

ƏŞYALARIN İNTERNETİ (IoT) ƏSASLI ÜRƏK RİTMLƏRİNƏ MƏSAFƏDƏN NƏZARƏT SİSTEMİ: ESP8266 VƏ SENSOR TEKNOLOGİYALARININ TƏTBİQİ



İzzət Piriyeu,

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin
tibbi texnologiya ixtisası üzrə doktorantı*

e-mail: izzetpiriyev.n@gmail.com

<https://doi.org/10.30546/2706-7858.2025.4.047>

UOT: 004.738.5:616.1

Xülasə. *Hazırda səhiyyə xidmətlərində məsafədən monitoring sistemlərinin tətbiqi getdikcə daha çox genişlənir və bu yanaşma pasiyentlərin fizioloji parametrlərinə fasiləsiz və operativ nəzarəti mümkün edir. Tədqiqatda Əşyaların interneti texnologiyasına əsaslanan məsafədən ürək ritminə nəzarət sistemi təklif olunmuşdur. Sistem ESP8266 mikrokontrolleri, Pulse Sensor Amped və OLED display modulundan istifadə etməklə qurulmuşdur. Real vaxt rejimində pasiyentin nəbz signallarını ölçmək və vizuallaşdırmaq məqsədi ilə sensorla əldə olunan məlumatlar mikrokontroller vasitəsilə emal edilir və həm OLED displaydə, həm də internet üzərindən gmail vasitəsilə həkimə ötürülür. Təklif olunan sistemdə pasiyentin ürək ritmində baş verən anormal dəyişikliklərin, xüsusilə taxikardiya və bradikardiya hallarının avtomatik aşkarlanması üçün sadə və effektiv alqoritm işlənilib hazırlanmışdır.*

Açar sözlər: *əşyaların interneti, ürək ritmi, məsafədən nəzarət, nəbz sensoru, ağıllı sistemlər.*

Key words: *internet of things, heart rate, remote monitoring, pulse sensor, smart systems.*

Ключевые слова: *интернет вещей, сердечный ритм, удаленный мониторинг, датчик пульса, интеллектуальные системы.*

Müasir dövrdə səhiyyə sahəsində tibbi texnologiyanın inkişafı, xüsusilə də IoT (Internet of Things – Əşyaların Interneti) texnologiyalarının tətbiqi xəstələrin vəziyyətinin real vaxt rejimində məsafədən nəzarət imkanlarını xeyli genişləndirmişdir. Bu kontekstdə ürək ritmlərinə məsafədən nəzarət sistemləri xəstəxana mühitindən kənarda, yəni gündəlik aktiv

həyat şəraitində belə ürək fəaliyyətinin monitoringini mümkün edən mühüm texnoloji həllərdən biri kimi önə çıxır [1]. IoT obyektlərdən məlumat toplamaq və mübadilə etmək imkanı verən elektronika, program təminatı, sensorlar və şəbəkə bağlantısı ilə integrasiya olunmuş fiziki cihazlar və digər elementlər şəbəkəsidir [2]. Səhiyyə sahəsində istifadə olunan IoT tez-tez Tibbi Əşyaların Interneti (ing. IoMT-Internet of Medical

Things) olaraq adlandırılır. İnsandan insana və ya insandan kompüterə qarşılıqlı əlaqə tələb etmədən məlumatları şəbəkə üzərindən ötürmək imkanına malik tibbi əşyalara Tibbi Əşyaların İnterneti deyilir [1]. IoMT platforması əsasən xəstədən biotibbi siqnalları əldə etmək üçün sensorlar və elektron sxemlərdən, siqnalları emal etmək üçün emal bölməsindən, biotibbi məlumatların şəbəkə üzərindən ötürülməsi üçün şəbəkə qurğusundan, müvəqqəti və ya daimi saxlama qurğusundan ibarət olan ağıllı sistemdir [3]. Səhiyyədə IoT-un ən populyar nümunəsi xəstənin məsafədən monitorinqi olsa da, IoT-nin bir çox başqa nümunələri də var. Bunlara ictimai səhiyyə, mHealth, ahıl və fiziki imkanları məhdud insanlara yardım, dərmanların yan təsirləri, coğrafi mövqeyin izlənməsi, şəkərin, qan təzyiqinin monitorinqi, ürək sıxılmalarının tezliyi və EKG monitorinqi kimi tətbiqlər aiddir [4].

