



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**OKSİJEN SATURASYONU, NABİZ VE
SICAKLIK DEĞERLERİNİ İZLEMELİK İÇİN
GIYİLEBİLİR CİHAZ VE MOBİL
UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ**

Mert TURANLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Mert TURANLI tarafından hazırlanan “OKSİJEN SATURASYONU, NABİZ VE SICAKLIK DEĞERLERİNİ İZLEMELİK İÇİN GİYİLEBİLİR CİHAZ VE MOBİL UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması 23/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Burak TATAR

.....

Danışman

Doç. Dr. İlhan İLHAN

.....

Üye

Doç. Dr. Barış GÖKÇE

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU
FBE Müdürü

Dr. Öğr. Üyesi Emrehan YAVŞAN bu tez çalışmasının ikinci danışmanıdır. Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 221219004 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza
Mert TURANLI

Tarih: 23/06/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OKSİJEN SATURASYONU, NABIZ VE SICAKLIK DEĞERLERİNİ İZLEMELİK İÇİN GİYİLEBİLİR CİHAZ VE MOBİL UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ

Mert TURANLI

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. İlhan İLHAN

2023, 57 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Burak TATAR

Doç. Dr. İlhan İLHAN

Doç. Dr. Barış GÖKÇE

Covid-19 virüsü tüm dünyayı kritik bir şekilde etkisi altına almıştır. Yayılma hızı ve sürekli değişen özelliği nedeniyle milyonlarca insanı etkilemiş ve milyonlarca da can almış tehlikeli bir virüsdür. Hastalığın etkisini azaltmak ve kontrol altına almak için uygulanabilir çözümlerden biri potansiyel enfekte hastanın önceden belirlenmiş bir konumda karantinaya alınmasıdır. Fakat bazı Covid-19 hastaları kendilerini iyi hissettikleri bir anda “sessiz hipoksi” adı verilen ve sonucunda ciddi solunum sıkıntılarına sebep olabilen bir komplikasyon geçirebilirler. Bu tez çalışmasında karantinadaki Covid-19 hastasının hayati değerlerini ölçmek ve sessiz hipoksi riskini düşürmek için bir bileklik ve parmaklık ile bu cihaz ile senkronize çalışan bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bileklik ve parmaklık; vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 değerlerini ölçmek için çeşitli medikal sensörleri, bir mikrodenetleyiciyi ve bir bluetooth modülünü içermektedir. Geliştirilen mobil uygulamayla anlık veya programlanabilen belirli aralıklarla vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 ölçümü yapılabilmektedir. Ölçülen bu değerler kaydedilip üzerlerinde çeşitli analizler gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca sonuçlar istenilen kişiye veya ilgili hekime e-posta aracılığıyla gönderilebilmektedir.

Mobil uygulama arayüzünün basit ve kullanımının kolay olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Bileklik ve parmaklık ile akıllı mobil cihaz arasındaki iletişim bluetooth üzerinden yapılmıştır. Akıllı mobil cihaz, geliştirilen mobil uygulama aracılığıyla kayıt, kontrol ve gösterge cihazı olarak kullanılmıştır. Böylece, bileklik ve parmaklık kullanıcısının hayati değerleri anlık olarak izlenebilmiştir. Hatta, holter cihazı gibi, hayati değerlerin günün belirli zamanlarında ve belirli aralıklarla kayıt altına alınması sağlanabilmiştir. Hayati değerler ön tanımlı risk seviyesine ulaştığında veya geçtiğinde alarm sesiyle bildirim yapılabilmektedir. Geliştirilen cihaz; vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 değerleri için hem bir ölçüm aleti hem de bir holter özelliği taşımaktadır. Bu özellik hastane veya ev ortamında hem hasta hem de yakını tarafından aktif olarak kullanılabilir.

Geliştirilen cihaz, ticari bir pals oksimetreyle karşılaştırılarak test edilmiştir. Her iki ölçüm cihazıyla farklı kişilerden yapılan SpO2 ölçümlerinde en fazla %3.1, nabız ölçümlerinde ise en fazla %6.8 hata değerlerine ulaşılmıştır. Vücut sıcaklığı ölçüm testlerinde %0.2 - %1.0 hata değerleri gözlenmiştir. Bu testler uzman bir sağlık personeli gözetiminde yürütülmüş ve hata değerleri ticari pals oksimetre referans alınarak hesaplanmıştır.

Covid-19 virüsü Aralık 2019’da Vuhan’da ortaya çıkmış ve o günlerden itibaren tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Aşılama çalışmaları pandeminin etkisini azaltsa da Delta, Omikron gibi mutant virüslere karşı belirsizlik hâlâ devam etmektedir. Bu belirsizlik, Covid-19 hastalığına yakalananların belirli bir süre daha hayatımızda olacağı anlamına gelmektedir. Geliştirilen bileklik ve parmaklık ile mobil uygulamayla karantinadaki hastaların hayati değerlerinin uzaktan sürekli olarak izlenmesi hastalığın diğer

hasta yakınlarına bulaşma riskini azaltacaktır. Ayrıca sunulan sistemle sessiz hipoksi gibi ciddi durumlara karşı önlem alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışma akıllı mobil cihazlar kullanılarak yapılması düşünülen Covid-19 ile ilgili diğer teletıp sistemlerine örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, Karantina, Hayati Belirtiler, Holter, Kablosuz İletişim

ABSTRACT

MS THESIS

DEVELOPMENT OF WEARABLE DEVICE AND MOBILE APPLICATION TO MONITOR OXYGEN SATURATION, PULSE AND TEMPERATURE VALUES

Mert TURANLI

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İlhan İLHAN

2023, 57 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Ahmet Burak TATAR

Assoc. Prof. Dr. İlhan İLHAN

Assoc. Prof. Dr. Barış GÖKÇE

The Covid-19 virus has critically affected the entire world. Due to its rapid spread and constantly changing nature, it has impacted millions of people and proved to be a dangerous virus, claiming millions of lives. One of the feasible solutions to mitigate the impact of the disease and bring it under control is to quarantine potentially infected individuals in a predetermined location. However, some Covid-19 patients may experience a complication called 'silent hypoxia' which can lead to severe respiratory distress, even when they feel well. This thesis, a mobile application that works in sync with this device with a wristband and fingertip was developed to measure the vital values of the Covid-19 patient in quarantine and to reduce the risk of silent hypoxia. The wristband and the fingertip consists of various medical sensors, a microcontroller, and a Bluetooth module to measure body temperature, pulse, and SpO2 values. With the developed mobile application, real-time or programmable interval measurements of body temperature, pulse, and SpO2 can be performed. These measured values can be recorded and subjected to various analyses. Additionally, the results can be sent to the desired individual or relevant healthcare practitioner via email.

Special attention has been given to ensuring that the mobile application interface is simple and user-friendly. Communication between the wristband and fingertip and the smart mobile device is established through Bluetooth. The smart mobile device is utilized as a recording, control, and display device through the developed mobile application. As a result, the vital signs of the wristband and the fingertip user can be monitored in real-time. Furthermore, similar to a Holter device, the recording of vital signs at specific times of the day and at specific intervals has been enabled. When vital signs reach or exceed pre-defined risk levels, an alarm notification can be triggered. The developed device serves both as a measurement tool for body temperature, pulse, and SpO2 values, as well as a Holter feature. This feature can be actively utilized by both the patient and their caregiver in a hospital or home setting.

The developed device has been tested by comparing it with a commercial pulse oximeter. Maximum error values of 3.1% were reached in SpO2 measurements made by different people with both measurement devices, and maximum 6.8% error values were reached in pulse measurements. 0.2% - 1.0% error values were observed in body temperature measurement tests. These tests were carried out under specialist health personnel and the error values were calculated with reference to the commercial pulse oximeter.

The Covid-19 virus emerged in December 2019 in Wuhan and has since impacted the entire world. Although vaccination efforts have reduced the impact of the pandemic, uncertainties still remain, particularly with mutant viruses like Delta and Omicron. This uncertainty implies that Covid-19 will continue to be present in our lives for a certain period. The developed wristband and fingertip and mobile

application enable the continuous remote monitoring of vital signs for patients in quarantine, reducing the risk of transmission to other individuals. Moreover, the presented system takes precautions against serious conditions such as silent hypoxia. The conducted study serves as an example of using smart mobile devices in other telemedicine systems related to Covid-19.

Keywords: Covid-19, Quarantine, Vital Signs, Holter, Wireless Communication

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimde değerli yönlendirmeleriyle yoluma ışık tutan ve çalışmaktan keyif aldığım danışmanım Doç. Dr. İlhan İLHAN'a ve ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Emrehan YAVŞAN'a teşekkür ederim.

Yardıma ihtiyaç duyduğumda yardımcı olacaklarına inandığım bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Sadece lisansüstü eğitimimde değil hayatımın her alanında beni destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu süreçte yanımda olan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mert TURANLI
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER	viii
ÇİZELGELER	ix
KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
2.1. Bileklik ve Parmaklık	6
2.1.1. Kontrol Ünitesi	7
2.1.2. Pals Oksimetre	8
2.1.3. Sıcaklık Algılayıcısı.....	9
2.1.4. Kablosuz Haberleşme Modülü	9
2.2. Akıllı Mobil Cihaz.....	10
3. BİLEKLİĞİN VE MOBİL UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ	11
3.1. Bileklik ve Parmaklığın Geliştirilmesi	11
3.1.1. Algılayıcı Verilerinin Okunması	12
3.1.2. Prototipleme Süreci.....	13
3.1.2.1. Tasarım ve Modelleme Süreci	13
3.1.2.2. Üretim ve Montaj	13
3.2. Kontrol Ünitesi Yazılımının Geliştirilmesi.....	14
3.3. Mobil Uygulama Arayüz Programının Geliştirilmesi	15
3.3.1. Ana Pencere	16
3.3.2. Anlık Ölçüm Penceresi.....	17
3.3.3. Kayıtlı Ölçümler Penceresi.....	18
3.3.4. Uzmanla Gönder Penceresi	18
3.3.5. Ayarlar Penceresi.....	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	21
4.1. Karşılaştırma Testi.....	21
4.2. Bağlantı ve Gönderim Testi	22
4.3. Saha Testi	22
4.4. Batarya Dayanım Testi	23
4.5. Maliyet Analizi.....	25
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	27

6. KAYNAKLAR.....	28
EKLER	32
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Geliştirilen sistemin çalışma şekilleri (a) Hasta tarafından, (b) Hastanın yakını tarafından ölçümlerin yapılması.....	6
Şekil 2.2. Bileklik ve parmaklık prototiplerinin temel bileşenleri	7
Şekil 3.1. Sunulan bileklik ve parmaklığın elektriksel devre şeması.....	12
Şekil 3.2. Algılayıcı verilerinin okunması ve LCD ekran üzerinde sırasıyla (a) SpO ₂ , (b) Nabız ve (c) Sıcaklık verilerinin izlenmesi	12
Şekil 3.3. Muhafaza bileşenleri. (a) Bileklik bileşenlerinin yerleştirileceği muhafaza kutusu (b) Parmaklık	13
Şekil 3.4. Üretilen ve montajlanan bileklik ve parmaklık prototipi	14
Şekil 3.5. Kontrol ünitesi genel akış şeması	15
Şekil 3.6. Ana pencere ve bu penceredeki geçiş butonları	16
Şekil 3.7. Anlık Ölçüm penceresi	17
Şekil 3.8. Kayıtlı Ölçümler penceresine ait görüntüler	18
Şekil 3.9. Uzmana Gönder penceresine ait görüntüler	19
Şekil 3.10. Ayarlar penceresine ait görüntüler.....	20
Şekil 4.1. Uzman sağlık personeli tarafından gerçekleştirilen bileklik ve parmaklık ile mobil uygulamanın testi	23
Şekil 4.2. Holter modunda 12 saat boyunca yapılan ölçümler	25

ÇİZELGELER

Çizelge 4.1. Geliştirilen cihaz ve ticari pals oksimetrenin karşılaştırılması.....	21
Çizelge 4.2. Geliştirilen cihaz ile literatürdeki benzer çalışmaların karşılaştırılması.....	22
Çizelge 4.3. Dahili batarya ile holter modunda batarya ömür testi.....	24
Çizelge 4.4. Kablolü güç kaynağı ile uzun süreli holter modu ölçüm testi.....	25
Çizelge 4.5. Maliyet hesabı.....	26

KISALTMALAR

Kısaltmalar

Covid-19	: Coronavirus Disease 2019 (Koronavirüs Hastalığı 2019)
ECG	: Electrocardiogram (Elektrokardiyogram)
HTML	: Hypertext Markup Language (Köprü Metni İşaretleme Dili)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IR	: InfraRed (Kızılötesi)
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
LoRaWan	: Long Range Wide Area Network (Uzun Menzilli Geniş Alan Ağı)
mAh	: Miliamper Hour (Miliamper Saat)
MERS	: Middle East Respiratory Syndrome (Orta Doğu Solunum Sendromu)
NB-IoT	: Narrowband Internet of Things (Dar Bant Nesnelerin İnterneti)
NoSQL	: Not Only Structured Query Language (Yalnızca Yapısal Sorgu Dili Olmayan)
OLED	: Organic Light-Emitting Diode (Organik Işık Yayan Diyot)
PPG	: Photoplethysmogram (Fotopletizmogram)
PRbpm	: Pulse Rate and beats per minute (Dakikada Nabız Sayısı ve Atım Sayısı)
SARS	: Severe Acute Respiratory Syndrome (Ağır Akut Solunum Sendromu)
SAR-CoV-2	: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (Ağır Akut Solunum Sendromu Korona Virüsü 2)
SpO2	: Saturation of Peripheral Oxygen (Periferik Oksijenin Doygunluğu)

1. GİRİŞ

Aralık 2019'un sonlarında, Çin'in Wuhan kentinde nedeni bilinmeyen bir dizi pnömoni, yaygın adıyla zatürre vakası bildirilmeye başlanmıştır (He ve ark., 2020). Bu bildirimlerden ateş, öksürük ve nefes darlığı gelişen bir grup hastada yapılan araştırmalar sonucunda Covid-19 virüsü 13 Ocak 2020 tarihinde ilk kez tanımlanmıştır. İlerleyen süreçte virüsün yarasalardan ortaya çıktığı ve bilinmeyen aracı hayvanlar ile insanlara bulaştığı tespit edilmiştir (Singhal, 2020). Virüs daha sonra insandan insana bulaşarak Wuhan başta olmak üzere Hubei eyaletindeki diğer şehirlere, Çin Halk Cumhuriyeti'nin çeşitli eyaletlerine ve diğer dünya ülkelerine yayılmıştır. Pandemiye dönüşen korona virüsün insanlarda soğuk algınlığından Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromuna (SARS) kadar şiddetli solunum yolu enfeksiyonlarına neden olduğu bilinmektedir. SAR-CoV-2 virüsünün neden olduğu bu hastalığa karşı aşı çalışmaları geliştirilmiş olsa da koronavirüs halen günümüzde etkisini ve mutasyonlarını devam ettiren ciddi bir hastalık olarak kabul edilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020).

