



## NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI SAĞLIK İZLEME SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Sedat Akleylek<sup>1,2</sup>, Erdal Kılıç<sup>1\*,2</sup>, Burcu Söylemez<sup>2</sup>, Tahir Ergun Aruk<sup>3</sup>, Ceyda Aksaç<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

<sup>2</sup> S DataM, Bilişim Teknolojileri ve Güvenliği LTD ŞTİ, Samsun, Türkiye

<sup>3</sup> Rönesans Holding, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Nesnelerin İnterneti, Sağlık İzleme Sistemleri, IoT Sensörü, Veri Toplama.</i>	Sağlık sektöründe erken teşhis ya da ön çıkarım yapmak oldukça önemlidir. Bu durum tedavinin kalite ve etkinliği açısından önem taşımakla beraber kritik hastalıklar için de hayati müdahaleler anlamına gelmektedir. Ön çıkarım ve erken teşhisin gerçekleştirilmesi için gerekli en önemli adım verilerin sürekli takibidir. Kişilerin verileri üzerinde sürekli takip ve analiz yapmak anormal durumların anında tespit edilmesini sağlayabilir. Bunu gerçekleştirmek içinse IoT teknolojisi oldukça uygundur. IoT (Nesnelerin İnterneti) ile anlık olarak uzak noktalara yayılabilen anlamlı veriler öngörme kabiliyetini ciddi oranda artırmaktadır. IoT sistemlerinde amaca göre farklı şekilde bulunan sensörler ile oluşturulacak sistemlerin karakteristik özelliğine özgü seçimler yapılarak birçok parametre bilgisi elde edilebilmektedir. Yine bu parametreler IoT teknolojisi sayesinde uzak sistemlere aktarılabilir. Böylece hastalar nerede olursa olsun verilerinin takibi yapılabilir. Bu elde edilen veriler üzerinde çeşitli analiz ve işlemlerle öngörüler gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, sağlık izleme sistemleri üzerine derleme yapılmıştır ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

## A RESEARCH ON IOT BASED HEALTH MONITORING SYSTEMS

Keywords	Abstract
<i>Internet of Things, Health Monitoring Systems, IoT Sensor, Sample Data Collection.</i>	In the healthcare industry, early diagnosis or predictions are very important. Although this is important for the quality and effectiveness of the treatment, it also means vital interventions for critical diseases. The most important step for prediction and early diagnosis is the continuous monitoring of the data. Continuous monitoring and analysis of personal data can enable abnormal situations to be detected immediately. To achieve this, IoT technology is very suitable. IoT technology enables data to be shared within the area and with remote servers. Thus, wherever patients are, their data can be followed. This fact significantly increases the system's ability to predict diseases. There are many sensors in IoT systems. These sensors are selected according to the characteristics and purpose of the systems. A lot of parameter information is obtained with these sensors. In this work, we reviewed health monitoring systems and made several recommendations.

### Alıntı / Cite

Akleylek, S., Kılıç, E., Söylemez, B., Aruk, T. E., Aksaç, C., (2020). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Sağlık İzleme Sistemleri Üzerine Bir Çalışma, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(5), 80-89.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
S. Akleylek, 0000-0001-7005-6489	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b> 26.11.2020
E. Kılıç, 0000-0003-1585-0991	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b> 26.12.2020
B. Söylemez, 0000-0001-7499-6689	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b> 26.12.2020
T.E. Aruk, 0000-0002-5412-7731	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b> 29.12.2020
C. Aksaç, 0000-0003-0022-789X	

## 1. Giriş (Introduction)

Teknoloji tarih boyunca insanlığın hayatını kolaylaştırmak ve ihtiyaçları etrafında şekillenmek üzerine bir rol oynamıştır. İnsanlık birçok konuda teknolojiden doğurduğu imkânları kullanarak ilerlemeye dair bir çark düzeni oluşturmuştur. Ancak her şeyden daha mühim ve daha kısıtlı bir alan vardır ki insanlığın teknolojiye en çok minnet duyduğu nokta da işte bu alandır. Sağlık alanında yaşanan ilerlemeleri organizma olarak birebir tecrübe ediyor oluşumuz teknoloji ile fizyolojik anlamda en sıkı iletişimi kurmamızı sağlamaktadır. Çözümü dahi bulunamayan hastalıklar Sağlık ve Bilişim sektörünün işbirliğinden doğan tedavilere kavuşmaktadır. IoT başka bir ifadeyle nesnelerin internet kavramı ile nesne-insan ilişkileri daha interaktif, bilgi ise daha geniş çaplı ve hızlı yayılabilir hale gelmektedir. IoT'nin sağladığı pek çok imkân ile insanlığın en kritik konusu sağlık kaynaştırılarak ortaya çok daha güçlü çözümler koymak amaçlanmaktadır. Sağlık sektöründe öngörünün önemi tartışılmaz bir gerçektir. IoT ile anlık olarak uzak noktalara yayılabilen anlamlı veriler öngörme kabiliyetini ciddi oranda artırmaktadır. IoT sistemlerinde çeşitli amaçlara yönelik sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler işlevine bağlı olarak belirli bölgelerde bulunabilmektedirler. Sensörler verinin kaynağı olarak görülmekte ve bu verilerin işlendiği bir uygulama ayağı ile de sisteme asıl görevi atanmaktadır. Veriye sürekli erişim için verinin alındığı organizma bir başka deyişle insanda sensörü taşıma durumu önemlidir. Sensörlerin taşınabilir olması için çalışmalar küçük boyutlu ve takılabilir prototipler üretmek konusunda kararlıdır. Giyilebilir teknoloji sektörünün, nesnelerin internet tabanlı sağlık izleme sistemlerinden oluştuğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu çalışmada IoT ve sağlık sektörünün bir araya getirildiği çalışmalara yer verilmiştir.

## 2. Nesnelerin İnterneti Hakkında (About Internet of Things)

### 2.1. IoT Nedir? (What is the IoT?)

Nesnelerin interneti aslında bir cihazlar sistemidir. Birçok farklı cihazın bir ağ üzerinden haberleşmesine bağlı olarak oluşturulan bu haberleşme sistemi ile nesnelere birbirleri ile etkileşim özelliği kazandırılmıştır. Yalnızca internet teknolojisi değil RFID (Radio Frequency Identification) başka bir ifadeyle radyo frekansı ile tanımlama teknolojisi üzerinden gerçekleştirilen etkileşimler de nesnelerin internet sistemine dâhildir.

