjero, D. 2014.** *Social media analytics for smart health, IEEE Intelligent Systems published by IEEE Computer Society, 1541-1672/14: 60-80.*
- Acartürk, E., 2009.** Koah hastalarındaki oksijen saturasyonunun pulse oksimetre ile tesbitinin arter kan gazı tetkiki ile korelasyonu ve bu korelasyonu etkileyen faktörler, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Sağlık Bakanlığı, Süreyyapaşa göğüs hastalıkları ve göğüs cerrahisi eğitim ve araştırma hastanesi, İstanbul.
- Almazaydeh, L., Elleithy, K., Faezipour M., 2014.** A highly reliable and fully automated classification system for sleep apnea detection. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4(3): 66-70.
- Alvarez, D., Gutierrez GC., Marcos, JV., Del Campo, F., Hornero R., 2010.** Spectral analysis of single-channel airflow and oxygen saturation recordings in obstructive sleep apnea detection. 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology, 31 August- 4 September 2010. Buenos Aires, Argentina.
- Ananth, S., Sathya, P., Madhan Mohan, P., 2019.** Smart health monitoring system through IOT. International Conference on Communication and Signal Processing, 4-6 April, 2019. India
- Anonim, 2014a.** World's population increasingly urban with more than half living in urban areas. <https://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>-(Erişim Tarihi: 05.07.2019).
- Anonim 2014b,** Turkcell İletişim Hizmetleri, <https://www.youtube.com/watch?v=tUn06BSDCKQ> – (Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2017a.** Urban population (% of total population) <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>-(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2017b.** Evidence report: risk of injury and compromised performance due to eva operations. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170002574.pdf>-(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2018.** T.C. Sağlık Bakanlığı 2018 Yılı faaliyet raporu. <https://sgb.saglik.gov.tr/Dkmanlar/TC%20Sa%C4%9Fl%C4%B1k%20Bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu%202018.pdf> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019a. What are Smart Cities? <https://www.iso.org/sites/worldsmartcity/> - (Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019b. ITU-T, Smart Sustainable Cities at a Glance. <https://www.itu.int/en/ITU-T/ssc/Pages/info-ssc.aspx> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019c. GOAL 11: SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES. <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019ç. Akıllı Şehir Bileşenleri. <https://www.sehirsizin.com/Documents/Deloitte-Vodafone-Akilli-Sehir-Yol-Haritasi.pdf> - (Erişim Tarihi: 05.07.2019)

Anonim, 2019d. 2019 Global health care outlook: shaping the future. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-hc-outlook-2019.pdf>-(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019e. KardiaPro: remote patient monitoring that doesn't waste your time. <https://clinicians.alivecor.com/> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim 2019f. E-nabız hakkında. <https://enabiz.gov.tr/Yardim/Index> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019g. Learn More About ThingSpeak. https://thingspeak.com/pages/learn_more -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019ğ. Technology: how it works? <https://www.vitascan.me/technology-> (Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019h. Digital 2019, <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates> -(Erişim tarihi: 05.07.2019)

Anonim, 2019ı. Additional vital signs: pulse & SpO2 , <https://www.realfirstaid.co.uk/pulse> – (Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019i. Kanın yapısı ve görevleri. <https://ankara.baskenthastaneleri.com/tr/tani-tedavi-birimlerimiz/kan-merkezi/kanin-yapisi-ve-gorevleri> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

Anonim, 2019j. Medikal Ürün İncelemeleri- Pulse Oksimetre. <http://www.sporeczaciligi.org/medikal-urun-incelemeleri-pulse-oksimetre/> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).