Covid-19 belirtisi olmaksızın hastaneye başvuran hastaların, önemli bir kısmının göğüs röntgenlerinden aslında Covid-19'a bağlı zatürreden muzdarip oldukları anlaşılmıştır (Levitan, 2020). Ayrıca, bu hastaların çoğunun ciddi derecede düşük oksijen doygunluğu seviyesine sahip oldukları gözlenmiştir. Hastaların göğüs ağrısı ve önemli derecede solunum güçlüğü hissedecekleri normal zatürreden farklı olarak, Covid-19 zatürresi başlangıçta hastalarda belirgin bir nefes alma güçlüğüne neden olmaz. Bunun yerine, oksijen eksikliğine bağlı ve tespit edilmesi zor olan sessiz hipoksiye neden olur (Teo, 2020). Sessiz hipoksi, Covid-19 hastalarının nefes darlığı olmaksızın yaşamla uyumsuz O₂ seviyeleri olarak tanımlanır (Yıldız ve ark., 2021). Covid-19 hastaları nefes darlığı yaşadıklarını fark ettiklerinde, durumları zaten önemli ölçüde orta ile şiddetli zatürre seviyelerine ulaşmış demektir (Wilkerson ve ark., 2020). Covid-19 hastalarında, nefes darlığı yaşanmaya başlamadan önce bu sessiz hipoksi formunun tespit edilmesi, zatürrenin tehlikeli bir seviyeye ilerlemesini önlemek adına kritik öneme sahiptir. Çözüm, bu hastaların oksijen doygunluk seviyelerindeki bu ilk düşüşü tespit edebilmektir (Mortaz ve ark., 2020). Covid-19 zatürresinin erken tespiti, şu anda Covid-19 hastaları için %80 ölüm oranıyla sonuçlanan entübasyon ve mekanik ventilasyon gibi oldukça invaziv yöntemlerle tedavi edilmelerini önleyebilir.

Toplumu etkileyen bir hastalık ve sorun olan Covid-19'un alışveriş merkezleri gibi toplu kullanım alanlarında çeşitli projeler veya cihazlarla tetkik ve takip edilmesine olanak sağlanmıştır. Bu kullanım alanlarında; vücut sıcaklığını ölçen cihazlar (ateş ölçerler) ve termal kameralar aktif kullanılmaktadır. Kamal ve ark. (2020) Covid-19 hastalığının tespitinde kullanılan cihazlar ve sistemler üzerine geniş çaplı bir inceleme çalışması yürütmüşlerdir.

Salgının dünya genelindeki etkisi arttıkça Covid-19 enfekte hastaların durumunun analiz edilmesi ve izlenmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ganesh ve ark. (2021, 2022), IoT tabanlı, taşınabilir, uygun maliyetli ve kalp atış hızı ile SpO2 seviye ölçümü gerçekleştirebilen bir cihaz geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri cihaz, OLED ekran ile ölçüm sonuçlarını izleme fırsatı sunmaktadır. Aynı zamanda ölçüm sonuçları bir mobil uygulama yerine bir HTML sayfasından gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Cihazları, taşınabilir olmasına rağmen giyilebilir kullanım için uygun değildir. Dhadge ve Tilekar (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, Covid-19 hastalarının hastalık sürecini takip etmek için giyilebilir bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, nabız, vücut ısısı ve oksijen doygunluk seviyesi ölçümlerine ek olarak hastanın huzursuzluğunu da tespit edebilmektedir. Bunu, hastanın el hareketlerini izleyerek gerçekleştirmektedir. Cihazın ölçümünü yaptığı hayati değerler, sisteme entegre edilmiş bir ledin yanıp sönmesi ve bluetooth tabanlı bir mesajlaşma protokolüyle kullanıcılara bildirilmektedir.

Santos ve ark. (2021) da izolasyon servislerindeki Covid-19 enfekte hastaları izlemek amacıyla giyilebilir bir cihaz geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri cihaz, hastaların kalp atış hızını tahmin etmek ve bu değeri bluetooth üzerinden iletmek için giyilebilir bir göğüs bandı ile parmağa takılan bir nabız oksimetresini içermektedir. Bu cihazla ayakta tedavi sürecinin hızlandırılması amaçlanmıştır. Sunulan cihazın giyilebilir olmasına rağmen taşınabilirlik özelliği sınırlıdır, Dolayısıyla ev ortamında kullanımı kısıtlıdır.

Khan ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise; yine Covid-19 hastalığının izlenmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Arduino kullanılarak nabız, vücut sıcaklığı ve kandaki oksijen doygunluk seviyesi ölçülebilmektedir. Ölçüm sonuçları bir LCD ekran aracılığıyla takip edilebilmektedir. Ayrıca, bu sonuçlar bluetooth aracılığıyla bir mobil yazılıma gönderilebilmektedir. Fakat sundukları cihazın giyilebilirliği düşüktür.

Al Bassam ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada IoT tabanlı bir Covid-19 takip cihazı geliştirilmiştir. Bu çalışma üç katmanda/kısımda incelenebilir. Birinci katman, giyilebilir teknolojiyi içermektedir. Bu katmanda GPS kullanılarak konum tespiti

yapılmakta, vücut sıcaklığı, nabız ve kandaki oksijen doygunluk seviyesi (SpO₂) ölçülmektedir. İkinci katman, bulut katmanı olarak adlandırılmaktadır ve bu katmanda mikrodenetleyiciden alınan ölçüm sonuçlarıyla birlikte hastanın semptomları, acil durum iletişim bilgileri ve konum verileri kaydedilmektedir. Bu katman, güvenli bir şekilde hasta kaydına erişim sağlamaktadır. Son katmanda ise, gerçek zamanlı veri almak için bir arayüz geliştirilmiştir. Bu katmanda hem web hem de mobil yazılım arayüzleri bulunmaktadır. Geliştirilen arayüzler sayesinde, acil durumlar için e-posta/SMS uyarıları gönderilerek ölçüm sonuçlarına erişim sağlanabilmektedir.

Petrovic ve Kocic (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Arduino ile kontrol edilen kızılötesi sensör ve Raspberry Pi'ye bağlanmış bir termal kamera kullanılarak bilgisayarlı görü işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, toplu kullanım alanlarında bireylerin maske takıp takmama durumları, vücut sıcaklıkları ve sosyal mesafeyi temassız bir şekilde kontrol etmek amacıyla yapılmıştır. Raspberry Pi'den alınan veriler, ana sunucuya iletilerek ardından mobil yazılım aracılığıyla güvenlik görevlisinin telefonuna gönderilmektedir. Böylece güvenlik görevlisi potansiyel bir Covid-19 vakasını önlemiş olacak ve toplu kullanım alanlarında maske takma, vücut sıcaklığı ve sosyal mesafe kontrolleri hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

Bu tez çalışmasında karantinadaki bir Covid-19 hastasının vücut sıcaklığı, nabız ve SpO₂ değerlerini ölçmek için bir bileklik ve parmaklık tasarlanmış, üretilmiş ve test edilmiştir. Bileklik ve parmaklık, çeşitli medikal algılayıcıları, bir adet mikrodenetleyiciyi ve bir adet bluetooth modülünü içermektedir. Bileklik ve parmaklık ile akıllı mobil cihaz arasındaki iletişim bluetooth üzerinden kablosuz olarak yapılmaktadır. Akıllı mobil cihaz, geliştirilen mobil uygulama aracılığıyla kayıt, kontrol ve gösterge cihazı olarak kullanılmaktadır. Böylece, Covid-19 hastasının hayati değerleri anlık olarak, hastanın kendisi veya yakını (örneğin yan odadaki) tarafından akıllı mobil cihaz yardımıyla ölçülebilmektedir. Hatta bir holter cihazı gibi, hayati değerlerin günün belirli zamanlarında ve belirli aralıklarla kayıt altına alınması sağlanabilmektedir. Hastanın hayati değerleri ön tanımlı risk seviyesine ulaştığında hasta veya yakını, alarm sesiyle anında uyarılabilmektedir. Geliştirilecek cihaz; vücut sıcaklığı, nabız ve SpO₂ değerleri için hem bir ölçüm aleti hem de bir holter özelliği taşımaktadır. Bu özellik hem hasta hem de yakını tarafından kullanılabilir. Konuyla ilgili yapılan araştırmalar sonucunda yazarların bilgisine göre literatürde daha önce bu şekilde yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu konudaki benzer çalışmalar, genellikle, IoT tabanlı giyilebilir cihazlar olarak sunulmuştur. Bu cihazlarla, karantinadaki Covid-19 hastasının

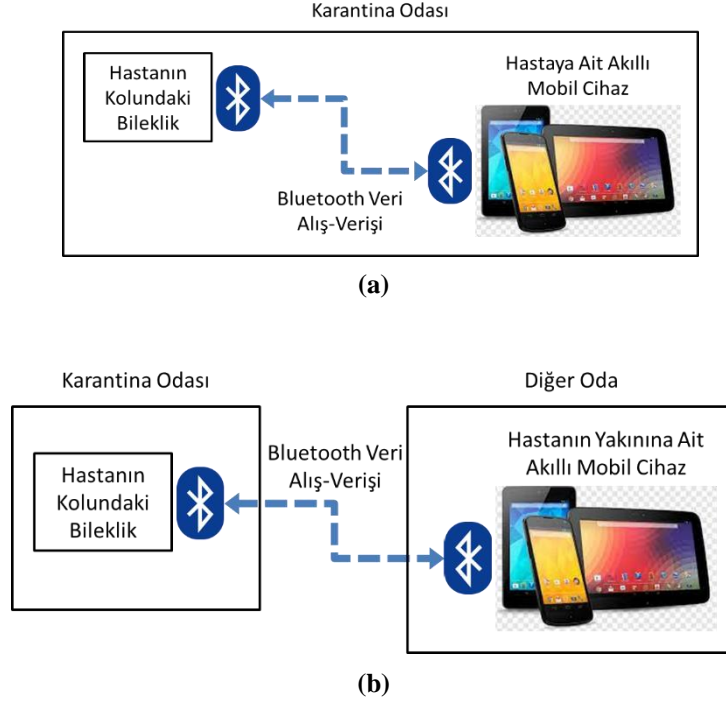
vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 gibi hayati değerleri, internet üzerinden ön tanımlı sürelerde kaydedilerek erişime açılmıştır. Böylece hastanın hayati değerlerinin takibi internet üzerinden sağlanmıştır.

Mobil İletişim Araçları ve Bilgi Teknolojileri İş Adamları Derneği'nin (MOBİSAD) İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi iş birliğiyle hazırladığı Mobil İletişim Sektörü Raporu'na (2020) göre Türkiye'deki yetişkinlerin %77'si akıllı telefon (tabletler hariç) kullanmaktadır. Bu orandan, akıllı mobil cihazlar göz önünde bulundurularak geliştirilen her türlü uygulama ve donanımın, insanların yaygın ve ciddi sağlık problemlerine çözüm olarak kullanılabilmesi düşüncesi çıkarılabilir. Bu düşünceden hareketle, sessiz hipoksinin erken tespiti ve dolayısıyla Covid-19 zatürresinin erken teşhisi için bir holter cihazı geliştirilmiştir. Covid-19 virüsü ile mücadelede insanların akıllı mobil cihazlara olan ilgisi kullanılmak istenmiştir.

Aşılama çalışmaları Covid-19 pandemisinin etkisini azaltsa da Delta, Omikron gibi mutant virüslere karşı belirsizlik devam etmektedir. Bu belirsizlik, Covid-19 hastalığına yakalananların belirli bir süre daha hayatımızda olacağını göstermektedir. Karantinadaki hastaların hayati değerlerinin uzaktan sürekli olarak izlenmesi hastalığın diğer hasta yakınlarına bulaşma riskini azaltmaktadır. Yapılan erken uyarı sistemi sayesinde sessiz hipoksi gibi ciddi durumların önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca, bu sistem akıllı mobil cihazlar kullanılarak yapılması düşünülen Covid-19 ile ilgili diğer teletıp sistemlerine örnek teşkil edecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

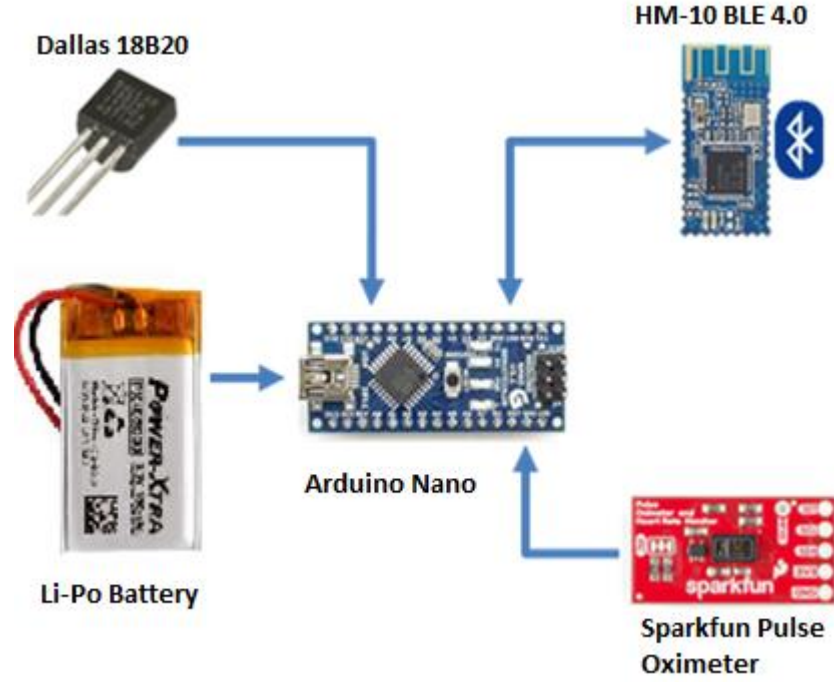
Bu tez çalışmasında, karantinadaki bir Covid-19 hastasının hayati değerlerini ölçmek için tablet ve telefon gibi akıllı mobil cihazlarla uyumlu bir bileklik ve parmaklık geliştirilmiştir. Bileklik ve parmaklık; hastanın vücut sıcaklığını, nabzını ve SpO2 değerini ölçen medikal algılayıcıları, bir adet mikrodenetleyiciyi ve bluetooth modülünü içermektedir. Mikrodenetleyici vasıtasıyla algılayıcılardan alınan sinyaller, ticari cihazlardan okunan değerlere göre kalibre edilmektedir. Bileklik ve parmaklığın kullanım kolaylığı, taşınabilirlik, hassasiyet açısından optimum tasarıma sahip olmasına özen gösterilmiştir. Bileklik ve parmaklık ile ölçülen değerlerin öncelikle bilgisayarda geliştirilen bir deneme programı üzerinden; takibi, anlık ve belirli aralıklarla kaydı, listelenmesi veya grafik üzerinden gösterilmesi sağlanmıştır. Bilgisayar üzerindeki takip, kayıt ve görüntüleme işlemlerinden sonra telefon ve tablet gibi akıllı mobil cihazlar için mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu sayede hastanın hayati değerleri, hastanın kendisi veya yakını tarafından anlık olarak ölçülebilmektedir. Akıllı mobil cihazdaki bu uygulama yardımıyla, bilgisayar üzerindeki deneme programında olduğu gibi, anlık veya programlanabilen belirli aralıklarla (holter cihazı gibi) vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 değerleri ölçülebilmekte, ölçülen bu değerler kaydedilebilmekte ve üzerlerinde çeşitli analizler yapılabilmektedir. Ayrıca sonuçlar istenilen kişiye yani doktor veya hasta yakınına e-posta aracılığıyla gönderilebilmektedir. Mobil uygulamanın sağlık personelleri haricinde de kullanılabilmesi için arayüzünün basit ve kullanımının kolay olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Geliştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 2.1’de verilmiştir. Blok diyagramlardan anlaşılacağı gibi geliştirilen sistem; bileklik ve parmaklık ile akıllı mobil cihaz (mobil uygulama) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bilekliğin üzerindeki bluetooth modülü sayesinde hasta kendi değerlerini izleyebilmektedir. Ya da hastayla aynı oda içerisinde bulunmadan hastanın yakınları ya da sağlık görevlileri tarafından da hastanın hayati verileri izlenebilmektedir.