RFID, radyo dalgaları kullanarak elektronik RFID etiketi koyulan nesnelere gelen verinin, RFID okuyucusu aracılığıyla aktarılması teknolojisidir. Veriler gerçek zamanlı olarak toplanmakta ve iletilmektedir. RFID etiketi ile nesnelere benzersiz kimlikleri kazandırılır (Ajami vd. 2013). RFID dışında, sunucuya bağlı olan bir adaptör bir başka deyişle sensörden alınan sayısallaştırılmış veriler standart IP Protokolü kullanılarak da kablosuz olarak aktarılabilir (Kılıç vd. 2017). Kısaca IoT, cihazlara veri-alışverişi, bağlantı kurma işlevlerini kazandıran teknolojik duyu organları, algılayıcılarıdır.

### 2.2. Nasıl Ortaya Çıktı? ( A Brief History of the Internet of Things)

IoT sistemleri birbirleri ile gerçek zamanlı olarak haberleşen cihazlardan oluşan sistemlerdir. İlk IoT örneği olarak kabul edilen olay bir kameralı sistem ve bilgisayarın haberleşmesidir. 1991 yılında Cambridge üniversitesindeki bir grup akademisyen, ortamda bulunan kahve makinesini görüntülemek isteyince ortama kahve makinesini görece şekilde bir kamera yerleştirdiler ve bu kameradan kahve makinesine dair elde ettikleri görüntüleri dakikada 3 adet olmak üzere kendi bilgisayarlarına gönderdiler. Böylece ilk kez iki cihaz birbirleri ile gerçek zamanlı olarak haberleşmiş oldu.

### 2.3. IoT Sensörleri (IoT Sensors)

IoT teknolojisinde işlevleri farklı olmak üzere birçok sensör tipi bulunmaktadır. Çalışmalar yapılırken çalışmanın amacına bağlı olarak hangi sensörlerin dâhil edileceği belirlenir. Sağlık alanına yönelik yapılan çalışmalarda sıkça kullanılan sensörler şunlardır: Nabız sensörü, EKG (Elektrokardiyografi) sensörü, oksijen sensörü, sıcaklık sensörü ve ivme sensörü. Nabız sensörleri, kalp atışının ölçümünü gerçekleştirir. Elektrokardiyografi sensörleri de kalp atış hızının izlenmesini sağlar. Bu iki sensör arasındaki fark şudur: EKG sensörünün ölçtüğü kalp atış hızı kalbin dakikada kaç kez kasıldığı bilgisini verir. Bu bilgi ise EKG sensöründe bulunan elektrotlar aracılığıyla ölçülür. Nabız sensörünün ölçtüğü kalp atışı ise kasılan kalbin sağladığı kan pompalama işleminden sonra damardan geçen kanın dakikadaki mekanik darbesidir ve bu nabız sensöründeki fotoseller üzerinden ölçülür. Oksijen sensörü, kandaki oksijen seviyesi hakkında bilgi verir. Sıcaklık sensörü ise kişinin vücut ısısını belirtir. Havale gibi kritik ateşli hastalıklar söz konusu olduğunda bu sensörden elde edilecek veriler çok önemlidir. İvme sensörleri kişinin üzerinde taşıması olayı varsayıldığında titreme, düşme, koşma, yürüme gibi durumların algılanması için kullanılmaktadır. Bu çıkarımları yapabilmek için seçilen ivme sensörünün eksen sayısı, hassaslığı gibi özellikler temel alınarak seçim yapılması önemlidir. Birçok çalışmada genel olarak 2 veya 3 eksenli ivme sensörü kullanılmaktadır (Jha vd. 2017).

Bu sensörler dışında daha birçok IoT sensör örneği bulunmaktadır. Akıllı ev sistemlerinde ise daha çok şu sensörler karşımıza çıkar: Kimyasal sensör, hareket algılama sensörü, duman sensörü, yakınlık sensörü gibi. Bu sensörler havadaki kimyasalların ve dumanın, yakındaki nesnelere tespitinde kullanılabilir.

## 2.4. Giyilebilir Teknoloji (Wearable Technology)

IoT teknolojisi ile nesnelere birbirleri ile haberleşmesinin yaygınlaşmasından sonra bu teknolojinin insan vücudu ile birlikte çalışmaya başlanması sonucu 2015 yılından itibaren popülerliği büyük bir ivmeyle artan giyilebilir teknolojik ürünler ortaya çıkmıştır (Wan, 2018; Sönmez vd. 2018; Acharya vd. 2020).

Tıpta giyilebilir teknoloji, sağlık sektöründeki çalışmalarda insana dair belirli verileri almak, verilerdeki değişimleri tespit etmek ve bu değişimlere bağlı olarak tepki oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Kollardan veri toplayan akıllı saatler ve bileklikler, akıllı kıyafetler vücuda temas ettiği alanın oranı dikkate alındığında, diğer giyilebilir teknolojilere kıyasla kişi ile ilgili daha çok veri toplayabilirler (Kılıç, 2017).

## 3. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

### 3.1. Sağlık Alanında Nesnelere İnterneti Kullanılarak Gerçekleştirilmiş Çalışmalar (Literature Survey of IoT Based Health Applications)

#### 3.1.1 Öfke Takibi Çalışması (Anger Tracking Studies)

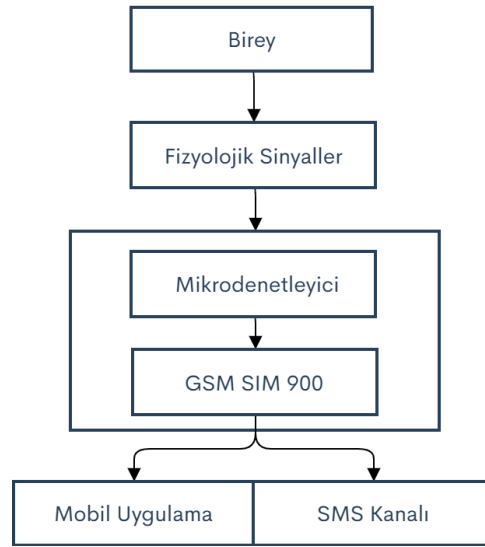
Vücuttaki fizyolojik değişikliklere dayalı duygu tespiti yapmak ve öfke gibi yıkıcı bir duygunun takibi sağlıklı bir yaşam için gereklidir (Jha vd. 2017). Yapılan öfke takibi çalışması ile V. Jha ve ekip arkadaşları, insanlarda öfke anında gerçekleşen fizyolojik değişiklikleri tespit ve analiz eden bir izleme sistemi oluşturmuştur. İzleme sistemi, GSM (Global System for Mobile Communication) ve SIM (Subscriber Identity Module) 900 ile oluşturulmuştur. GSM sensörleri burada bulunduğu nesneye internete bağlanabilme, arama yapabilme ve sms gönderebilme işlevlerini kazandırır. Bu çalışma sayesinde kişinin modundaki çalkantılı durumlar donanım tarafından tespit edilmektedir. Giyilebilir teknolojiyi, düşük maliyetli ve insan derisinde herhangi bir kesme ve benzeri durum oluşturmayan yöntemlere dayalı bir bileklik üretme kısmında kullanmışlardır. Bilekliğin takılı olduğu durumlarda her an, her yerde öfke anının tespiti yapılabilmektedir.