- Anonim, 2019k.** Uyku Apnesi Nedenleri Belirtileri ve Tedavisi. <https://www.engindegirmenci.net/uyku-apnesi-nedenleri-belirtileri-ve-tedavisi/>-(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2019l.** (<https://www.agefotostock.com/age/en/Stock-Images/Rights-Managed/BSI-Bsip-013881-052> – (Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2019m.** Understanding results, <http://healthysleep.med.harvard.edu/sleep-apnea/diagnosing-osa/understanding-results> –(Erişim tarihi: 05.07.2019)
- Anonim, 2019n.** Technical Notes on SHHS1. <https://sleepdata.org/datasets/shhs/pages/08-equipment-shhs1.md> –(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Anonim, 2019o.** Variables. <https://sleepdata.org/datasets/shhs/variables/> /-(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Bollom, M., Xu, K., Renfrew, J., Johnson, J., Bautista, G., 2010.** Wireless pulse oximetry. <http://bmedesign.engr.wisc.edu/projects/file/?fid=1518> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Canneson, M., Talke, P., 2009.** Recent advances in pulse oximetry. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2948314/pdf/1757-5931-0001-0000000066.pdf> - (Erişim tarihi: 05.07.2019)
- Cohen, B., 2011.** <https://boydcohen.impress.ly/#!/books> -(Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Consolvo, S., 2012.** Designing for healthy lifestyles: design considerations for mobile technologies to encourage consumer health and wellness. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 6(3-4): 167-315.
- DeKeles, J., 2012.** Our Vision. Smart Cities Council, <http://smartcitiescouncil.com/article/our-vision> -(Erişim tarihi:05.07.2019).
- Eysenbach, G. 2001.** What is e-health? *Journal of Medical Internet Research*, 3(2): e20.
- Fatima, M., Pasha, M., 2014.** Survey of machine learning algorithms for disease diagnostic. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*. 9: 1-16.
- Foroughi, M., Razavi, H., Malekmohammad, M., Naghan, P.A., Jamaati, H., 2016.** Diagnosis of obstructive sleep apnea syndrome in adults: a brief review of existing data for practice in Iran, *National Research Institute of Tuberculosis and Lung Disease, Iran*, 15(2): 70-74.

- Garde, A., Dekhordi, P., Petersen, C.L., Ansermino, J.M., Dumont, G.A., 2017.** Detecting obstructive sleep apnea in children by self-affine visualization of oximetry. 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). 11-15 July 2017, Seogwipo, South Korea.
- Güler, E., Eby, G. 2015.** Akıllı Ekranlarda Mobil Sağlık Uygulamaları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*,4(3):45-51.
- Köktürk, O., 1998.** Uykuda solunum bozuklukları; tarihçe, tanımlar, hastalık spektrumu ve boyutu. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi*, 46(2): 182- 187.
- Kushida, C.A., Littner, M.R., Morgenthaler, T., 2005.** Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005, *PubMED*, 28: 499-521.
- Lopez, S., 2012.** Pulse oximeter fundamentals and design. <https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN4327.pdf> -(Erişim tarihi: 05.07.2019)
- Numanoğlu, N., Acıcan, T., Ur, Ö., 1997.** Uyku apnesi sendromu. In:Numanoğlu N(ed) Solunum Sistemi ve Hastalıkları. *Antip*, 468-476.
- Ortmann, S., Langendoerfer, P., Brzozowski, M., 2014.** Wireless sensor networks: a key enabling technology for remote healthcare: System design for remote healthcare, Editörler: Maharatna, K., Bonfiglio, S., New York, USA, pp:201-227.
- Perez, M. B., Diaz, T. I., Coronado, L. M., 2013.** Mobile health applications for the most prevalent conditions by the world health organization: review and analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 14;15(6): e120.
- Perez-Martinez, P.A., Di Pietro, R., Perrea, D.N., Martinez-Balleste, A. 2014.** Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, August 2014: 74-81.
- Pothuganti, K., Chitneni, A., 2014.** A comparative study of wireless protocols: bluetooth, UWB, zigBee, and wi-fi, *Advance in Electronic and Electric Engineering*.4(6):655-662.
- Renta, P.T., Sotiriadis, S., Petrakis, E. G. M., 2017.** Healthcare sensor data management on the cloud. Proceedings of ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, Washington, DC, USA.
- Richmond, S., Reay, G., Harb, M.A., 2002.** Routine pulse oximetry in the asymptomatic newborn, *Arch Dis Child Fetal Neonatal*, 87:83-88.