Şekil 2.1. Geliştirilen sistemin çalışma şekilleri (a) Hasta tarafından, (b) Hastanın yakını tarafından ölçümlerin yapılması

2.1. Bileklik ve Parmaklık

Geliştirilen bileklik ve parmaklık, medikal algılayıcıları (vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 değerlerini ölçmek için), mikrodenetleyiciyi, bluetooth modülünü ve bataryayı içermektedir. Bu elemanların boyutları dikkate alınarak ücretsiz bir 3D tasarım programı aracılığıyla 57 x 67 x 24 mm boyutlarında bir kutu tasarlanmış ve üretilmiştir. Bileklik ve parmaklığın kullanım kolaylığı, taşınabilirlik, hassasiyet ve maliyet açısından optimum tasarıma sahip olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Şekil 2.2'deki blok diyagramda bileklik ve parmaklıkta kullanılan temel bileşenler sembolize edilmiştir. Bu elemanların özellikleri ve sunulan tez çalışmasındaki kullanım amaçları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.



Şekil 2.2. Bileklik ve parmaklık prototiplerinin temel bileşenleri

2.1.1. Kontrol Ünitesi

Arduino, programlama kolaylığı sağlayan açık kaynaklı bir mikrodenetleyicidir (Louis, 2016). Düşük maliyeti ve yaygın kullanımıyla bu tez çalışması için uygun görülmüştür. Geliştirilen sistemde bir adet Arduino Nano kart (Arduino, 2021), merkezi mikrodenetleyici olarak kullanılmıştır. Bu kart üzerinde, Atmel firmasına ait ve düşük güç tüketimine sahip, 8 bitlik ATmega328 mikrodenetleyici bulunmaktadır (Arduino, 2021). ATmega328 mikrodenetleyici, 16 MHz frekansında çalışır ve içerdiği 10 bitlik ADC birimleri 0-Vcc aralığında dönüşüm yapabilirler. 32 KB program belleğine, 2 KB dahili SRAM'e ve 1 KB EEPROM'a sahiptir. Bu tez çalışmasında aşağıdaki görevleri yerine getirmiştir:

- Algılayıcılardan verileri almak, işlemek ve bluetooth üzerinden akıllı mobil cihaza göndermek
- Akıllı mobil cihazdan kendisine gönderilen komutlara göre gerekli işlemleri yerine getirmek
- Silinmemesi gereken özel ayar bilgilerini EEPROM'a kaydetmek

2.1.2. Pals Oksimetre

Pals oksimetreler solunum problemi yaşayan yoğun bakım ünitelerindeki hastaların hayati verilerini izlemek için en sık kullanılan algılayıcılardan biridir (Jubran, 1999). Bu algılayıcı, sağlıklı kişilerde genel bir sağlık göstergesi olduğu için, oksijenle doymuş hemoglobin miktarını ölçmek için kullanılır. Covid-19 enfeksiyonu kandaki oksijen seviyesini azaltır ve solunum sıkıntısı çekilmesine neden olur. Sağlıklı bir kişinin SpO2 seviyesi %95-%100 civarındadır (Al Bassam ve ark., 2021). Enfeksiyon yayılımı arttıkça bu yüzde değeri azalır. %94 seviyesi, hastanın çok yakından takip edilebilmesi için, yoğun bakım ünitesine alınması gereken muhtemel bir Covid-19 enfeksiyonunu gösterir. Pals oksimetre, olası enfekte kişinin oksijen seviyesini düzenli olarak izlemek ve herhangi bir anormal durum olup olmadığını bildirmek için bir ihtiyaçtır (Cornacchia ve ark., 2016).

Geliştirilen cihazın tasarımında daha az güç tükettiği ve kompakt bir yapıya sahip olduğu için SparkFun Pals Oksimetresi kullanılmıştır (SparkFun, 2021). SparkFun Pals Oksimetre, algılama gerçekleştirmek için, MAX30101 pals oksimetre çipini üzerinde bulundurur. MAX30101, invaziv olmayan bir yöntem kullanır. Kırmızı (650 nm) ve kızıl ötesi (950 nm) spektrumda ışık yayan iki led içeren bir algılayıcıya sahiptir (Kadarina ve Priambodo, 2018). Bu algılayıcı genellikle parmak veya kulaklara yerleştirilir. Bu çalışmada parmağa yerleştirilmiştir. Kırmızı ve kızıl ötesi ışığın emilimi foto diyot tarafından ölçülür. Ölçülen değerler kandaki oksijen seviyesini belirlemek için kullanılır. Enfekte hastaların SpO2 seviyesinin gerçek zamanlı izlenmesi, uyku apnesi sırasında da onların genel sağlık durumlarının uzaktan takip edilmesine yardımcı olur (Al Bassam ve ark., 2021).

Bu izleme, aynı zamanda kalbin sürekli olarak uygun ve etkili bir şekilde çalışmasını kontrol etmek için de gereklidir. Covid-19, kardiyovasküler sistemimizde miyokard hasarının meydana gelebileceği vücuttaki fizyolojik stresi artırır. Bu nedenle, olası ateş veya öksürük enfeksiyonlarını belirlemek için, dakikadaki kalp atış hızını (nabız) izlemek çok önemlidir (Al Bassam ve ark., 2021). Standart kalp atış hızı 40 ile 100 BPM arasındadır. Ancak enfeksiyonun yayılması nedeniyle artar ve yüksek kalp atış hızı için tıbbi destek alınması önemle tavsiye edilir. Geliştirilen sistemde, oksijen doygunluğunu ölçmek için kullanılan SparkFun Pals Oksimetresi aynı zamanda nabız ölçmek için de kullanılmıştır. SparkFun Pals Oksimetresi üzerinde, MAX30101 çipine ilave olarak, MAX32664 çipi de bulunur. Bu çip daha çok hesaplama, işleme ve filtreleme

işlemleri için kullanılır. Algılanan verileri, SpO2 ve nabız değerlerine dönüştürmek için gerekli olan algoritmaları çalıştırır.

2.1.3. Sıcaklık Algılayıcısı

Covid-19 enfeksiyonunun ilk ve en önemli belirtisi vücut sıcaklığı, ateştir. Vücut sıcaklığını izleme, Covid-19 enfeksiyonunu belirlemek için etkili bir çözümdür. Çalışmalar, enfekte kişilerin %90'ndan fazlasında ateş, %75'inde ise öksürük görülebileceğini göstermiştir. Belirtilen bu semptomlar birincil klinik özellik olarak kabul edilir. Bu nedenle şüpheli kişinin, özellikle, ateşinin izlenmesi esastır. Günümüzde sıcaklık, esas olarak ortam ve diğer dış etkenlerden etkilenen IR tarayıcı gibi görüntüleme teknikleri ile ölçülmektedir. Bu çalışmada, vücut sıcaklığını yakından izlemek için Dallas DS18B20 sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. Bu algılayıcı -55 °C ile +125 °C aralığında ölçüm yapabilmektedir. Kullanıcı tarafından programlanabilen one-wire sıcaklık algılayıcısıdır. Önemli özelliklerinden biri, harici güç kaynağına ihtiyaç duymadan doğrudan veri hattını besleyebilmesidir. 9 ile 12 bit arasında programlanabilir çözünürlüğe sahiptir.

2.1.4. Kablosuz Haberleşme Modülü

Kablosuz haberleşme için çeşitli modüller ve bu modülleri destekleyen farklı haberleşme protokolleri bulunmaktadır (Akın, 2015). LoRaWan, yaklaşık olarak 1-3 km arası menzilli, düşük güç tüketimli iletişim için kullanılan bir haberleşme teknolojisidir (Connected Development, 2022). NB-IoT, hücresel kablosuz nesnelerin interneti teknolojisidir. Güç tüketimi yüksek, yaklaşık olarak 1-5 km arası menzilli, karmaşık ve maliyetli bir sistemdir (Predictable Designs, 2022). Bu çalışmada sunulan bileklik ve parmaklık ile akıllı mobil cihaz arasındaki iletişim bluetooth aracılığıyla sağlanmıştır. Bluetooth, kablosuz haberleşmede, alternatif haberleşme modüllerine yani LoRaWan, NB-IoT'a göre düşük maliyetlidir. Ayrıca geliştirilen sistem için performansı yeterlidir. Bluetooth üzerinden haberleşme, çoğu mobil cihaz ve çeşitli işletim sistemleri tarafından desteklendiği için bu çalışmada da kablosuz iletişim bluetooth ile sağlanmıştır (Gudipalli ve ark., 2020). Bluetooth modülü olarak Texas Instruments firmasının low energy özellikli CC2541 çipini üzerinde bulunduran HM-10 BLE 4.0 kullanılmıştır. Bu modül 2.4 GHz frekansında RS-232 seri protokolü ile 50 metreye kadar haberleşebilmektedir.

2.2. Akıllı Mobil Cihaz

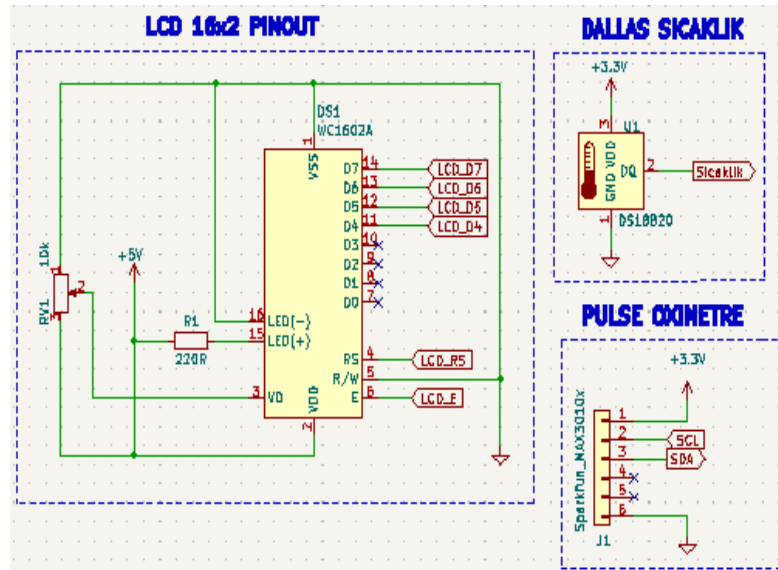
Geliştirilen sistemin ikinci bölümünü Android işletim sistemli akıllı mobil cihaz oluşturur. Bileklik ve parmaklığın kontrol edilmesi ve akıllı mobil cihaz üzerinden Covid-19 hastasının vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 gibi hayati değerlerinin takip edilmesi için bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama geliştirme süreci ve uygulamanın özellikleri Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi bölümünde ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

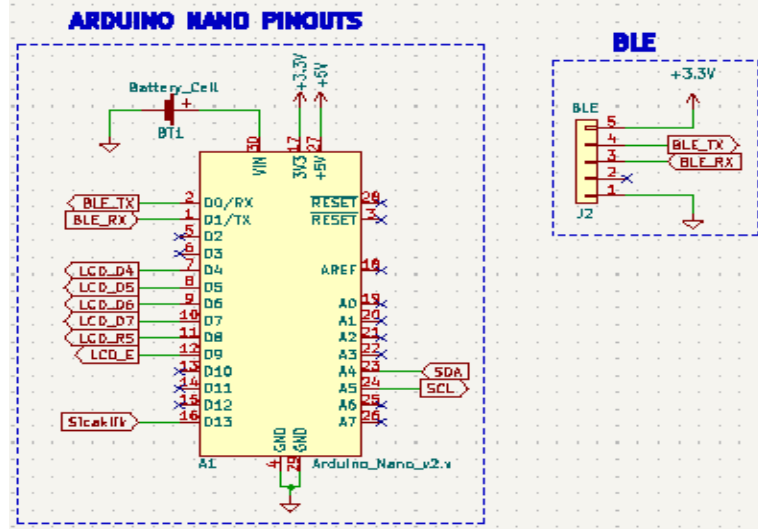
3. BİLEKLİĞİN VE MOBİL UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ

Sunulan tez çalışması, üç aşamada ele alınabilir. Bunlar sırasıyla 1) bileklik ve parmaklığın, 2) kontrol ünitesinin ve 3) mobil yazılımın geliştirilmesi aşamalarıdır. İlk aşamada, algılayıcı verilerini doğrulamak için bir elektronik okuma devresi oluşturulmuştur. Bu devreyle algılayıcı verileri okunmuş ve okunan veriler bir LCD üzerinde gösterilmiştir. Algılayıcı verileri doğrulandıktan sonra bu okuma devresini içine alacak olan mekanik muhafazanın tasarımı ve üretimi yapılmıştır. İkinci aşamada sıcaklık, SpO2 ve nabız verileri, bluetooth üzerinden kablosuz olarak bir bilgisayar ekranına gönderilecek şekilde kontrol ünitesi (Arduino Nano) yazılımı güncellenmiştir. Son aşamada mobil uygulamanın geliştirilmesi sürecine geçilmiştir. Bu bölümde sunulan geliştirme aşamaları çalışmanın ilerleyen bölümlerinde alt başlıklar halinde detaylıca ele alınmıştır.