Bu projede kullanılan IoT sensörleri nabız sensörü, ivme sensörü ve sıcaklık sensörüdür. Bu sensörlerden elde edilen toplam veri üzerinden en doğru çıkarım yapılmasını hedeflemişlerdir.

**Tablo 1.** İnsan Faaliyetleri Sırasında Fizyolojik Parametreler

Aktivite	Nabız Atış Hızı	Sıcaklık Seviyesi	Vücut Hareketi
Öfke	Yüksek	Yüksek	Nadiren
Egzersiz	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Duş	Yok	Düşük ya da Yüksek	Düşük
Yürüyüş	Yok	Çok düşük	Yüksek
Korku	Yüksek	Düşük	Olabilir

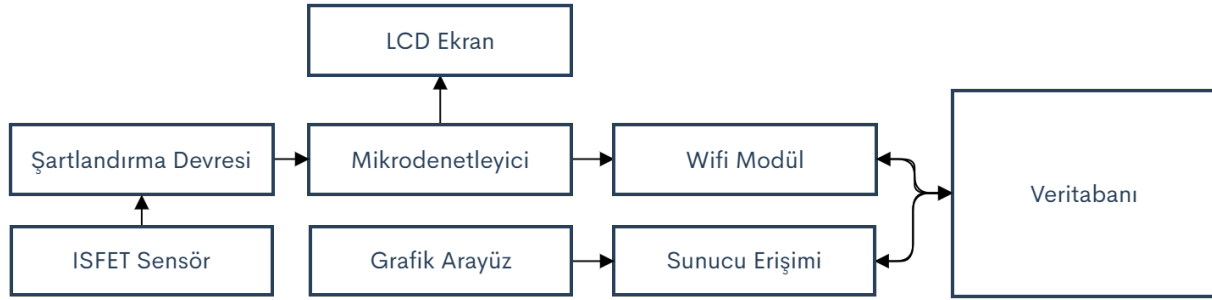
Tablo 1’de yer alan veriler üzerinden kişiler üzerinde stres ölçümü yapılmıştır. Örneğin kişinin vücut hareketi 80 saniyeden fazla ise bu stres değil egzersiz durumudur (Jha vd. 2017). Bu sebeple sistem herhangi bir uyarı durumu oluşturmaz. Tablo 1’deki verilere bakıldığında öfke durumu ile en çok benzerlik gösteren durum egzersizdir. İki durumun ayırt edilmesinde kişinin vücut hareketi verilerine bakılmaktadır. Eğer 80 saniyeden sonra hareket devam etmiyorsa bu öfke durumudur çıkarımı yapılır ve sms ile kullanıcıya bir uyarı mesajı gönderilir. Kişinin verileri, öfke durumu içersin veya içermesin web ve Android uygulamalar üzerinde düzenli aralıklarla kaydedilir. Şekil 1’de gerçekleştirilen çalışmanın mimarisi yer almaktadır.



Şekil 1. Öfke Takibi Mimarisi

### 3.1.2. Kan Şekeri Takip Çalışması (Blood Glucose Tracking Studies)

Perez ve ekip arkadaşları, kandaki glikozu ölçen bir glikoz sensörü tasarlamışlardır. Bu yapıda ISFET (Ion Sensitive Field-Effect Transistor) kullanılmıştır (Perez vd. 2013). Şekil 2’de verilen mimari yapıda ISFET sensör ile kandaki glikoz seviyesi ölçülmektedir. Sensör, her bir kan örneği için bir voltaj değeri üreten şartlandırma devresine bağlıdır. Bu şartlandırma verisinden üretilen voltaj değeri mikrodenetleyiciye verilir. Bu veri hem LCD gösterilirken aynı zamanda wifi modülü aracılığıyla uzakta bulunan bir veri tabanına aktarılır. Ayrıca veritabanı ve sunucu arasındaki çift yönlü etkileşim sonucu elde edilen sonuçlar da kullanıcılara gösterilmektedir.

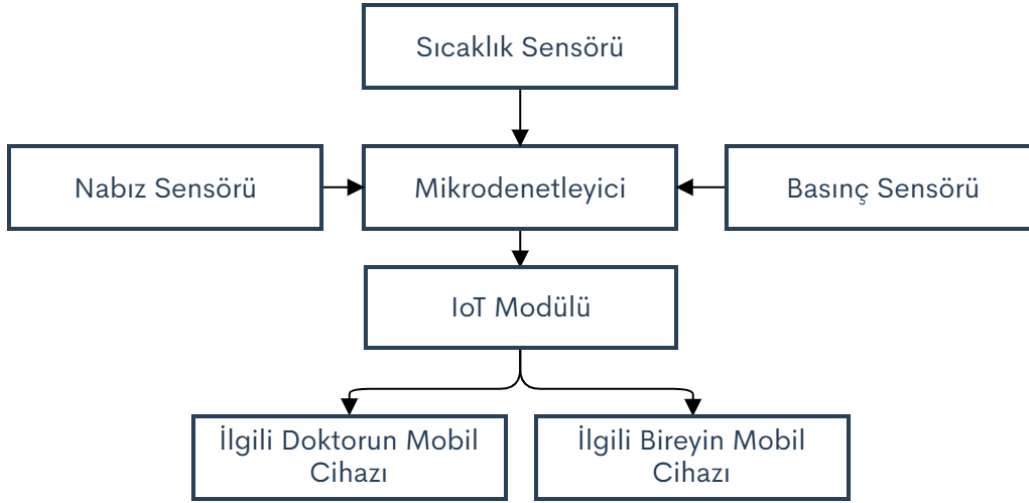


Şekil 2. Kan Şekeri Takip Projesi Çalışma Mimarisi

### 3.1.3. Hamile Kadınlar İçin Sağlık Takibi (Tracking Systems for Pregnants)

Santhi ve ekip arkadaşları hamile kadınların sağlık durumlarının takibinin izlenmesi konusunu ele almışlardır. Geliştirme kiti olarak CC3200 kullanılmıştır (Santhi vd. 2013). CC3200, birçok arayüz girişi bulunan çok noktalı bir kontrol ünitesidir. Santhi ve ekip arkadaşlarına göre bu çalışma, web uygulaması ve CC3200 yöntemlerinin kablosuz sensör ağında birlikte kullanıldığı bir çözüm sistemi sunar. Projede kablosuz ağ bulunduğu doktorlar, uzakta olan hamilelerin ve bebeklerinin sağlık durumlarını izleyebilirler. CC3200 yöntemi, verilerin dinamik olarak ölçülüp IoT teknolojisini kullanarak buluta aktarılmasını sağlar. Bu çalışmada vücut sıcaklığı sensörü, basınç sensörü ve nabız sensörü kullanılmıştır. Bu sensörlerin herbiri farklı kullanım amacı taşımaktadır. Sıcaklık sensörü, diyottan okunan voltaj değerine göre nesnelerin sıcaklık ve soğukluğunu ölçer. Basınç sensörü, basıncı voltaj gibi okunabilen analog elektrik sinyallerine ya da kolay ölçülebilir çıktılara dönüştürür. Nabız sensörü ise kan dolaşımından yansıyan kızılötesi ışık miktarına göre nabız ölçmektedir.