- Sahadan, Dg Z., Davey, M.J., Rosemary, S.C.H., Nixon, G.M., 2015.** Improving detection of obstructive sleep apnea by overnight oximetry in children using pulse rate parameters, *Sleep Breath*, 19:1409-1414.
- Sallabi, F., Shuaib, K., 2016.** Internet of things network management system architecture for smart healthcare. 2016 Sixth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications (DICTAP), 21-23 July, 2016, Konya, Turkey.
- Sateia, M. J., 2014.** International classification of sleep disorders, *American Academy of Sleep Medicine*, 3rd ed., Illinois.
- Sevinç, G., Kantar Davran, M., Sevinç, M.R. 2018.** Türkiye’de kırdan kente göç ve göçün aile üzerindeki etkileri. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 3(6): 70-82.
- Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I.S., Ramos, V., Falcone, F., Postolache, O., 2014.** Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 74-81.
- Watthanawisuth, N., Lomas, T., Wisitsoraat, A., Tuantranont, A., 2010.** Wearable pulse oximeter for health monitoring based on zigbee mesh network. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5491421> – (Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Wei, Q., Acuna, G., Kim, S., Vietz, C., Tseng, D., Chae, J., Shirl, D., Luo, W., Tinnefeld, P., Ozcan, A., 2017.** Scientific reports: plasmonics enhanced smartphone fluorescence microscopy, <https://innovate.ee.ucla.edu/wp-content/uploads/2010/03/Ozcan-Group-Plasmonics-MobilePhone-2017-with-SI.pdf> - (Erişim tarihi: 05.07.2019).
- Wright, C., Davey, A., Elmore, N., Carter, M., Mounce, L., Wilson, E., Campbell, J., 2017.** Patients’ use and views of real-time feedback technology in general practice. *Health Expectations*, 20(3): 419-433.
- Valmari, P., 2006.** Should pulse oximetry be used to screen for congenital heart disease? *Arch Dis Child Fetal Neonatal*, 2007: 219-224.
- Yetkin, U., Karahan, N., Gürbüz, A., 2002.** Klinik uygulamalarda pulse oksimetre, *Van Tıp Dergisi*, 9(4): 126-133.
- Yıldız, M., Tabak, Z., Yetkin, S., 2017.** Kalp seslerinden uyku apnesi tespit edilebilir mi? *Journal of Turkish Sleep Medicine*, 4:16-21.

Yıldız, Ö., Karlık, S.E., 2019 Oksijen Satürasyon Değerini Temel Alan Uyku Apnesi Mevcudiyet Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(2): 393-404

Yıldız, Ö., Karlık, S.E., 2018. Oksijen Satürasyon ve Nabız Değerlerini Temel Alan Mobil Uygulama Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi. 26. Sinyal ve İletişim Uygulamaları Konferansı (SIU), 2-5 Mayıs 2018, İzmir.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M., 2014. The internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1): 22-32.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer YILDIZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bergama-14.04.1984
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bergama Akif Ersezgin Anadolu Lisesi
Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum : Bursa Büyükşehir Belediyesi- Akıllı Şehircilik ve
İnovasyon Dairesi Başkanlığı / Osmangazi-Bursa

İletişim (e-posta) : omer.yildiz.ist@gmail.com

Yayınları :

Yıldız, Ö., Karlık, S.E., 2018. Oksijen Satürasyon ve Nabız Değerlerini Temel Alan Mobil Uygulama Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi. 26. Sinyal ve İletişim Uygulamaları Konferansı (SIU), 2-5 Mayıs 2018, İzmir.

Yıldız, Ö., Karlık, S.E., 2019. Oksijen Satürasyon Değerini Temel Alan Uyku Apnesi Mevcudiyet Analizi, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(2): 393-404.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	ÖMER YILDIZ
Tez Adı	AKILLI SAĞLIK UYGULAMALARI İÇİN BİR UZAKTAN HASTA TAKİP SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ
Enstitü	FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Anabilim Dalı	ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Tez Türü	YÜKSEK LİSANS
Tez Danışman(lar)ı	DOÇ. DR. SAİT ESER KARLIK
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 17.10.2019
İmza : 