3.1. Bileklik ve Parmaklığın Geliştirilmesi

Bileklik ve parmaklığın tasarlanma sürecinde her parçanın tasarımları ve bağlantıları belirlenip uygun bir dizayn elde edilmiştir. Bu süreçte mobil yazılım geliştirilene kadar 16x2'lik LCD ekran ile verilerin incelenmesi sağlanmıştır. Bu sisteme ilişkin şema Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

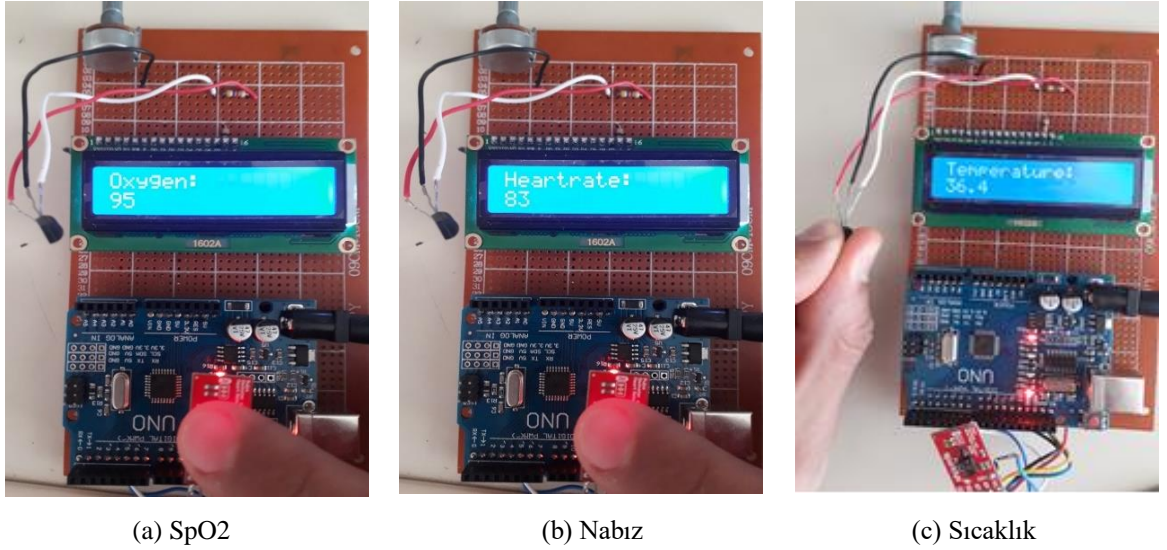




Şekil 3.1. Sunulan bileklik ve parmaklığın elektriksel devre şeması

3.1.1. Algılayıcı Verilerinin Okunması

Sıcaklık ve pals oksimetre verileri, PC ve mobil uygulamadan önce Şekil 3.2’deki gibi bir LCD ekran üzerinden izlenmiştir. Bu aşamada sensörlerin sonuçları ticari bir pals oksimetre ile kontrol edilmiştir. Alınan olumlu sonuçlardan sonra okunan algılayıcı verilerinin bluetooth üzerinden bilgisayara (PC) aktarım ve mobil uygulama geliştirme süreçlerine başlanmıştır. Ekranın devreden çıkarılmasından sonraki yeni devre şeması Şekil 3.2’teki gibidir.



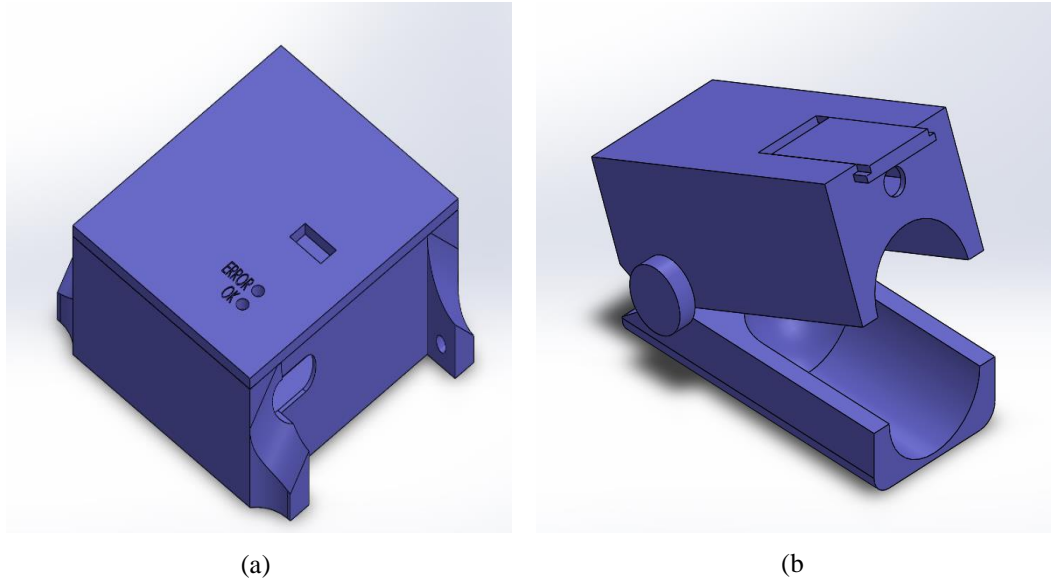
Şekil 3.2. Algılayıcı verilerinin okunması ve LCD ekran üzerinde sırasıyla (a) SpO2, (b) Nabız ve (c) Sıcaklık verilerinin izlenmesi

3.1.2. Prototipleme Süreci

Bileklik ve parmaklığın sırasıyla tasarımı, üretimi, montajı ve elektronik bileşenlerle entegrasyonu bu başlık altında açıklanmıştır.

3.1.2.1. Tasarım ve Modelleme Süreci

Sıcaklık algılayıcısı, pals oksimetresi, bluetooth modülü ve bunların kontrolü için kullanılan mikrodenetleyicinin boyutlarına ve uzman sağlık personelinin görüşüne göre bileklik ve parmaklık (haznelerinin) tasarımı yapılmıştır. Şekil 3.3’de Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim (CAD-CAM) programları kullanılarak tasarlanan bileklik kutusunun ve parmaklığın son halleri gösterilmiştir.

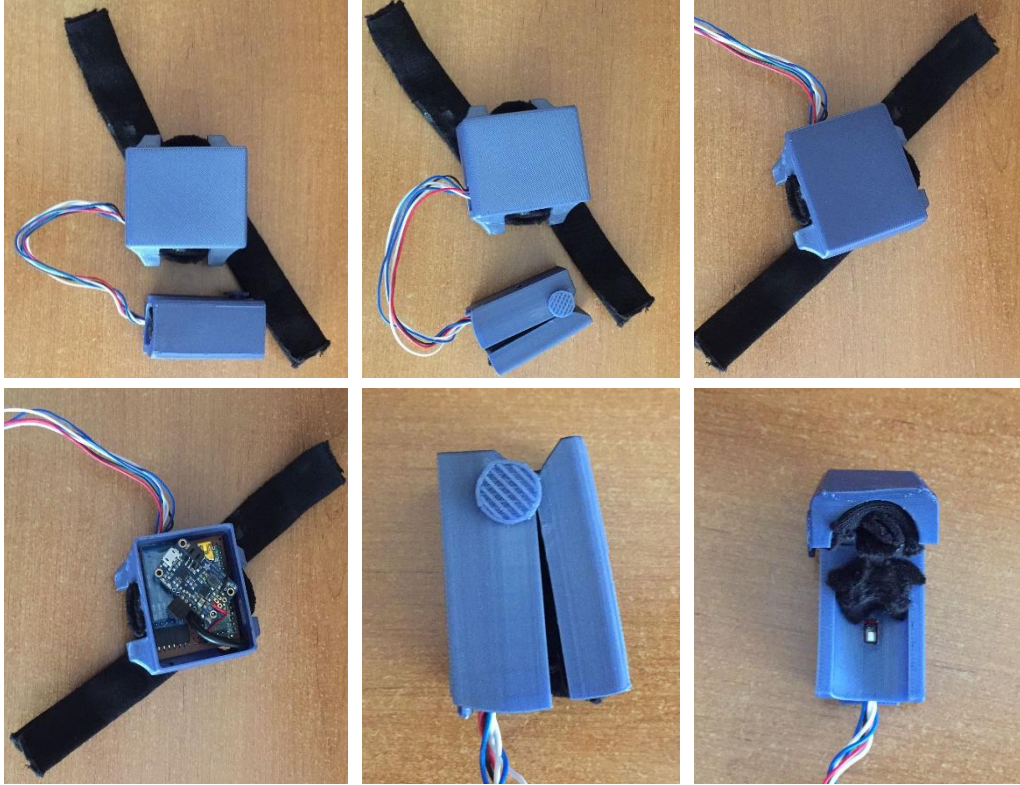


Şekil 3.3. Muhafaza bileşenleri. (a) Bileklik bileşenlerinin yerleştirileceği muhafaza kutusu (b) Parmaklık

3.1.2.2. Üretim ve Montaj

Şekil 3.4’te tasarım modelleri verilen parçalar XYZprinting model 3 boyutlu yazıcısı ile PLA filament kullanılarak parçalar üretilmiştir. Üretilen bu parçalara ait görseller şekil 3.4’te çeşitli açılardan verilmiştir. Kare şeklindeki muhafaza kutusu içinde kontrol ünitesi, bluetooth modülü, şarj ünitesi, sıcaklık sensörü ve güç kaynağı olarak

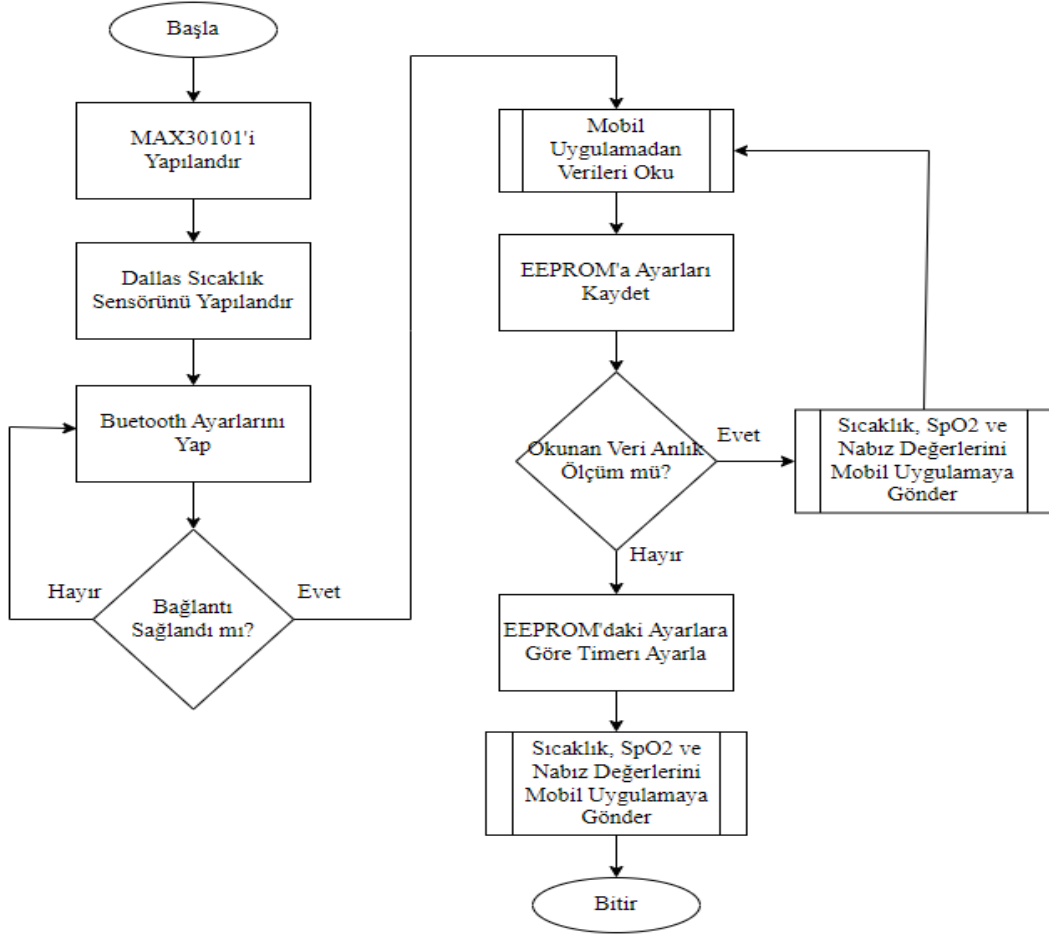
3.7V 1300mAh 1S PX1300XP-40C model Lityum-Polimer batarya bulunmaktadır. Bu bataryayla bir boost converter üzerinden 5V ve 3.3V çıkış elde edilmiş ve bu çıkışla sistem (kontrol kartı, bluetooth modülü, pals oksimetre, sıcaklık algılayıcı) beslenmiştir. Parmaklık içinde pals oksimetre bulunmaktadır. Bilekliğin bileğe bağlanması için siyah renkli bir cırt-bant kullanılmıştır. Üretimi ve montajı tamamlanan sistemin parmaklık ve bileklik ile beraber ağırlığı 123.6 gr'dır.



Şekil 3.4. Üretilen ve montajlanan bileklik ve parmaklık prototipi

3.2. Kontrol Ünitesi Yazılımının Geliştirilmesi

Kontrol ünitesinde sıcaklık ölçümü, SpO2 ve nabız ölçümleri ve bunların Bluetooth ile gönderimi ana görev olarak planlanmıştır. Yazılan programın algoritması ise ana görevi anlık ve holter ölçüm modları olduğundan bu modlara göre dizayn edilmiştir. Geliştirilen sistemin kontrol ünitesinin genel akış şeması Şekil 3.5'da verilmiştir. Bu şema, SpO2 seviyesi, sıcaklık ve nabız değerlerinin okunması için gerekli olan adımları belirtmektedir.



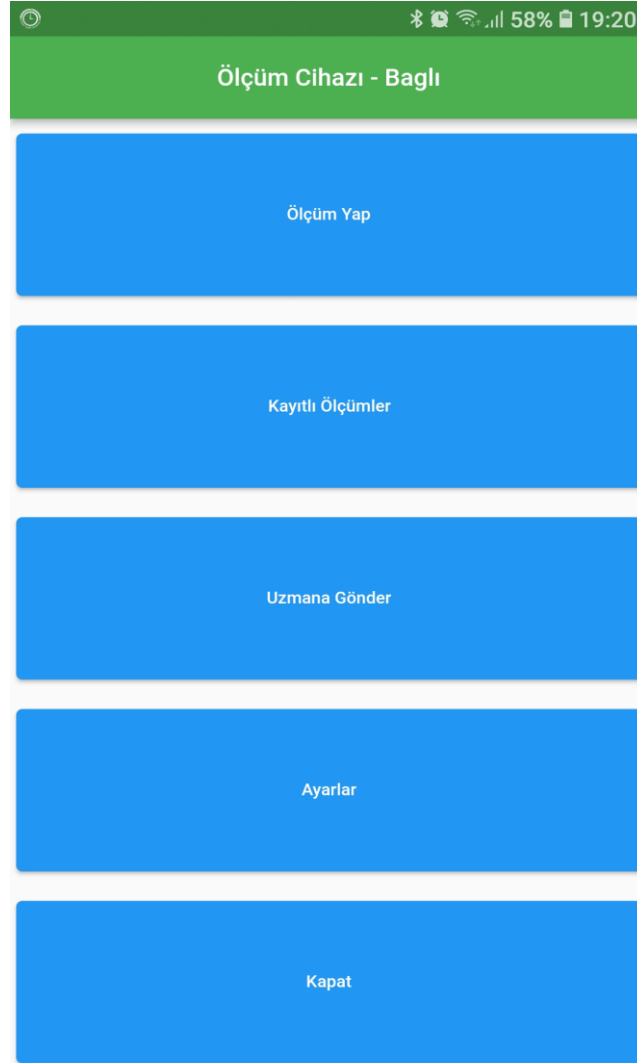
Şekil 3.5. Kontrol ünitesi genel akış şeması

3.3. Mobil Uygulama Arayüz Programının Geliştirilmesi

Geliştirilen bileklik ve parmaklığın telefon ve tablet gibi akıllı mobil cihazlar üzerinden kontrol edilmesi ve yine bu cihazlar üzerinden Covid-19 hastasının vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 gibi hayati değerlerinin takip edilmesi için Android işletim sistemlerinde çalışabilen bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama yazılımı, Visual Studio Code ortamında geliştirilmiş ve Android 7.0 Nougat işletim sistemine sahip, 3 GB RAM ve Bluetooth 4.1 özelliklerine sahip bir akıllı cihaz üzerinde test edilmiştir. Uygulama geliştirme süreci ve uygulamanın özellikleri bu bölümde ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

3.3.1. Ana Pencere

Bu projede, Android işletim sistemli akıllı mobil cihazlar (telefon ve tabletler) için mobil uygulama geliştirilmiştir. Şekil 3.6'deki Ana pencere; Anlık Ölçüm, Kayıtlı Ölçümler, Uzmanla Gönder ve Ayarlar olmak üzere bu pencerelere geçişleri sağlayan butonları içermektedir. Ana pencere için geliştirilen kod Ek-1'de verilmiştir.