IoT'nin ana kavram olduğu projelerde sensörlerin yanı sıra bir de bu sensörlerden elde edilen verileri işlemeyi sağlayan bir mikrodenetleyici de bulunur. Çalışmalar kapsamında kullanılan çeşitli sensörlerden elde edilen veriler mikrodenetleyicilerde anlamlı hale getirilir. Santhi ve ekip arkadaşları, vücut sıcaklığı, basınç ve nabız verilerini bu çalışma için seçtiği CC3200 mikrodenetleyicisine aktarmaktadırlar. Bu veriler üzerinde kendi çıkarım mekanizmalarına göre anormallik söz konusu olduğunda hamile hastaların hem doktorlarına hem de o hasta ile ilişkilendirilmiş bireye alarm, uyarı gönderilmektedir.

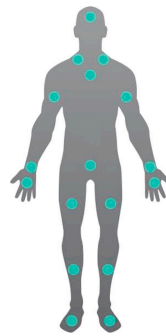


Şekil 3. Santhi ve Ekip Arkadaşları Tarafından Gerçekleştirilen Projenin Çalışma Mimarisi

Santhi ve ekip arkadaşlarının yaptığı çalışmanın mimarisi Şekil 3'te verilmiştir. Sıcaklık, basınç ve nabız sensörü CC3200 model mikrodenetleyiciye bağlıdır. Güç kaynağına bağlı mikrodenetleyici ise IoT sistemi ile ilişkilidir. CC3200 mikrodenetleyicisinde ADC (Analog Digital Converter) ve Wifi modülü bulunmaktadır. ADC modülü sayesinde analogdan dijitale çevrilen sinyaller, wifi modülü aracılığıyla mikrodenetleyici tarafından buluta aktarılır. Bulut kavramı aslında burada IoT'dir. IP adresleri üzerinden haberleşen kişisel cihazlar anormal durumlar söz konusu olduğunda birbirleri ile iletişime geçerler.

### 3.1.4. Parkinson Hastalığında Vücut Titreşim Takibi (Body Vibration Tracking in Parkinson's Disease)

Delrobaei ve ekip arkadaşları parkinson hastalığının en önemli belirtisi olan titreme durumu üzerinde durmuşlardır (Delrobaei vd. 2018). Çünkü parkinson hastalığının en belirgin özelliği vücutta meydana gelen titremelerdir. Sağlıklı ve Parkinson hastaları bir araya getirerek her iki grubu birbirinden ayırabilmek adına hareketsizlik tabanlı bir hareket algılama sistemi oluşturmuşlardır. Oluşturdukları bu ölçüm sisteminde UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) Türkçesiyle birleşik parkinson hastalığı değerlendirme ölçeğini temel almışlardır. Delrobaei ve ekip arkadaşlarının yaptığı çalışmada bulunan Parkinson hastaları için UPDRS ile titreme şiddeti dereceleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, parkinson hastalarının değerlendirilmesi konusunda uygun ve klinik olarak anlam ifade etmektedirler. Vücudun çeşitli bölgelerine takılan bantlar taşınabilir kullanımı ile ev ortamlarında da hastalar için kolaylık sağlamaktadırlar. Böylece hastalar herhangi bir ortamda kolayca titreme şiddeti derecelerini gözlemleyebilecek duruma gelmektedirler. Çalışmada IMU (Inertial Measurement Unit) başka bir ifadeyle eylemsizlik ölçü birimi sensörü kullanılmıştır. IMU sensörü aslında bütünleşmiş bir sensördür. İvmeölçer ve jiroskoptan meydana gelir ve bu sensörlerden ayrı ayrı elde edilen açısal hız ve ivme parametrelerini tek bir noktadan elde etmeyi sağlar. Çalışma kapsamında IMU sensörleri vücudun çeşitli bölgelerine yerleştirilmiştir. Şekil 4'te Delrobaei ve ekip arkadaşları, Parkinson hastalarına yönelik yaptıkları çalışmada kişinin titreşim durumunu simüle etmek için kişilerin çeşitli bölgelerine yerleştirdikleri IMU sensörleri gösterilmiştir. Bu sensörlerden elde edilen veriler ışığında kişileri temsilen bir animasyon elde edilmektedir.



Şekil 4. IMU Sensörlerinin Vücut Pozisyonları

### 3.1.5. Giyilebilir Stres Takibi (Wearable Stress Tracking)

Lebepe ve ekip arkadaşları işyerinde stres durumunun toplumdaki insanların sağlığına zararlı olabileceği gibi kritik kalp hastalıkları konusunda da tetikleyici olduğu duruma değinerek birden fazla sensör bulunduran giyilebilir stres izleme sisteminin tasarımını ve uygulamasını gerçekleştirmişlerdir (Lebepe vd. 2013).

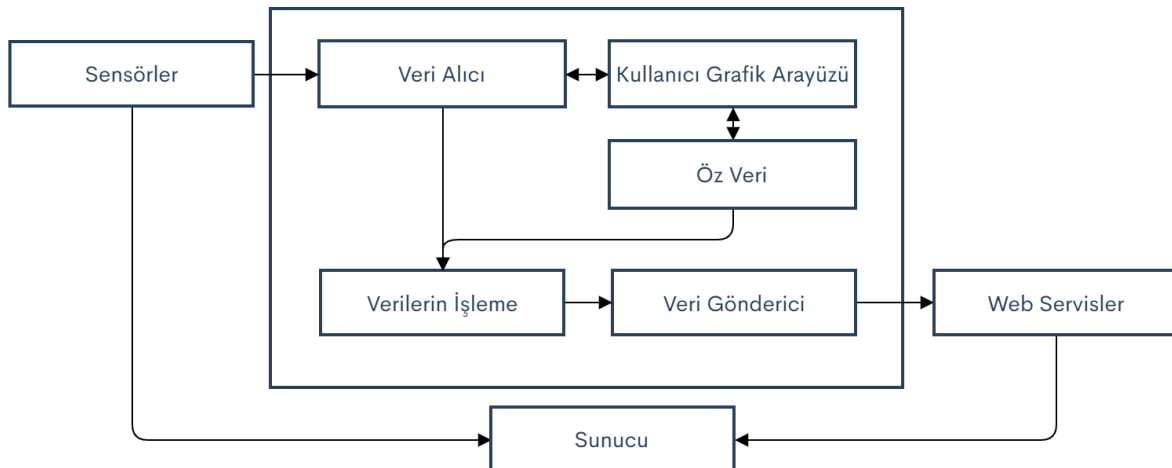
Stresin “algılanan fiziksel veya psikolojik tehditlere bedensel tepkiler” olduğu bu yüzden bedensel tepkilerin tehlikeli seviyelerde olduğu durumlara odaklanılmasının önemli bir durum olduğu savunulmaktadır (Lebepe vd. 2016). Yazarlar bu görüşleri temel alarak yaptıkları çalışmada kan basıncı sensörü, nabız sensörü ve GSR (Galvanic Skin Response) Türkçesiyle galvanic deri tepkisi sensörü kullanmışlardır. Galvanik deri tepkisi sensörü, derinin elektriksel iletkenliğinden yola çıkarak stres, öfke, heyecan gibi durumların ölçülmesinde kullanılır. Ancak Lebepe ve arkadaşları yaptıkları çalışmada doğrudan GSR sensörünün çıktısını esas almamışlardır. Sıcaklık ve nabız sensörleri ile çıkarımlara destek olacak veriler elde etmişlerdir. Şöyleki sıcaklık sensöründen 400-800 ohm arası voltaj ölçümleri elde edilmektedir. Sıcaklık sensöründeki değerler kişinin stres seviyesine göre eş zamanlı olarak değişir. Kişinin stres durumu arttığında ısı sensöründen okunan direnç azalır; stres durumu azaldığında sensörden okunan direnç artar. Voltajların direkt olarak bir anlam aralığı tablosu bulunmamaktadır. Tamamen kişiye özgün şekilde ve kişinin başlangıç sıcaklığına bağlı olarak 400-800 ohm arasında değişmektedir.

Çalışmanın arka planında WBAN (Wireless Body Area Network) mimarisi kullanılmıştır. Bu kavram, giysi, vücut ve deri altı gibi konumlara yerleştirilen bağımsız noktalardan oluşan bir ağ yapısını temsil etmektedir. Projede kullanılan ve vücuda yerleştirilen sensörler kablosuz vücut alan ağını oluşturmaktadırlar. Bu sensörlerden alınan veriler bir mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Bu mikrodenetleyicinin modeli SP232'dir.

Mikrodenetleyicilerdeki analog voltaj değerleri seri haberleşme aracılığıyla Bluetooth modülüne aktarılır. Bluetooth modülü sayesinde ise bu veriler bir telefona aktarılır. Telefona aktarılan her veri için bir zaman damgası üretilir ve veriler bu zaman damgaları ile birlikte kaydedilir. Telefondaki veriler sms aracılığıyla bir websitesine gönderilir. Web sitesindeki veriler ise bir veritabanına kaydedilir.

### 3.1.6. Uyku ve Stres Kalitesi Takibi (Quality of Sleeping and Stress Tracking)

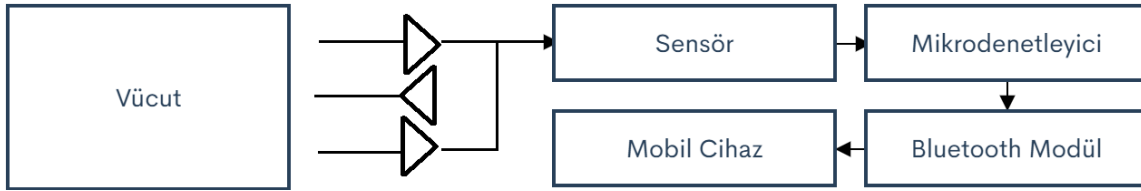
Majoe ve ekip arkadaşları mental, zihinsel bir çöküntünün erken teşhis edilmesi ve stresle başa çıkma konusunda yardımcı olmayı amaçlamışlardır (Majoe vd. 2010). Yaptıkları çalışma ile depresyonun gerçek zamanlı tahmininin sağlanması da aynı zamanda gerçekleştirilmek istenen bir durumdur. Çalışmada kullanılan yöntem invazif olmayan bir yöntemdir. İnvazif yöntemler deride kesme, deri içi işlem gibi durumların gerçekleştirildiği yöntemlerdir. Majoe ve ekip arkadaşlarının yöntemi ise deride herhangi bir müdahale gerektirmeyen bir yöntemdir. Kişilerde kalp atış hızı sabit bir değer değildir ve belirli bir aralıktaki salınım değerlerine sahiptir. Bu salınımlar sempatik ve parasempatik sistemler ile ilişkilidir. Kişiler strese maruz kaldığında sempatik tepkide artış, parasempatik tepkide ise azalma görülür. Bu verileri elde edebilmek için çalışmada EKG sensörü kullanılmıştır. Elektrokardiyografi sensörü ile kalp atış hızına ilişkin grafiksel bir sonuç elde edilebilmektedir. Bu çıkarımın yanı sıra Majoe ve ekip arkadaşları kişinin uyku durumunu da incelemişlerdir. Uyuyan kişilerin hareketlerini de algılayıp gözlemlemişlerdir. EKG sensörü çıktıları ve uyku halindeki hareket verilerini birleştirerek zihinsel sağlık konusunda uyku kalitesi hakkında tahmin üreten bir mekanizmanın gerçekleştirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Uyku sırasındaki hareketlerin gözlemlenmesinde ivme sensörü kullanılmıştır. Bu ivme sensörü 3 adet eksene sahiptir ve modeli ADXL325'tir. Sistemin mimari yapısı Şekil 5'te verilmiştir.



### Şekil 5. Dağıtık İşlem Mimarisi

#### 3.1.7. Devreden Bağımsız Çalışan EKG Ölçümü için Kol Bandı (Armband for ECG Measurement Independently of the Circuit)

Alexander ve ekip arkadaşları bir kol bandı üzerinden elektrokardiyografi sensörünün yaptığı işlemi gerçekleştiren EKG izleme cihazı tasarlamışlardır. Tasarımları, ağırlığı hafif ve kolay taşınabilir bir kol bandıdır (Alexander vd. 2017). Standart EKG cihazlarının taşınabilir olmaması ve insan vücuduna bağlanması gereken 12 adet ucunun olması kullanımları konusunda sıkıntı yaratmaktadır. Aynı zamanda bu uçlar alerjik reaksiyon da gösterebildiklerinden uzun süreli izleme konusunda başarısız deneyimlere sebep olabilmektedirler. Şekil 6'da verilen sistem mimarisinde, elektrot modül parçası, EKG sensörü, arduino ve mobil cihazlar bulunmaktadır. Elektrot modülleri artı, eksi ve toprak olmak üzere 3 tiptir. Bu iletken elektrotlar sayesinde insan vücudundan elektrik sinyali elde edilmektedir. Çalışma kapsamında elektrotlar ve EKG sensörü bir kol bandına entegre edilmiştir.