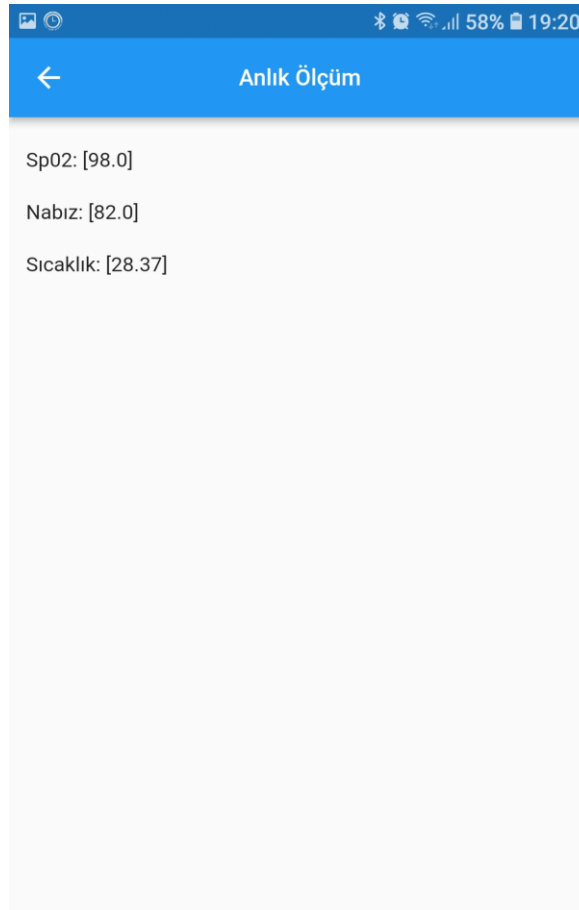
Şekil 3.6. Ana pencere ve bu penceredeki geçiş butonları

Aşağıdaki alt bölümlerde mobil uygulamanın sırasıyla Anlık Ölçüm, Kayıtlı Ölçümler, Uzmanla Gönder ve Ayarlar pencereleri ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

3.3.2. Anlık Ölçüm Penceresi

Anlık Ölçüm penceresi, Covid-19 hastasının o anki vücut sıcaklığı, nabız ve SpO2 değerlerini ölçmek için kullanılmıştır. Ölçülen değerler Android işletim sistemine sahip bir akıllı mobil cihaza gönderildikten sonra Şekil 3.7'deki Anlık Ölçüm penceresinden izlenebilmektedir.

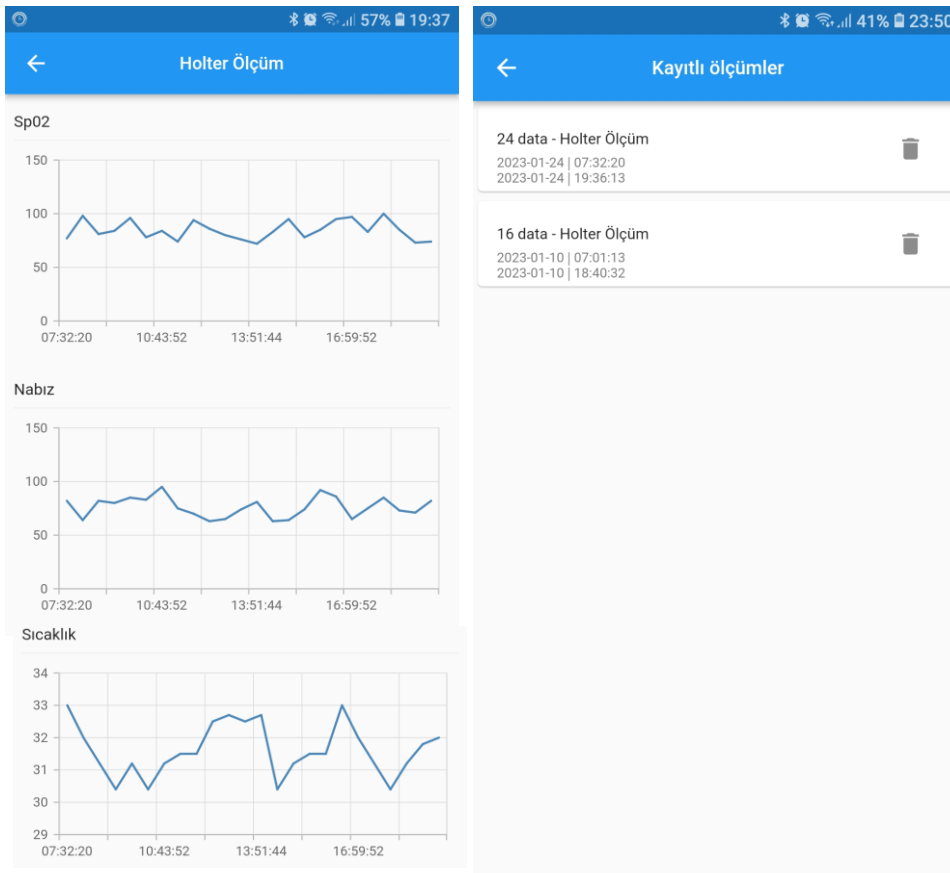
Bileklik ve parmaklık tarafından ölçülen veriler, Flutter tarafından geliştirilen Hive veritabanına kaydedilmiştir. Flutter Hive, Flutter uygulamalarında yerel (local) veritabanı oluşturmayı sağlayan bir pakettir. Hive, hızlı ve kullanımı kolay bir NoSQL veritabanıdır. Key-value (anahtar-değer) çiftleri kullanarak verileri depolar. (Apache Hive, 2023). Bu çalışmada geliştirilen veritabanı tek bir tablodan oluşmaktadır ve veriler JSON formatında aktarılmaktadır. Oluşturulan veritabanı ile ilgili geliştirilen kodlar Ek-6'da sunulmuştur.



Şekil 3.7. Anlık Ölçüm penceresi

3.3.3. Kayıtlı Ölçümler Penceresi

Kayıtlı Ölçümler penceresi, kaydedilmiş olan verileri liste veya grafik şeklinde görüntülemek için kullanılmıştır. Kaydedilen veriler üzerinde tarih ve saat bazında yapılan sorgu sonucuna gönderim için veri seçimi (düzenleme) yapılabilmektedir. Böylece kaydedilmiş veriler üzerinde detaylı analizlerin yapılabilmesi sağlanmıştır. Şekil 3.8’da Kayıtlı Ölçümler penceresine ait görüntüler verilmiştir. Kayıtlı ölçüm penceresi için geliştirilen kod Ek-2’de yer almaktadır. Ayrıca, kayıtlı ölçümlerin grafiksel olarak gösterilmesi için kullanılan kodlar Ek-3’te sunulmuştur.

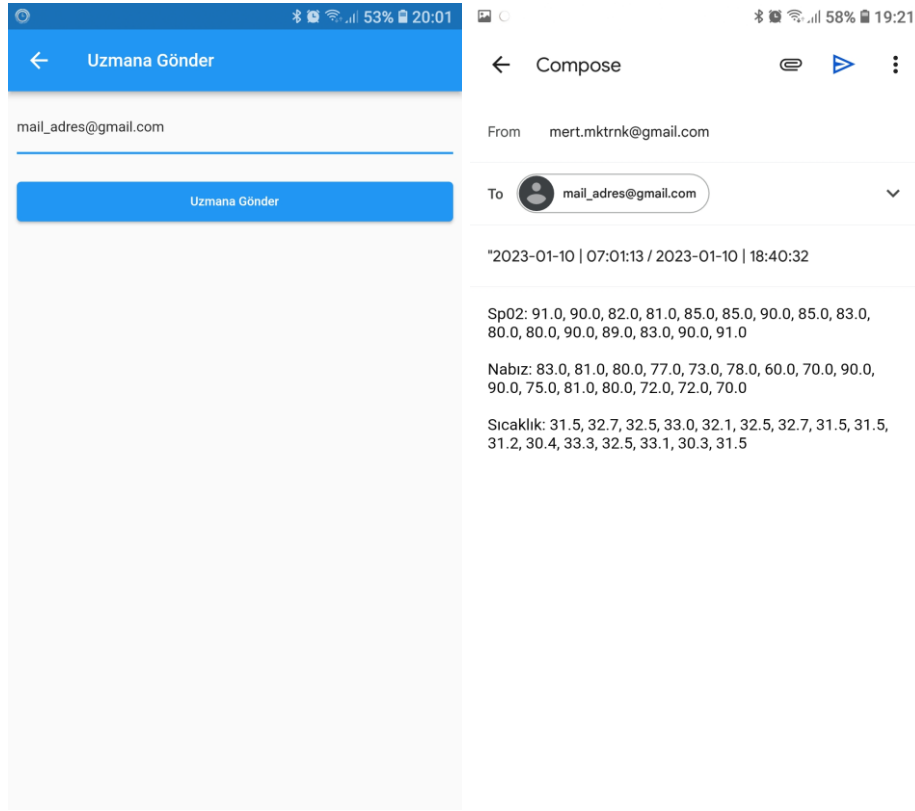


Şekil 3.8. Kayıtlı Ölçümler penceresine ait görüntüler

3.3.4. Uzmanla Gönder Penceresi

Uzmanla Gönder penceresi, kaydedilmiş verilerin tamamının veya sorgu sonucuna göre belli bir kısmının, uzman sağlık personeline veya hastanın uzaktaki diğer yakınlarına gönderilmesi için kullanılmıştır. Veriler e-posta olarak gönderilebilmektedir. Şekil 3.9’da

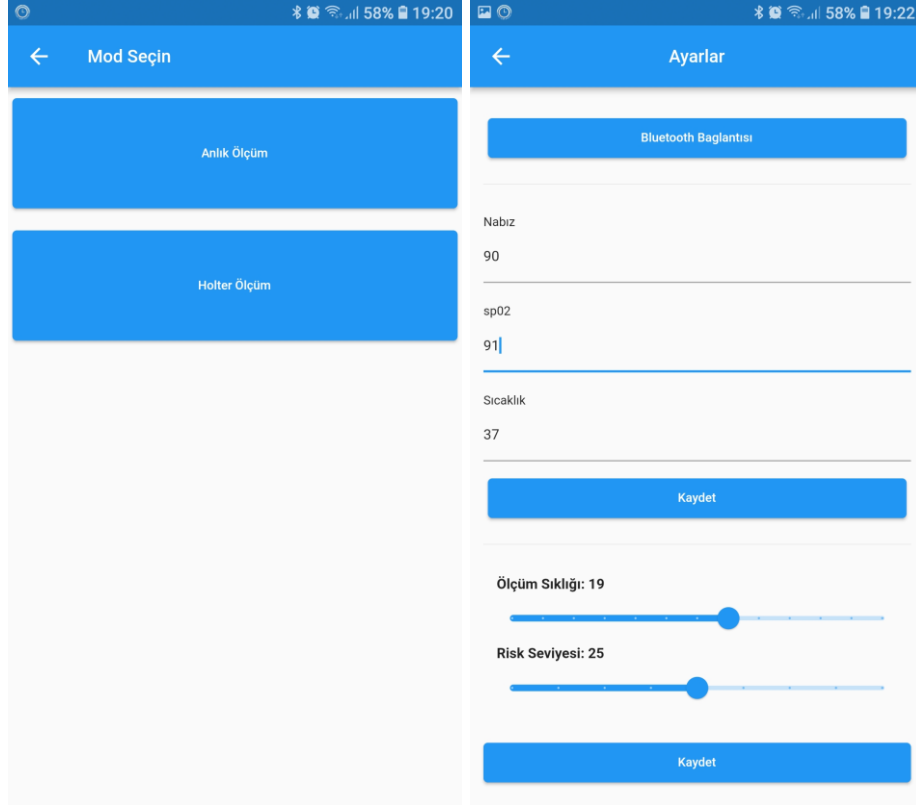
Uzmana Gönder penceresine ait görüntüler verilmiştir. Bu pencere için geliştirilen kod Ek-4’te sunulmuştur.



Şekil 3.9. Uzmana Gönder penceresine ait görüntüler

3.3.5. Ayarlar Penceresi

Ayarlar penceresi, bluetooth cihazlarının taranması ve bileklik ve parmaklık ile bağlantı kurulması için kullanılmıştır. Çalışma modu (anlık ölçüm veya holter) seçimi, seçilen moda özel ayarların belirlenmesi (ölçüm sıklığı, risk seviyeleri vb.) ve bu ayarların bileklikteki merkezi mikrodenetleyici içerisindeki EEPROM’a kaydedilmesi işlemleri de bu pencerede yapılmaktadır. Şekil 3.10’de Ayarlar penceresine ait görüntüler verilmiştir. Ayarlar menüsü için geliştirilen kodlara Ek-5’de yer verilmiştir.



Şekil 3.10. Ayarlar penceresine ait görüntüler

Geliştirilen cihaz, anlık ölçüm ve holter modu olmak üzere iki farklı modda Covid-19 hastasının hayati değerlerini ölçebilmektedir. İlk modda tek bir ölçüm yapılmakta, ölçüm sonuçları kullanıcıya gösterilmekte ve aynı zamanda veritabanına kaydedilmektedir. İkinci modda ise daha önce ayarlanan süre boyunca belirlenen aralıklarla otomatik olarak ölçümler yapılabilmekte ve ölçüm sonuçları veritabanına düzenli olarak kaydedilmektedir. Hem anlık ölçüm hem de holter modunda, hastanın hayati değerleri ön tanımlı risk seviyesine ulaştığında hasta veya yakını, alarm sesi ile anında uyarılmaktadır. Holter modunda, bluetooth bağlantısı belirli aralıklarla kontrol edilerek bağlantının sürekliliği sağlanmaktadır. Böylece, bileklikten alınan ölçüm değerleri eksiksiz olarak veritabanına kaydedilmektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, geliştirilen cihaz çeşitli testlere tabi tutulmuştur. İlk olarak, prototip cihaz ticari bir ürünle karşılaştırılmıştır. Ardından, cihazın bağlantı ve veri gönderme yetenekleri test edilmiştir. Üçüncü olarak, sağlık kurumunda uzman bir sağlık personeli tarafından test edilmiştir. Ayrıca, batarya dayanıklılığına yönelik bir test gerçekleştirilmiştir. Testlerin sonuçları ayrı başlıklar altında detaylı olarak ele alınmıştır.