Şekil 6. EKG İzleme Cihazı Blok Diyagramı

Vücut ile sensör arasında bulunan eksi, artı ve toprak elektrotlar bu iki kavram arasındaki ilişkiyi oluşturmaktadır. Vücuttaki elektriksel aktiviteyi ölçmek için kullanılan ıslak ve kuru elektrotlar doğrudan vücut üzerine yerleştirilmişken temassız elektrot bir kumaş yalıtkan üzerinden yerleştirilmiştir. Elektrotlardan sensöre gelen veriler sensör tarafından da mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan mikrodenetleyici Arduino Lilypad içerisinde bulunan ATmega168'dir. ATmega168V düşük güçte çalışmaktadır. Projedeki ana bileşenler, elektrotlar, EKG sensörü, Bluetooth ve bir mobil cihaz iken mikrodenetleyicinin görevi gelen sinyalleri işlemek ve analog sinyallerden dijital sinyale dönüştürmektir. Analog ve dijital sinyal dönüşümü verilerin Bluetooth üzerinde taşınması için gereklidir. EKG sensörü ise burada sinyal algılama ve algılanan sinyalleri yükseltmek ile görevlidir. EKG sensörünün modeli AD8232'dir. Sensörden mikrodenetleyiciye aktarılan ve arduino geliştirme kartı sayesinde işlenen veri ve mikrodenetleyici tarafından analog - dijital dönüşümü yapılan veriler daha sonra Bluetooth modülüne aktarılmaktadır. Projede kullanılan Bluetooth modülü Bluetooth 4.0'dır. Mobil cihaz tarafındaysa kullanıcılar gerçek zamanlı olarak verilerini izleyebilmektedir. Ve verilerini kaydedip daha sonra geçmişe dönük kayıtları görüntüleyebilmektedirler. Bu kayıtlar üzerinden ise kalp aktivitelerindeki normal ve anormal durumlar hakkında detaylı bilgi alabilmektedirler (Alexander vd. 2017).

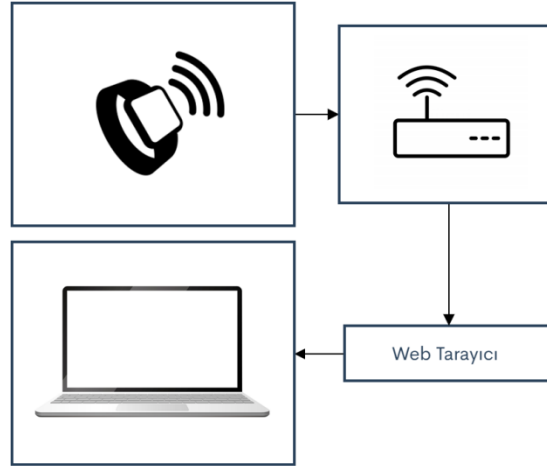
#### 3.1.8. Rehabilitasyonda Geri Bildirim Sistemi (Feedback System in Rehabilitation)

Sung ve ekip arkadaşları, sağlık bakımını tanımlayan kavram olan rehabilitasyon için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirdikleri çalışma ile oluşturdukları sisteme LiveNet adını vermişlerdir (Sung vd. 2005). LiveNet, giyilebilir bir sistem olup gerçek zamanlı veri analizi ve sınıflandırması yapabilmektedir. Sistem, birçok fizyolojik algılama kartı ve sensörlerden oluşmaktadır. Bir liveNet sistemi üç eksenli ivmeyi, ses, EKG, EMG (Electromyography) bir başka deyişle kasların elektrik potansiyelini, galvanik cilt tepkisini, vücut sıcaklığını, solunum, kan oksijeni, kan basıncı ve ısı akışını sürekli olarak izleme ve kaydedebilme özelliklerine sahiptir. Sung ve ekip arkadaşlarının yaptıkları bu çalışma tek bir hastalık türünde değil birden fazla konuda sınıflandırılma ve analiz yapılmasını sağlamaktadır. Sistemde bulunan ivme sensörü 3 eksenli olup birçok aktivitedeki ayrımı yapabilmektedir. İvme sensörü sayesinde kişinin yürüme, koşma, bisiklet sürme, merdiven çıkma gibi birçok eylemden hangisini gerçekleştirdiği çıkarımı yapılmaktadır. Kullanılan bir diğer sensör de GSR sensörüdür. Galvanik deri tepkisi sensörü ile duygusal ya da stresli durumlar hakkında çıkarım yapılabilmektedir. GSR sensörü tabanlı stres ve duygu durumu dedektörleri ile kişilerin konuşmalarına bağlı potansiyel karakterleri sınıflandırılabilir. LiveNet sistemleri askeriyede kritik durumlarda, epilepsi krizlerinde, depresyon tedavisi sürecinde ve genel aktivite sınıflandırılmasında kullanılabilir. LiveNet sistemi prototipi invazif değildir (Sung vd. 2005).

#### 3.1.9. Diyabet Hastalığında Hipoglisemi Takibi (Follow-up of Hypoglycemia in Diabetes)

Hipoglisemi, kan şekeri seviyesinin düşmesi durumudur. Bu durumun belirtileri olarak terleme, çarpıntı, sersemlik ve benzeri etkiler görülmektedir (Yotha vd. 2016). Yotha ve ekip arkadaşları yaptıkları çalışmada

hipogliseminin izlenmesi için kablosuz bir tasarım oluşturmuşlardır. Kablosuz tasarımları 3 önemli bölüme sahiptir. İlk bölüm sensörlerden oluşmaktadır. Sensör olarak nem ve nabız sensörü kullanılmıştır. Diğer bölüm ise içinde mikroişlemci de barındıran Arduino mini geliştirme kartı vardır. Çalışma kapsamında verilerin işlenmesi konusunda Arduino IDE (Integrated Development Environment) kullanılmıştır. Son kısım ise verilerin takibini, izlenmesini sağlayan programdır. Çalışmada nem ve nabız sensörü olarak H1H6130 sensör kullanılmıştır.