4.1. Karşılaştırma Testi

Geliştirilen cihaz, SpO2 ve nabız değerleri açısından Armoline Al-651 model pals oksimetre ile sıcaklık değeri açısından ise Loobex kızılötesi termometre ile karşılaştırılmıştır. Bunun için aynı şartlar altında sekiz kişi üzerinde ölçümler yapılmıştır. Alınan ölçümler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgeden de görülebildiği gibi geliştirilen cihaz SpO2 açısından en fazla %3.1’lik bir hata değerine sahiptir. Nabız açısından ise hata değeri en fazla %6.8’dir. Geliştirilen cihaz bir kişinin SpO2 değerini, iki kişinin ise nabız değerini ticari oksimetre ile eşit ölçmüştür. Sıcaklık açısından geliştirilen cihazın en büyük hata değeri %1.0, en küçük hata değeri ise %0.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Geliştirilen cihaz ve ticari pals oksimetrenin karşılaştırılması

Kişiler	Geliştirilen Cihaz			Ticari Oksimetre ve Ateş Ölçer			Hata (%)		
	SpO2 (%)	Nabız (PRbpm)	Sıcaklık (°C)	SpO2 (%)	Nabız (PRbpm)	Sıcaklık (°C)	SpO2	Nabız	Sıcaklık
1	97	80	35.5	96	81	35.7	1.0	1.2	0.5
2	100	91	35.5	97	89	35.7	3.1	2.2	0.5
3	99	54	36.0	97	58	35.7	2.1	6.8	0.8
4	98	77	36.4	97	77	36.5	1.0	0.0	0.2
5	98	92	35.3	98	92	35.1	0.0	0.0	0.5
6	99	99	36.0	98	97	36.2	1.0	2.0	0.5
7	100	57	36.0	97	61	36.4	3.1	6.5	1.0
8	96	95	36.2	95	96	36.4	1.1	1.0	0.5

Geliştirilen cihaz, ticari bir ürünün (pals oksimetre) yanında literatürdeki benzer çalışmalarla da karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ait tablo Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Geliştirilen cihaz ile literatürdeki benzer çalışmaların karşılaştırılması

Çalışma	Ölçüm Modu	İzleme Platformu	Ölçülen Parametreler	Giyilebilirlik ve Taşınabilirlik
Ganesh, 2020	Anlık	OLED	SpO2	-
Dhadge, 2020	Anlık	LED	Nabız, Sıcaklık, SpO2, İvme	-
Santos, 2021	Anlık	Mobil Uygulama	Nabız, SpO2 Seviyesi, EKG	-
Khan, 2021	Anlık	LCD, Mobil Uygulama	Nabız, Sıcaklık, SpO2	-
Al Bassam, 2021	Anlık	WEB, Mobil Uygulama	Nabız, SpO2, Sıcaklık, GPS	+
Sunulan Çalışma	Anlık, Holter	LCD, Mobil Uygulama	Nabız, SpO2, Sıcaklık	+

Bu tez çalışması kapsamında sunulan cihaz, Çizelge 4.2'deki benzer çalışmalara kıyasla anlık ve holter modu ölçümlerinin gerçekleştirilebilmesiyle öne çıkmaktadır. Ayrıca, çalışmaya özgü geliştirilen mobil yazılım sayesinde ölçüm sonuçlarına kolayca erişilebilmektedir. Bunun yanı sıra cihaz, giyilebilir ve taşınabilir olmasıyla diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

4.2. Bağlantı ve Gönderim Testi

Geliştirilen cihaz farklı iç mekanlarda test edilmiştir. Bu mekanlardan birisi hastane ortamıdır. Hastane odasında bulunan uzman sağlık görevlisi ve bileklik ve parmaklığı takan kullanıcının ölçüm sonuçları başarılı bir şekilde alınmıştır. Alınan sonuçlar, mobil uygulama üzerinde gözlenmiştir. Hastalık takip cihazını kullanan kullanıcı ile bilekliği takan kullanıcı arasında, engel olmayan bir ortamda yapılan testlerde 9 metreye kadar kesintisiz bir bağlantının sağlandığı tespit edilmiştir. E-postadan sonuçların gönderimi internet ile sağlandığı için internet erişiminin olması e-postaların sağlıklı bir şekilde gönderilmesini sağlar. Yapılan testler ile holter modundaki ölçüm sonuçlarının bir paket halinde gönderilebildiği tespit edilmiştir.

4.3. Saha Testi

Geliştirilen cihaz konuyla ilgili uzman sağlık personeli gözetiminde bir sağlık kurumunda farklı modlarda (anlık ve holter modu) test edilmiş ve sağlık personelinin olumlu geri dönüşler alınmıştır. Şekil 4.1'de geliştirilen bileklik ve parmaklı ile mobil uygulama uzman bir sağlık personeli eşliğinde ve gözetiminde bir sağlık kurumunda test edilmektedir.



Şekil 4.1. Uzman sağlık personeli tarafından gerçekleştirilen bileklik ve parmaklık ile mobil uygulamanın testi

4.4. Batarya Dayanım Testi

Batarya dayanımı hesaplaması, geliştirilen cihaza bağlı olan sensörler ve komponentlerin teknik dökümanlarına başvurularak yapılmıştır. Teknik dökümanlardan alınan ortalama akım değerleri, Arduino nano için 100 mA (Components101, 2021), Dallas DS18B20 sıcaklık sensörü için 1.25 mA (Maxim Integrated Products, 2019), SparkFun pulse oksimetre için 60 mA (Maxim Integrated Products, 2018) ve Bluetooth için ise 25 mA (DSD TECH, 2017) olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen sistemin sürekli çalışmada dayanım/çalışma süresi bu ortalama akım değerleri ve tercih edilen bataryanın kapasitesi üzerinden Denklem (1) ile sunulmuştur.

$$t_{battery\ life} = B_{cap} / I_{load} \quad \text{Denklem (1)}$$

Denklem (1)'de $t_{battery\ life}$, saat cinsinden batarya ömrünü B_{cap} , mAh cinsinden batarya kapasitesini I_{load} , akım cinsinden tüketim miktarını ifade eder. Denklem (2)'de toplam akım formüle edilmiştir.

$$I_{load} = I_{Bluetooth} + I_{Dallas} + I_{Pulseoximeter} + I_{Arduino} \quad \text{Denklem (2)}$$

Buna göre sunulan sistem toplamda 186.25 mA akım çekmektedir. Tercih edilen bataryanın kapasitesinin de 1300 mAh olduğu göz önüne alınırsa geliştirilen sistemin öngörülen dayanım süresi 6.97 h (6 sa 58 dk) olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen cihaz iki farklı güç beslemesi altında test edilmiştir. İlk test; batarya dayanım testidir. Bu testte cihazın güç beslemesi, 1300 mAh lityum-iyon bir batarya üzerinden sağlanmış ve cihaz, geliştirilen mobil uygulamanın ayarlar penceresinden holter modunda 12 saat boyunca 45 dakikalık ölçüm aralıklarında çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Aynı yapılandırma özellikleri; cihaz harici bir güç kaynağıyla kablolu olarak beslenirken de ayarlanmıştır. Harici bir güç kaynağından kablolu olarak yapılan besleme ikinci testi oluşturmaktadır. Her iki teste ait ölçüm sonuçları sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

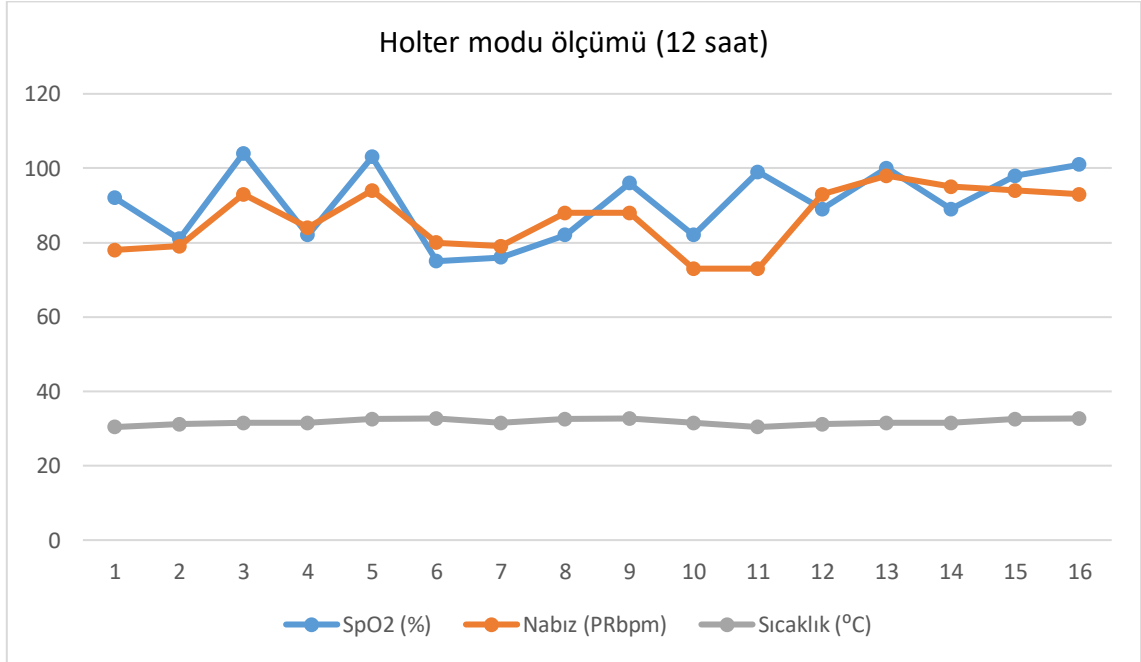
Çizelge 4.3. Dahili batarya ile holter modunda batarya ömür testi

Ölçüm	SpO2 (%)	Nabız (PRbpm)	Sıcaklık (°C)	Tarih-Saat
1	90	60	32.7	2023-05-10'T' 13:58:02
2	85	78	32.5	2023-05-10'T' 14:45:13
3	85	73	32.1	2023-05-10'T' 15:31:43
4	81	77	33	2023-05-10'T' 16:17:10
5	82	80	32.5	2023-05-10'T' 17:04:04
6	90	81	32.7	2023-05-10'T' 17:52:17
7	91	83	31.5	2023-05-10'T' 18:40:32
8	89	80	32.5	2023-05-10'T' 19:26:33
9	90	81	33.3	2023-05-10'T' 20:11:53
10	90	80	32.5	2023-05-10'T' 21:56:08

Çizelge 4.3'ten anlaşılacağı üzere cihaz, batarya beslemesi altında yaklaşık 7 saate kadar bir kullanım sunmuştur. Bu değer, Denklem (1) üzerinden hesaplanan dayanım süresiyle örtüşmektedir. Çizelge 4.4'teki harici bir kaynak üzerinden sürekli besleme altındaki sonuçlara göre cihaz, 12 saat boyunca belirlenen ölçüm aralıklarında başarılı ölçümler gerçekleştirmiştir. Bu başarılı ölçümler Şekil 4.2'den de izlenebilir.

Çizelge 4.4. Kablolu güç kaynağı ile uzun süreli holter modu ölçüm testi

Ölçüm	SpO2 (%)	Nabız (PRbpm)	Sıcaklık (°C)	Tarih-Saat
1	92	78	30.4	2023-01-15'T' 06:31:23
2	81	79	31.2	2023-01-15'T' 07:17:03
3	104	93	31.5	2023-01-15'T' 08:04:28
4	82	84	31.5	2023-01-15'T' 08:51:33
5	103	94	32.5	2023-01-15'T' 09:37:45
6	75	80	32.7	2023-01-15'T' 10:24:51
7	76	79	31.5	2023-01-15'T' 11:10:57
8	82	88	32.5	2023-01-15'T' 11:57:41
9	96	88	32.7	2023-01-15'T' 12:44:01
10	82	73	31.5	2023-01-15'T' 13:30:35
11	99	73	30.4	2023-01-15'T' 14:17:58
12	89	93	31.2	2023-01-15'T' 15:03:22
13	100	98	31.5	2023-01-15'T' 15:50:01
14	89	95	31.5	2023-01-15'T' 16:37:11
15	98	94	32.5	2023-01-15'T' 17:25:49
16	101	93	32.7	2023-01-15'T' 18:12:10



Şekil 4.2. Holter modunda 12 saat boyunca yapılan ölçümler

4.5. Maliyet Analizi

Geliştirilen sistemin toplam maliyeti, sistemin temel bileşenleri üzerinden güncel fiyatlar göz önüne alınarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Bu bileşenler sırasıyla; kontrol ünitesi olarak görev yapan Arduino Nano, pals oksimetre, sıcaklık algılayıcı ve kablosuz haberleşme modülüdür.

Çizelge 4.5. Maliyet hesabı

Temel Bileşenler	Maliyet (\$)
Arduino Nano	24.90
Pals Oksimetre	42.95
Sıcaklık Algılayıcı	10.95
Kablosuz Haberleşme Modülü	12.70
TOPLAM	91.50

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, potansiyel Covid-19 hastalarının hayati belirtilerini izlemek amacıyla pals oksimetre ve sıcaklık sensörü tabanlı bir cihazın geliştirilmesini içermektedir. Ticari bir pals oksimetre ve ateş ölçerle sağlıklı bireyler üzerinde karşılaştırmalar yapılmış ve uzman sağlık personeli eşliğinde değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırmalar için 8 farklı bireyden ölçümler alınmıştır. Ticari pals oksimetre referans alınarak elde edilen sonuçlar için; ölçülen SpO2 değerlerinde %0.0-%3.0, nabız değerlerinde %0.0-%6.8 ve sıcaklık değerlerinde %0.2-%1.0 arasında hatalar gözlenmiştir. SpO2 ve nabız ölçümlerinin bazılarında %0.0 hata oranı yakalanmış, vücut sıcaklığı ölçümünde ise %0.2 hata oranına ulaşılmıştır.

Sunulan cihaz, kablosuz iletişim için geliştirilen bir mobil uygulama ile entegre olarak çalışmaktadır. Bu mobil uygulama, Android işletim sistemine sahip cihazlarda kullanılabilir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim süreçlerinin ardından geliştirilen bileklik ve parmaklık, kullanıcının bileği ve parmağına kolayca takılabilmektedir. Geliştirilen cihaz, hem hastalar hem de yakınları tarafından bir ölçüm cihazı ve holter cihazı olarak kullanılabilir özelliği taşımaktadır.

Test aşamasından elde edilen ve uzmanlardan gelen geri bildirimler, çalışmanın geliştirilebilecek yönlerini göstermektedir. Bunların başında batarya dayanımı gelmektedir. Bataryanın ömrünü uzatmak için, kontrol ünitesinin yazılım yükü, azaltılıp düşük güç tüketimine sahip elektronik bileşeler kullanılabilir.