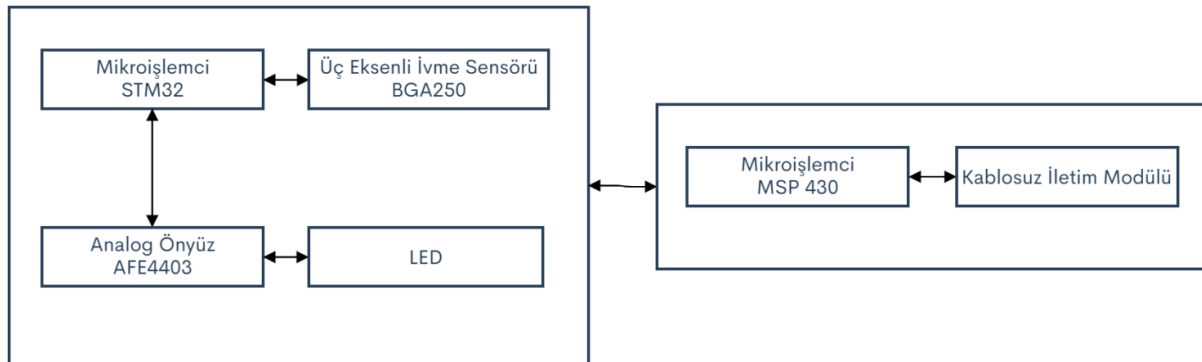


Şekil 7. Hipoglisemi Takip Sistemi Blok Diyagramı

Şekil 7’de Yotha ve ekip arkadaşlarının yaptıkları çalışmanın blok diyagramı görülmektedir. Geliştirdikleri sisteme ait iş akışı şu şekildedir: İlk olarak kalp atış hızı, sıcaklık ve nem kullanılan sensör tarafından ölçülür. Veriler geliştirme kartına gönderilir ve burada işlenir. 10 adet verinin ortalaması üzerinden işlemler gerçekleştirilir. İşlenen veriler risk durumuna göre 3 seviyede değerlendirilir. Projede, verilerin Web tarafına gönderilmesi için Wi-Fi modülü kullanılmıştır. Veriler Wi-Fi modülü tarafından Wi-Fi hotspot kullanılarak web sitesine aktarılmaktadır. Bu işlem her 2 dakikada bir gerçekleştirilmektedir. Verilerin izlenmesi ve bilgilerin görüntülenmesi için web sitesine giriş yapmak gerekmektedir.

### 3.1.10. Oksijen Satürasyonu ve Nabız Ölçüm Cihazı (Oxygen Saturation and Pulse Meter)

Fu ve ekip arkadaşı spor faaliyetleri ile uğraşan kişiler için bir giyilebilir izleme cihazı gerçekleştirmişlerdir. Bu cihaz ile kişinin nabız ve oksijen miktarı üzerine yoğunlaşmışlardır (Fu vd. 2015). Oksijen satürasyonu ve nabız ölçümü için yakın kızılötesi doku oksimetresi kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan mikrodenetleyici STM32’dir. Kullandıkları sensörlerden elde edilen nabız ve oksijen satürasyonu verileri doktorlara ve sporcuların antrenörlerine gönderilmektedir. Bu gönderim işlemi GPRS (General Packet Radio Service), WiFi ve Zigbee ağları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca verinin işlenmesi için de makine öğreniminden faydalanılmaktadır. Fu ve ekip arkadaşı Liu, elde ettikleri satürasyon ve nabız verilerinin işlerken uzman karar verme sistemi tercih etmişlerdir. İşlenen ve anlamlı hale getirilen veriler GPRS ve wifi ağları üzerinden ilgili kişilerin mobil cihazlarına gönderilmektedir. Oksijen satürasyon modülü birçok işlemin yönetimini sağlamak için tasarlanmıştır. Örneğin; analog sinyalin işlenmesi, sinyal toplama vb. STM32 mikrodenetleyicisine dayanan bu modül kablosuz iletişim ağları ile birlikte çalışmaktadır. Sistemin yapısı Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Oksijen Satürasyonu ve Nabız Ölçüm Cihazının Sistem Modeli

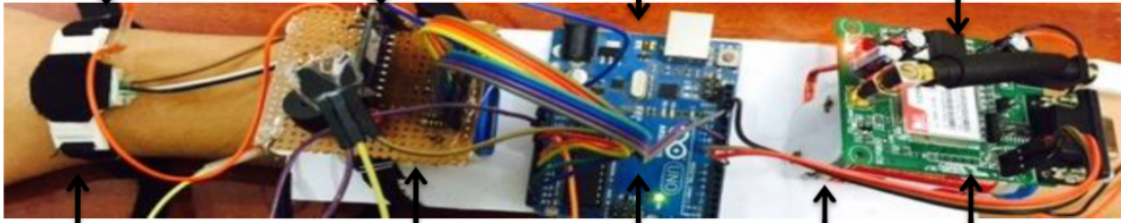
Satürasyon ve nabız elde etmek için LED cilt yansıma sinyalini Front-end modülünde kullanır. Hareket algılama için ise 3 eksenli ivme sensörünün dijital çıkışı olan BGA250 sensörü kullanılmaktadır. Oksijen satürasyonu ve nabızın hesaplanmasında STM32’nin görevi karışık sinyalleri işlemektir. Tüm sistemin kontrolü ise MSP 430



modelli mikroişlemcidedir. Verinin gönderilmesi için gerçekleştirilen iletişimde ise kablosuz iletim modülü kullanılmaktadır. Bu modül ile veriler sporcuların koçlarına ve doktorlarına gönderilebilmektedir.

#### 4. Araştırma Bulguları (Results)

İncelenen çalışmalarda çeşitli IoT sensörleri kullanılmış olup gerçekleştirilen projelerde, söz konusu sensörler mimarinin belirli bölümlerinde yer almaktadır. Jha ve ekip arkadaşlarının öfke takibi üzerine yaptıkları çalışmada kullanılan sensörler haberleşme için GSM modülü, sağlık verileri için, nabız, sıcaklık ve 3 eksenli ivmeölçer olarakta ADXL345'tir.



Şekil 9. Çalışmanın Genel Düzenneği

Şekil 9'da en solda görünen yapı Jha ve ekip arkadaşlarının geliştirdikleri giyilebilir prototiptir. Nabız sensörü ve termistörden oluşmaktadır. Diğer yapılar sırasıyla: Aktivite izleyici ve alarm modülü, işlem ünitesi, taşıma ünitesidir. Aktivite ünitesi üzerinde ivmeölçer, alarm zili, LED bulunmaktadır. İşlem ünitesi ise arduino UNO'dan oluşmaktadır. Taşıma ünitesinde ise GSM modülü mevcuttur.

Perez ve ekip arkadaşlarının kan şekeri takibi üzerine geliştirdikleri glikoz sensöründe, İyon çözeltilerinin konsantrasyonunun ölçülmesinde kullanılan bir alan etkili transistör türü olan ISFET kullanmışlardır. Ancak çalışmada kullanılan ISFET glikoza duyarlı olan değil pH duyarlı türdür. Dolayısıyla Perez ve ekibi bunu glikoza duyarlı hale getirmek için kimyasal işlemler gerçekleştirmişlerdir.