Bağlantı mesafesini artırmak için daha geniş çekim alanı sunan kablosuz haberleşme modülleri tercih edilebilir. Fakat burada maliyet dengesi gözetilmelidir. Ayrıca mekanik tasarım, bağlantı alanının genişlemesine katkı sağlayacak şekilde yenilenebilir. Bağlantı alanının dışında daha ergonomik ve şık bir tasarımın sağlanması hem hastalar hem de kullanıcılar tarafından daha rahat bir kullanım deneyimi sunabilir. Bu noktada, estetik ve kullanıcı deneyimi odaklı tasarım iyileştirmeleri yapılabilir.

Gerçekleştirilen çalışmanın test sonuçları ve uzmanlardan gelen geri bildirimler, cihazın performansını ve kullanılabilirliğini artırmak için önemli geliştirme ve iyileştirme fırsatları sunmaktadır. Batarya ömrünün artırılması, bağlantı mesafesinin iyileştirilmesi ve daha kullanıcı dostu bir tasarımın geliştirilmesi sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akın, M., Çakır, M., Yıldız, D., Özden, H. and Yarkan, S., 2015, Gerçek-Zamanlı, Kısa Mesafeli Ve Yazılım Tabanlı Bir Sayısal Kablosuz Haberleşme Alıcı-Verici Tasarımının Gerçekleşmesi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Vol 30, No 2, 217-224.
- Al Bassam, N., Hussain, S., A., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E., P. and Lavanya, V., 2021, IoT Based Wearable Device to Monitor The Signs of Quarantined Remote Patients of COVID-19, *Informatics in Medicine Unlocked*, Volume 24, 100588.
- Al Bassam, N., Asif, H. S., Al Qaraghuli, A., Khan, J., Sumesh, E. P., and Lavanya, V., 2021, IoT Based Wearable Device to Monitor the Signs of Quarantined remote patients of COVID-19, *Informatics in Medicine Unlocked*, 24, 100588.
- Apache Hive, 2023, *Hive Docs* [online], Apache Hive, <https://docs.hivedb.dev/#/> [Ziyaret Tarihi : 31 Mayıs 2023].
- Arduino, 2020, *Arduino Nano Technical Specifications* [online], Arduino, <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Connected Development, 2022, *LoRaWAN® vs Bluetooth* [online], <https://www.connecteddev.com/post/lorawan-vs-bluetooth> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Components101, 2021, *Arduino Nano* [online], Components101, <https://components101.com/microcontrollers/arduino-nano> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Cornacchia, M., Ozcan, K., Zheng, Y., and Velipasalar, S., 2016, A survey on activity detection and classification using wearable sensors, *IEEE Sensors Journal*, 17(2), 386-403.
- Dhadge, A. and Tilekar, G., 2020, Severity Monitoring Device for COVID-19 Positive Patients, *2020 3rd International Conference on Control and Robots (ICCR)*, pp. 25-29.
- DSD Tech, 2017, *HM-10 Datasheet* [online], DSD Tech, <https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/PIC32/uart/HM10/DSD%20T ECH%20HM-10%20datasheet.pdf> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Ganesh, K., V., S., S. and Bevi, A., R., 2021, Low-Cost Pulse Oximeter & Heart Rate Measurement for COVID Diagnosis, *Journal of Physics: Conference Series*, 1964, 062035.
- Ganesh, K. V. S. S., Jeyanth, S.P. S. and Bevi, A. R., 2022, IOT Based Portable Heart Rate and SpO2 Pulse Oximeter, *HardwareX 11 (2022) e00309*.

- Gudipalli, A., Vaibhav, K., Patel, V., Gupta, R. and Dixit, U., 2022, COVID bell – A smart doorbell solution for prevention of COVID-19, *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, Vol. 14, No. 1, pp. 20220115.
- He, F., Deng, Y. and Li, W., 2020, Coronavirus disease 2019: What we know?, *Journal of Medical Virology*, 92, 719-725.
- Jubran, A., 1999, Pulse Oximetry, *Critical Care* 3, R11, 14-36.
- Kadarina, T. M., and Priambodo, R., 2018, Monitoring heart rate and SpO2 using thingsboard iot platform for mother and child preventive healthcare, *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 453, No. 1, p. 012028.
- Kamal, M., Aljohani, A., and Alanazi, E., 2020, IoT Meet Covid-19: Status, Challenges and Opportunities, arXiv:2007.12268.
- Khan, M., M., Mehnaz, S., Shaha, A., Nayem, M. and Bourouis, 2021, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Volume 2021, Article ID 8591036, 11 pages.
- Levitan, R., 2020, *The Infection That's Silently Killing Coronavirus Patients* [online], NewYork Times, <https://www.nytimes.com/2020/04/20/opinion/coronavirus-testing-pneumonia.html> [Ziyaret Tarihi: 5 Aralık 2021].
- Louis, L., 2016, Working Principle of Arduino and Using It As A Tool For Study and Research, *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS)*, Vol. 1, No. 2, 21-29.
- Maxim Integrated Products, 2018, *MAX32664 Ultra-Low Power Biometric Sensor Hub* [online], Maxim Integrated Products, <https://cdn.sparkfun.com/assets/4/3/c/2/b/MAX32664.pdf> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Maxim Integrated Products, 2019, *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer* [online], Maxim Integrated Products, <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS18B20.pdf> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- MOBİSAD, 2020, Mobil İletişim Sektör Raporu, *Mobil İletişim Araçları ve Bilgi Teknolojileri Dergisi*, 17, 47.
- Mortaz, E., Malkmohammad, M., Jamaati, H., Naghan, P. A., Hashemian, S. M., Tabarsi, P., Varahram, M., Zaheri, H., Chousein, E., Folkers, G. and Adcock, I. M., 2020, Silent hypoxia: higher NO in red blood cells of COVID-19 patients, *BMC pulmonary medicine*, 20(1), 1-6.
- Petrovic, N. And Kocic, D., 2020, IoT-based System for COVID-19 Indoor Safety Monitoring, *IceTRAN 2020*

- Pintavirooj, C., Keatsamarn, T. and Treebupachatsakul, T., 2021, Multi-Parameter Vital Sign Telemedicine System Using Web Socket for COVID19 Pandemics, *In Healthcare*, 9(3), 285.
- Predictable Designs, 2022, *Comparison of Wireless Technologies: Bluetooth, WiFi, BLE, Zigbee, Z-Wave, 6LoWPAN, NFC, WiFi Direct, GSM, LTE, LoRa, NB-IoT and LTE-M* [online], John Tell, <https://predictabledesigns.com/wireless-technologies/bluetooth-wifi-zigbee-gsm-lte-lora-nb-iot-lte-m/> [Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2023].
- Quaresima, V., and Ferrari, M., 2020, COVID-19: efficacy of prehospital pulse oximetry for early detection of silent hypoxemia, *Critical Care*, 24(1), 1-2.
- Rahman, A., Tabassum, T., Araf, Y., Al Nahid, A., Ullah, M. A. and Hosen, M. J., 2021, Silent hypoxia in COVID-19: pathomechanism and possible management strategy, *Molecular biology reports*, 48(4), 1-7.
- Raposo, A., Marques, L., Correia, R., Melo, F., Valente, J., Pereira, T. and Silva, H. P. D., 2021, e-CoVig: A Novel mHealth System for Remote Monitoring of Symptoms in COVID-19, *Sensors*, 21(10), 3397.
- Santos, M., D., Roman C., Pimentel, M., A., F., Vollam, S., Areia, C., Young, L., Watkinson, P. and Tarassenko, L., 2021, A Real-Time Wearable System for Monitoring Vital Signs of COVID-19 Patients in a Hospital Setting, *Front. Digit. Health*, 3:630273.
- Singhal, T., A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19), *Indian J Pediatr*, 87(4), 281–286.
- SparkFun, 2020, *SparkFun Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor* [online], SparkFun, <https://www.sparkfun.com/products/15219> [Ziyaret Tarihi: 5 Aralık 2021].
- T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020, *Covid-19 Nedir?* [online], T.C. Sağlık Bakanlığı, <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66300/covid-19-nedir-.html> [Ziyaret Tarihi: 31 Mayıs 2023].
- Tayfur, İ. and Afacan, M. A., 2019, Reliability of smartphone measurements of vital parameters: A prospective study using a reference method, *The American journal of emergency medicine*, 37(8), 1527-1530.
- Teo, J., 2020, Early Detection of Silent Hypoxia in Covid-19 Pneumonia Using Smartphone Pulse Oximetry, *Journal of Medical System*, 44, 134.
- Tomlinson, S., Behrmann, S., Cranford, J., Louie, M. and Hashikawa, A., 2018, Accuracy of smartphone-based pulse oximetry compared with hospital-grade pulse oximetry in healthy children, *Telemedicine and e-Health*, 24(7), 527-535.
- Wilkerson, R. G., Adler, J. D., Shah, N. G. and Brown, R., 2020, Silent hypoxia: a harbinger of clinical deterioration in patients with COVID-19, *The American journal of emergency medicine*, 38(10), 2243-e5.

Yıldız, E., Çeviker, S. A., Tokur, M. E. and Balcı, C., 2021, Covid-19'da Oksijen Tedavisi, *IGUSABDER*, 14(2021), 376-388.

EKLER

EK-1 Ana pencere için dart tabanlı mobil yazılım kodu

```
import 'dart:io';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/controller/device_controller.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/bluetooth/bluetooth_scan_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/detail/recorted_detail_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/detail/recorted_measurement_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/detail/select_mode_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/detail/send_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/detail/settings_screen.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:provider/provider.dart';

class HomeScreen extends StatefulWidget {
  const HomeScreen({Key? key}) : super(key: key);

  @override
  State<HomeScreen> createState() => _HomeScreenState();
}

class _HomeScreenState extends State<HomeScreen> {
  @override
  void initState() {
    var viewModel = context.read<DeviceViewModel>();
    viewModel.listenConnectedDeviceStream(context);
    viewModel.connectControlDevice(context);
    super.initState();
  }

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Consumer<DeviceViewModel>(
      builder: (context, value, child) {
        return Scaffold(
          appBar: AppBar(
            title: Text(
              "Ölçüm Cihazı - ${value.isConnected == true ? 'Bağlı' : 'Bağlı değil'}"),
            centerTitle: true,
            backgroundColor:
              value.isDeviceConnected ? Colors.green : Colors.red,
          ),
          body: Column(
            mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.max,
            crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.stretch,
            children: [
              _buildItem("Ölçüm Yap", onPressed: () {
                push(const SelectModeScreen(), control: false);
              }),
              _buildItem("Kayıtlı Ölçümler", onPressed: () {
                push(RecortedMeasurementScreen(
                  onSelected: (models) {
                    Navigator.push(
                      context,
                      MaterialPageRoute(
                        builder: (context) =>
```

```

        RecordedDetailScreen(dataModels: models)),
    );
  },
), control: false);
}),
_buildItem("Uzmana Gönder", onPressed: () {
  push(RecordedMeasurementScreen(
    onSelected: (models) {
      Navigator.push(
        context,
        MaterialPageRoute(
          builder: (context) => SendScreen(models: models)),
        );
      },
    ), control: false);
}),
_buildItem("Ayarlar", onPressed: () {
  Navigator.push(
    context,
    MaterialPageRoute(
      builder: (context) => const SettingsScreen()),
    );
}),
_buildItem("Kapat", onPressed: () => exit(0)),
],
),
);
},
);
}

Expanded _buildItem(
  String title, {
  VoidCallback? onPressed,
}) {
  return Expanded(
    flex: 2,
    child: Padding(
      padding: const EdgeInsets.symmetric(vertical: 10, horizontal: 4),
      child: ElevatedButton(onPressed: onPressed, child: Text(title)),
    ),
  );
}

push(Widget page, {bool control = true}) {
  if (control) {
    if (!context.read<DeviceViewModel>().isDeviceConnected) {
      Navigator.push(
        context,
        MaterialPageRoute(builder: (context) => const BluetoothScanScreen()),
      );
      return;
    }
  }
  Navigator.push(
    context,
    MaterialPageRoute(builder: (context) => page),
  );
}
}

```

EK-2 Kayıtlı ölçümler menüsü için dart tabanlı mobil yazılım kodu

```
import 'package:collection/collection.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/controller/device_controller.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/manager/db_manager.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/model/data_model.dart';
import 'package:flutter/material.dart';

class RecordedMeasurementScreen extends StatefulWidget {
  final Function(List<DataModel> models)? onSelect;

  const RecordedMeasurementScreen({Key? key, this.onSelect}) : super(key: key);

  @override
  State<RecordedMeasurementScreen> createState() => _RecordedMeasurementScreenState();
}

class _RecordedMeasurementScreenState extends State<RecordedMeasurementScreen> {
  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    var list = DbManager.instance.dataDao.getData()?.reversed;
    if (list == null) {
      return Scaffold(
        appBar: AppBar(
          title: const Text("Kayıtlı ölçümler"),
        ),
        body: const Center(
          child: Text("Veri bulunamadı"),
        ),
      );
    }
    var groupedBy = list.groupListsBy((element) => element.primaryId);
    return Scaffold(
      appBar: AppBar(
        title: const Text("Kayıtlı ölçümler"),
        centerTitle: true,
      ),
      body: ListView.builder(
        itemCount: groupedBy.keys.length,
        itemBuilder: (context, index) {
          var values = groupedBy[groupedBy.keys.toList()[index]];
          if (values == null) return const Text("----");
          return InkWell(
            child: Card(
              child: ListTile(
                title:
                  Text("\${values.length.toString()} data - \${values.length == 1 ? 'Anlık Ölçüm' : 'Holter Ölçüm'}"),
                subtitle: Text("\${values.formatEarliest} \n\${values.formatLates}"),
                trailing: IconButton(
                  onPressed: () {
                    for (var element in values) {
                      DbManager.instance.dataDao.delete(element);
                    }
                    setState(() {});
                  },
                  icon: const Icon(Icons.delete),
                ),
              ),
            onTap: () {
              widget.onSelect?.call(values);
            },
          );
        },
      ),
    );
  }
}
```

EK-3 Ölçüm sonuçlarının grafik gösterimi için dart tabanlı mobil yazılım kodu

```
import 'package:covid19pulseoxsimeter/controller/device_controller.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/model/data_model.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/util/date_utils.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:oscilloscope/oscilloscope.dart';
import 'package:provider/provider.dart';
import 'package:syncfusion_flutter_charts/charts.dart';

class RecordedDetailScreen extends StatefulWidget {
  final List<DataModel> dataModels;
  const RecordedDetailScreen({Key? key, required this.dataModels})
    : super(key: key);

  @override
  State<RecordedDetailScreen> createState() => _RecordedDetailScreenState();
}

// grafik
https://github.com/0015/ThatProject/blob/master/Esp32\_dust\_sensor\_ble\_FLUTTER/flutter\_app\_esp32\_dust\_sensor/lib/sensor\_page.dart burdan alınacak.
class _RecordedDetailScreenState extends State<RecordedDetailScreen> {
  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Consumer<DeviceViewModel>(
      builder: (context, value, child) {
        var scopeOne = Oscilloscope(
          showYAxis: true,
          yAxisColor: Colors.orange,
          margin: const EdgeInsets.all(20.0),
          strokeWidth: 1.0,
          backgroundColor: Colors.black,
          traceColor: Colors.green,
          yAxisMax: DeviceViewModel.maxSp02,
          yAxisMin: DeviceViewModel.minSp02,
          dataSet: widget.dataModels.getSp02,
        );

        var zoomScopeOne = SfCartesianChart(
          primaryXAxis: CategoryAxis(),
          enableAxisAnimation: true,
          series: <ChartSeries>[
            // Renders line chart
            LineSeries<DataModel, String>(
              dataSource: widget.dataModels.reversed.toList(),
              xValueMapper: (DataModel sales, _) => DateUtil.instance
                .intParseToString(DateEnum.FULLTIME, sales.timeStamp),
              yValueMapper: (DataModel sales, _) => sales.sp02,
            )
          ],
          zoomPanBehavior: ZoomPanBehavior(
            zoomMode: ZoomMode.x,
            enableSelectionZooming: true,
            enablePinching: true,
            enablePanning: true,
          ),
        );
        var scopeTwo = Oscilloscope(
```

```

showYAxis: true,
yAxisColor: Colors.orange,
margin: const EdgeInsets.all(20.0),
strokeWidth: 1.0,
backgroundColor: Colors.black,
traceColor: Colors.green,
yAxisMax: DeviceViewModel.maxPulse,
yAxisMin: DeviceViewModel.minPulse,
dataSet: widget.dataModels.getPulse,
);

var zoomScopeTwo = SfCartesianChart(
  primaryXAxis: CategoryAxis(),
  enableAxisAnimation: true,
  series: <ChartSeries>[
    // Renders line chart
    LineSeries<DataModel, String>(
      dataSource: widget.dataModels.reversed.toList(),
      xValueMapper: (DataModel sales, _) => DateUtil.instance
        .intParseToString(DateEnum.FULLTIME, sales.timeStamp),
      yValueMapper: (DataModel sales, _) => sales.pulse,
    )
  ],
  zoomPanBehavior: ZoomPanBehavior(
    zoomMode: ZoomMode.x,
    enableSelectionZooming: true,
    enablePinching: true,
    enablePanning: true,
  ),
);

var scopeThree = Oscilloscope(
  showYAxis: true,
  yAxisColor: Colors.orange,
  margin: const EdgeInsets.all(20.0),
  strokeWidth: 1.0,
  backgroundColor: Colors.black,
  traceColor: Colors.green,
  yAxisMax: DeviceViewModel.maxTemperature,
  yAxisMin: DeviceViewModel.minTemperature,
  dataSet: widget.dataModels.getTemperature,
);

var zoomScopeThree = SfCartesianChart(
  primaryXAxis: CategoryAxis(),
  enableAxisAnimation: true,
  series: <ChartSeries>[
    // Renders line chart
    LineSeries<DataModel, String>(
      dataSource: widget.dataModels.reversed.toList(),
      xValueMapper: (DataModel sales, _) => DateUtil.instance
        .intParseToString(DateEnum.FULLTIME, sales.timeStamp),
      yValueMapper: (DataModel sales, _) => sales.temperature,
    )
  ],
  zoomPanBehavior: ZoomPanBehavior(
    zoomMode: ZoomMode.x,
    enableSelectionZooming: true,
    enablePinching: true,
    enablePanning: true,

```

```

    ),
  );

  return Scaffold(
    appBar: AppBar(
      title: Text(widget.dataModels.first.controlHolter
        ? "Holter Ölçüm"
        : "Anlık Ölçüm"),
      centerTitle: true,
    ),
    body: ListView(
      children: [
        Padding(
          padding: const EdgeInsets.all(8.0),
          child: Column(
            crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
            children: [
              const SizedBox(height: 10),
              const Text("SpO2", style: TextStyle(fontSize: 18)),
              const Divider(),
              SizedBox(child: zoomScopeOne, height: 190),
              const SizedBox(height: 20),
              const Text("Nabız", style: TextStyle(fontSize: 18)),
              const Divider(),
              SizedBox(child: zoomScopeTwo, height: 190),
              const SizedBox(height: 20),
              const Text("Sıcaklık", style: TextStyle(fontSize: 18)),
              const Divider(),
              SizedBox(child: zoomScopeThree, height: 190),
              const SizedBox(height: 10),
            ],
          ),
        ),
      ],
    ),
  );
}
}

```

EK-4 Uzmana Gönder penceresi için dart tabanlı mobil yazılım kodu

```
import 'package:covid19pulseoxsimeter/controller/device_controller.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/model/data_model.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/util/context_ext.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:mailto/mailto.dart';
import 'package:url_launcher/url_launcher.dart';

class SendScreen extends StatefulWidget {
  final List<DataModel> models;
  const SendScreen({
    Key? key,
    required this.models,
  }) : super(key: key);

  @override
  State<SendScreen> createState() => _SendScreenState();
}

class _SendScreenState extends State<SendScreen> {
  TextEditingController controller = TextEditingController();
  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      appBar: AppBar(
        title: const Text("Uzmana Gönder"),
      ),
      body: Padding(
        padding: const EdgeInsets.all(8.0),
        child: Column(
          children: [
            TextFormField(controller: controller,
              const SizedBox(height: 20),
              SizedBox(
                width: double.infinity,
                child: ElevatedButton(
                  onPressed: () {
                    launchMailto(widget.models);
                  },
                  child: const Text("Uzmana Gönder"),
                ),
              ),
            ),
          ],
        ),
      ),
    );
  }

  launchMailto(List<DataModel> models) async {
    if (controller.text.isEmpty) {
      context.showSnackBar("Email giriniz");
      return;
    }
    final mailtoLink = Mailto(
      to: [controller.text],
      subject: "'${models.formatEarliest}' / '${models.formatLates}'",
      body: models.getFormatData,
    );
    try {
      await launchUrl(Uri.parse('$mailtoLink'));
    } catch (e) {
      context.showSnackBar(e.toString());
    }
  }
}
```

EK-5 Ayarlar Penceresi için dart tabanlı mobil yazılım kodu

```
import 'package:covid19pulseoxsimeter/controller/device_controller.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/manager/shared_manager.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/bluetooth/bluetooth_scan_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/screens/select_file_screen.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/util/context_ext.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:flutter/services.dart';
import 'package:provider/provider.dart';

class SettingsScreen extends StatefulWidget {
  const SettingsScreen({Key? key}) : super(key: key);

  @override
  State<SettingsScreen> createState() => _SettingsScreenState();
}

class _SettingsScreenState extends State<SettingsScreen> {
  double frequencyDefaultValue = 1;
  double frequencyValue = 12;

  var frequencyMap = {
    12: "A",
    13: "B",
    14: "C",
    15: "D",
    16: "E",
    17: "F",
    18: "G",
    19: "H",
    20: "I",
    21: "J",
    22: "K",
    23: "L",
    24: "M"
  };

  double riskLevelDefaultValue = 1;
  double riskLevelValue = 5;

  TextEditingController pulseContoller = TextEditingController();
  TextEditingController sp02Controller = TextEditingController();
  TextEditingController temperatureController = TextEditingController();

  var riskLevelMap = {
    5: "N",
    10: "O",
    15: "P",
    20: "R",
    25: "S",
    30: "T",
    34: "U",
    40: "V",
    45: "Y",
  };

  @override
  void initState() {
```

```

pulseController.text = SharedManager.instance.getPulse().toString();
spO2Controller.text = SharedManager.instance.getSpO2().toString();
temperatureController.text =
    SharedManager.instance.getTemperature().toString();
super.initState();
}

@override
Widget build(BuildContext context) {
return Consumer<DeviceViewModel>(
  builder: (context, value, child) {
return Scaffold(
  appBar: AppBar(
    title: const Text("Ayarlar"),
    centerTitle: true,
    actions: [
      IconButton(
        onPressed: () {
          Navigator.push(
            context,
            MaterialPageRoute(
              builder: (context) => const SelectFileScreen(),
            );
        },
        icon: const Icon(Icons.abc, color: Colors.blue)),
    ],
  ),
  body: Padding(
    padding: const EdgeInsets.all(12.0),
    child: ListView(
      children: [
        _buildItem("Bluetooth Bağlantısı", onPressed: () {
          Navigator.push(
            context,
            MaterialPageRoute(
              builder: (context) => const BluetoothScanScreen(),
            );
        },
        const Divider(),
        const SizedBox(height: 20),
        const Text("Nabız"),
        TextFormField(
          controller: pulseController,
          keyboardType: TextInputType.number,
          inputFormatters: [
            FilteringTextInputFormatter.digitsOnly,
          ],
          onChanged: (value) {
            setState(() {});
          },
        ),
        const SizedBox(height: 20),
        const Text("spO2"),
        TextFormField(
          controller: spO2Controller,
          keyboardType: TextInputType.number,
          inputFormatters: [
            FilteringTextInputFormatter.digitsOnly,
          ],
          onChanged: (value) {

```

```

        setState() {});
    },
),
const SizedBox(height: 20),
const Text("Sıcaklık"),
TextFormField(
  controller: temperatureController,
  keyboardType: TextInputType.number,
  inputFormatters: [
    FilteringTextInputFormatter.digitsOnly,
  ],
  onChanged: (value) {
    setState() {});
  },
),
_buildItem("Kaydet",
  onPressed: !isChangeWarning
    ? null
    : () {
      try {
        var value = int.parse(pulseController.text);
        SharedManager.instance.setPulse(value);
        var value2 = int.parse(spO2Controller.text);
        SharedManager.instance.setSpO2(value2);
        var value3 =
          int.parse(temperatureController.text);
        SharedManager.instance.setTemperature(value3);
        context.showSnackBar("Kaydedildi");
        setState() {});
      } catch (e) {}
    },
const Divider(),
const SizedBox(height: 20),
if (value.isConnected != true) ...[
  const Center(
    child: Text(
      "Tüm ayarları görmek için cihazı bağlayın",
      style: TextStyle(
        fontSize: 18,
        color: Colors.red,
        fontWeight: FontWeight.bold),
    ),
  ),
],
if (value.isConnected == true) ...[
  Padding(
    padding: const EdgeInsets.symmetric(horizontal: 12),
    child: Text(
      "Ölçüm Sıklığı: ${frequencyValue.toInt()}",
      style: const TextStyle(
        fontSize: 16, fontWeight: FontWeight.bold),
    ),
  ),
  Slider(
    min: 12,
    max: 24,
    divisions: 12,
    value: frequencyValue,
    onChanged: (value) {
      setState() {

```

```

        frequencyValue = value;
    });
    ),
    Padding(
        padding: const EdgeInsets.symmetric(horizontal: 12),
        child: Text(
            "Risk Seviyesi: ${riskLevelValue.toInt()}",
            style: const TextStyle(
                fontSize: 16, fontWeight: FontWeight.bold),
        ),
    ),
    Slider(
        min: 5,
        max: 45,
        divisions: 8,
        value: riskLevelValue,
        onChanged: (value) {
            setState() {
                riskLevelValue = value;
            };
        },
    ),
    const SizedBox(height: 20),
    ElevatedButton(
        onPressed: riskLevelDefaultValue != riskLevelValue ||
            frequencyDefaultValue != frequencyValue
            ? () async {
                var frequencyText = frequencyMap[frequencyValue] ??
                    frequencyDefaultValue;
                context
                    .read<DeviceViewModel>()
                    .write(frequencyText, context);
                await Future.delayed(const Duration(seconds: 1));
                var riskLevelText = riskLevelMap[riskLevelValue] ??
                    riskLevelDefaultValue;
                context
                    .read<DeviceViewModel>()
                    .write(riskLevelText, context);
                frequencyDefaultValue = frequencyValue;
                riskLevelDefaultValue = riskLevelValue;
                setState() {});
                context.showSnackBar("Güncelleme yapıldı");
            }
            : null,
        child: const Text("Kaydet"),
    ),
    ],
    ),
    );
}

Widget _buildItem(
    String title, {
    VoidCallback? onPressed,
}) {
    return Padding(
        padding: const EdgeInsets.symmetric(vertical: 10, horizontal: 4),
        child: ElevatedButton(onPressed: onPressed, child: Text(title)),
    );
}

bool get isChangeWarning =>
    (SharedManager.instance.getPulse().toString() != pulseContoller.text &&
        pulseContoller.text.isNotEmpty) ||
    (SharedManager.instance.getSp02().toString() != sp02Contoller.text &&
        sp02Contoller.text.isNotEmpty) ||
    (SharedManager.instance.getTempature().toString() !=
        temperatureContoller.text &&
        temperatureContoller.text.isNotEmpty);
}

```

EK-6 Hive veritabanına kayıt için oluşturulan veri modelinin mobil yazılım kodu

```
import 'package:covid19pulseoxsimeter/db/hive_model.dart';
import 'package:covid19pulseoxsimeter/util/date_utils.dart';
import 'package:hive/hive.dart';
import '../db/hive_constant.dart';

part 'data_model.g.dart';

@HiveType(typeId: HiveConstant.dataTypeId)
class DataModel extends HiveModel {
  @HiveField(0)
  double? temperature;
  @HiveField(1)
  double? pulse;
  @HiveField(2)
  double? sp02;
  @HiveField(3)
  int primaryId;
  @HiveField(4)
  int timeStamp = DateTime.now().millisecondsSinceEpoch;
  int? mode;

  DataModel({
    this.temperature,
    this.pulse,
    required this.primaryId,
    this.sp02,
    this.mode,
  });

  DataModel.timeStamp({
    this.temperature,
    this.pulse,
    required this.primaryId,
    this.sp02,
    this.mode,
    required this.timeStamp,
  });

  DataModel.withBleData(String data, this.primaryId) {
    var splitText = data.split(":");
    if (splitText.length == 4) {
      try {
        mode = double.parse(splitText[0]).toInt();
        sp02 = double.parse(splitText[1]);
        pulse = double.parse(splitText[2]);
        temperature = double.parse(splitText[3]);
      } catch (e) {} } }

  String get modeText => mode == 1 ? "Holter Ölçüm" : "Anlık Ölçüm";

  bool get controlHolter => mode == 1;
  bool get controlInstant => mode == 2;

  DateTime get date => DateUtil.instance.intParseToDate(timeStamp);

  bool get isFinish => sp02 == 3 && pulse == 3 && temperature == 3 && mode == 3;
}
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mert TURANLI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Bitlis 01/01/1997
Telefon : +90 544 871 2574
e-mail : mert.mktrnk@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muş TOBB Anadolu Öğretmen Lisesi	2014
Üniversite	: NEÜ Mekatronik Müh. Bölümü	2020
Yüksek Lisans	NEÜ Mekatronik Müh. ABD	Devam ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2019	Uzman Mühendislik	Gömülü Yazılım Mühendisi
2021	CVG Tech	Gömülü Sistem Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Gömülü Sistemler

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Turanlı M., İlhan İ., and Yavşan E., Pulse Oximeter Based System Prototype to Monitor Vital Signs of COVID-19 Patients in Quarantine, 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 20.07.2022 - 23.07.2022.