Santhi ve ekip arkadaşlarının hamile kadınlar için geliştirdikleri giyilebilir izleme sisteminde haberleşme için, Wifi modülü, sağlık verileri için, nabız, sıcaklık, basınç sensörü ve sıcaklık sensörü olarak MAX232'i kullanmışlardır. Burada nabız verisi için sensör boyunda kullanılabilir. Ancak verilerin kaydedilmesi ve manipüle edilmesi için nabız sinyallerinin elektrik sinyallerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle sensörler ayrı ayrı olarak kullanılmış ve doğrudan MSP-CC3200 mikrodenetleyicisine bağlanmıştır.

Delrobaei ve ekip arkadaşlarının Parkinson hastalarında vücut titreşiminin izlemesi için yaptıkları çalışmada ivme, jiroskop, EMG, gonyometre (eklem hareketlerinin ölçümü), optik hareket yakalama ve vücut titreşim ölçüm sensörünü kullanmışlardır. Lebepe ve ekip arkadaşlarının gerçekleştirmiş giyilebilir stres takibi için yaptıkları çalışmada kullandıkları sensörler kan basıncı, nabız, solunum ve GSR sensörleridir.

Majoe ve ekip arkadaşlarının uyku ve stres kalitesi takibi için gerçekleştirdikleri çalışmada ivme, ECG, EEG, ses analizi, 3 eksenli ivmeölçer olarakta ADXL325 kullanmışlardır. Alexander ve ekip arkadaşları devreden bağımsız çalışan EKG ölçümü için tasarladıkları giyilebilir kol bandında ECG sensörü olarak AD8232 kullanmışlardır. Ayrıca vücut ile ECG sensörü arasında elektrotlar vardır. Sung ve ekip arkadaşlarının rehabilitasyonda geri bildirim amaçlı yaptıkları çalışmada kullandıkları sensör tipleri vücut sıcaklığı, nabız, ivme, EKG, EMG ve GSR sensörleridir.

Yotha ve ekip arkadaşları diyabet hastalığında glisemi takibi için gerçekleştirdikleri çalışmalarında kullandıkları sensörler; nabız, vücut sıcaklığı ve nem sensörüdür. Nem ve nabız için kullanılan sensör modeli ise H1H6130'dur. Fu ve ekip arkadaşı Liu'nun kullandıkları sensörler ise nabız ve oksijen satürasyonu sensörüdür.

#### 5. Sonuçlar ve Tartışma (Conclusions and Discussion)

Literatürde bulunan birçok çalışma nesnelerin interneti ve sağlık izleme temaları kapsamında incelenmiş olup bu alanda birçok çalışma örneği olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalarda amaçlanan durum doğrultusunda, farklı birçok IoT sensörüne yer verildiği gözlemlenmiştir. Bu hususta araştırmalarda en sık kullanılan sensörlerin nabız, kan basıncı, vücut sıcaklığı, galvanik deri tepkisi, elektrokardiyografi ve ivme sensörleri olduğu saptanmıştır. Entegre sensörlerin kullanılabilir hale getirilmesi ile giyilebilir teknolojilerin daha anlamlı ve daha az maliyetli olmasına olanak sağlayacaktır.

## Teşekkür

Bu çalışma 3180329 proje numarası ile TÜBİTAK TEYDEB tarafından desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

## Kaynaklar (References)

- Acharya, A.D., Patil, S.N., 2020. IoT based health care monitoring kit. Fourth international conference on computing methodologies and communication (ICCMC), 363–368.
- Ajami, S., Rajabzadeh, A., 2013. Radio Frequency Identification (RFID) technology and patient safety. *J Res Med Sci*, 18(9), 809-13.
- Alexander, A., Arun, C.S., 2017. Mobile Ecg Monitoring Device Using Wearable Non-Contact Armband. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 10(6), 1-7.
- Delrobaei, M., Memar, S., Pieterman, M., Stratton, T. W., Mclsaac, K., Jog, M., 2018. Towards remote monitoring of Parkinson's disease tremor using wearable motion capture systems. *Journal of the Neurological Sciences*, 384, 38-45.
- Fu, Y., Liu, J., 2015. System design for wearable blood oxygen saturation and pulse measurement device. *AHFE*, 3, 1187-1194. <https://www.generationrobots.com/media/DetecteurDePoulsAmplifie/PulseSensorAmpedGettingStartedGuide.pdf>, "Pulse Sensor Getting Started Guide", [August. 04, 2019].
- [https://support.polar.com/en/support/Difference\\_Between\\_Heart\\_Rate\\_and\\_Pulse](https://support.polar.com/en/support/Difference_Between_Heart_Rate_and_Pulse), "Difference between Heart Rate and Pulse", [August. 05, 2019].
- Jha, V., Prakas, N., Sagar, S., 2017. Wearable Anger-Monitoring System. *ICTE*, 95, 17.
- Kılıç T., Bayır, E., 2017. An Investigation on Internet of Things Technology (IoT) In Smart Houses. *International Journal of Engineering Research and Development*, 9(3), 197.
- Lebepe, F., Niezen, G., Hancke, G.P., Ramotsoela, T.D., 2016. Wearable Stress Monitoring System Using Multiple Sensors. *International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 895-897.
- Majoe, D., Bonhof, P., Kaegi-Trachsel, T., Gutknecht, J., Widmer, L., 2010. Stress and Sleep Quality Estimation from a Smart Wearable Sensor. *Pervasive Computing and Applications (ICPCA)*, 14-18.
- Kılıç, Ö., 2017. Giyilebilir Teknoloji Ürünleri Pazarı ve Kullanım Alanları, 9(4), 99–109.
- Perez, J.M.D., Misa, W.B., Tan, P.A.C., Robles, J., 2016. A wireless Blood Sugar Monitoring System Using Ion-Sensitive Field Effect Transistor. *TENCON Conference*, 1742-1743.
- Santhi, V., Ramya, K., Tarana, A.P.J., Vinitha, G., 2017. IOT Based Wearable Health Monitoring System for Pregnant Ladies Using CC3200. *International Journal of Advanced Research Methodology in Engineering & Technology*, 1(3), 56-59.
- Sönmez, Ç., Aytakin, A., Tüminçin, F., 2018. Nesnelerin İnterneti Ve Giyilebilir Teknolojiler. *Journal of Social Research and Behavioral Sciences*, 84-93.
- Sung, M., Marci, C., Pentland, A., 2005. Wearable feedback systems for rehabilitation. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 2(17), 1-12.
- Wan, J.A.-a., 2018. Wearable IoT enabled real-time health monitoring system. *J Wireless Com Network*, 1(11), 298.
- Yotha, D., Pidhalek, C., Yimman, S., Niramitmahapanya, S., 2016. Design and Construction of the Hypoglycemia Monitor Wireless System for Diabetic. *BMEiCON*, 10.1109/BMEiCON.2016.7859603, 1-4.