Məsələnin qoyuluşu

Rəqəmsal texnologiyaların inkişafı IoT əsaslı tibbi monitorinq sistemlərində yeni imkanlar yaratmaqdadır. Xüsusilə ESP8266 kimi mikroprosessorlar və müxtəlif biotibbi sensorlar vasitəsilə real vaxtda məsafədən məlumatların toplanılması və analiz edilməsi imkanı yaranır. Tədqiqatın əsas məqsədi ürək ritminin məsafədən izlənməsi üçün ESP8266 Wi-Fi modulu və nəbz sensoru kimi sensor texnologiyalarından istifadə edərək IoT əsaslı səmərəli və real vaxtda işləyən bir sistemin qurulması və tətbiqidir. Tədqiqatda, həmçinin ölçmə siqnallarının analizi aparılır və normadan kənar ürək ritmi (taxikardiya, bradikardiya) aşkar edildikdə istifadəçiyə xəbərdarlıq göndərilməsi üçün uyğun bir alqoritm təklif olunur.

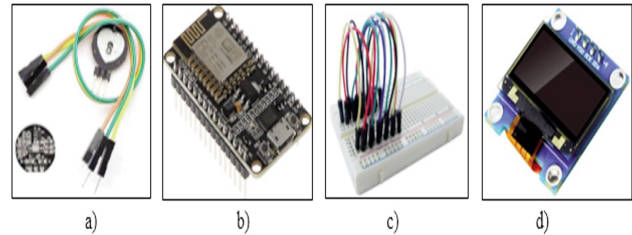
Əsas anlayışlar

IoT texnologiyası tibb sahəsində, xüsusilə fərdi sağlamlıq monitorinq sistemləri, real vaxtda ürək ritmi və həyat göstəricilərinə nəzarət, xəstəyə aid məlumatların məsafədən əldə olunması kimi tətbiqlərdə mühüm rol oynayır. Mövcud ədəbiyyatlarda IoT termininin standart, hər kəs tərəfindən qəbul edilən bir tərfi yoxdur. İKT nöqteyi-nəzərdən IoT ümumi şəkildə aşağıdakı düstur kimi təsvir etmək olar [4]:

$$I-u \text{ IoT} = \text{Sensorlar} + \text{Verilənlər} + \text{Şəbəkə} + \text{Xidmətlər} \quad (1)$$

Təklif edilən IoT əsaslı ürək ritminin moni-

toring sistemi müxtəlif texnoloji komponentlərin birgə fəaliyyətinə əsaslanır. Şəkil 1-də sistemin əsas komponentləri verilmişdir.



Şəkil 1. IoT əsaslı ürək ritmi monitorinq sisteminin əsas texniki komponentləri: a) Pluse Sensor Amped; b) NodeMCU V3 ESP8266M Wifi modulu; c) Jumper kabellər və breardbord; d) 128x64 Oled Ekran Display Lcd 0.96 I2c

Hər bir komponent spesifik texniki və funksional imkanlara malikdir və onların interaktiv şəkildə işləməsi nəticəsində sistem real vaxt rejimində məlumatların toplanılması, işlənməsi, vizuallaşdırılması və ötürülməsi kimi mühüm prosesləri həyata keçirir. Tədqiqatda istifadə olunan bütün texniki komponentlərin spesifik xüsusiyyətləri və onların təyin edilmiş funksional rolu sistemin effektivliyinə birbaşa təsir göstərdiyindən hər birinin texniki göstəriciləri və tətbiq sahəsindəki vəzifəsi aşağıda verilmişdir:

Pulse Sensor Amped – ürək döyüntüsünü ölçmək üçün hazırlanmış optik nəbz sensorudur (şəkil 1,a). Sensorunun VCC, GND və Signal Pin adlı üç əsas pini mövcuddur. VCC pini enerji təchizatı üçün 3.3V və ya 5V ilə əlaqələndirilir, Signal Pin isə sensorun vasitəsilə ölçülən siqnalı mikrokontrollərə göndərir. Sensor barmağın ucuna (qulağa, biləyə) yerləşdirilir və LED vasitəsilə dəriyə işıq göndərilir. Qanın axını zamanı işığın əks olunması dəyişir və bu dəyişiklik fotodiod tərəfindən qəbul edilərək analoq siqnala çevrilir [5]. Ürək ritmini ifadə edən BPM (beats per minute-dəqiqədə vuruş sayı) göstəricisi iki ardıcıl ürək döyüntüsü arasındakı zaman intervalı əsasında aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$BPM = \frac{60 \text{ seconds}}{t_{\text{beat-to-beat}}} \quad (2)$$

Burada, $t_{\text{beat-to-beat}}$ – iki ardıcıl ürək döyüntüsü arasında ölçülən zaman intervalıdır. Sensor tərəfindən aşkar edilən impulslar arasındakı zaman ölçülərək bu düstur vasitəsilə real vaxtda

insanın ürək ritmi müəyyən edilir.

NodeMCU V3 ESP8266M Wi-Fi modulu ESP8266 çipi əsasında qurulmuş bu modul həm mikroprosessor, həm də Wi-Fi rabitə funksiyalarını özündə birləşdirir. 80 MHz CPU, 10 GPIO portu və 4 MB flash yaddaşı mövcuddur. Sensorlardan alınan siqnalları oxuyur, emal edir və internet vasitəsilə məlumatları bulud platformasına və ya veb interfeysə ötürür. Bu da məsafədən real vaxtda monitoringə imkan verir [6].

Jumper kabellər və breadboard – prototip sxemlərin yığılması üçün istifadə olunan əlaqələndirici komponentlərdir. Bu quraşdırmanı lehimləmədən həyata keçirtməyə imkan verir. Bütün komponentlər arasında fiziki əlaqəni təmin edir. Məsələn, sensor siqnalının NodeMCU-ya ötürülməsi jumper kabellər vasitəsilə həyata keçirilir.

128x64 OLED Ekran (0.96 I2C) – 0,96 düym-lük, 128x64 piksel ölçülü OLED ekran, I2C interfeysi ilə işləyir. Aşağı enerji sərfiyyatı ilə yüksək kontrastlı görüntü imkanı təqdim edir. ESP8266 tərəfindən oxunan nəbz dəyərləri və siqnal forması bu ekran vasitəsilə vizuallaşdırılır [7].

Məsələnin həlli

Tədqiqatın bu bölməsində məsafədən ürək ritminin monitoringi məqsədi ilə ESP8266 Wi-Fi modulu və nəbz sensoru əsasında qurulan IoT əsaslı sistemin reallaşdırılması mərhələləri ətraflı şəkildə təqdim olunur. Təklif olunan sistemdə 2 əsas moduldan (nəbz sensoru və OLED ekran) istifadə olunur. Hər bir komponentin uyğun NodeMCU ESP8266 pinlərinə qoşulması *cədvəl 1-də* verilmişdir.

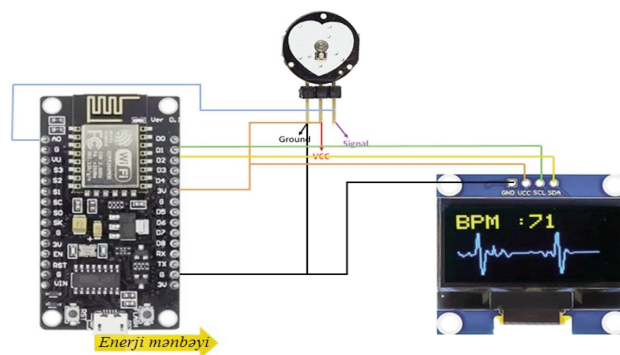
Cədvəl 1.

Sistemdə istifadə olunan komponentlərin ESP8266 mikrokontrollerinə qoşulma sxemi

№	Komponentin adı	Pinlər	NodeMCU V3 ESP8266 pinləri
1	Pulse Sensor Amped	VCC	3.3V
2		GND	GND
3		Signal	A0
4	OLED Display (128x64)	VCC	3.3 V
5		GND	GND
6		SCL	D1 (GPIO5)
7		SDA	D2 (GPIO4)

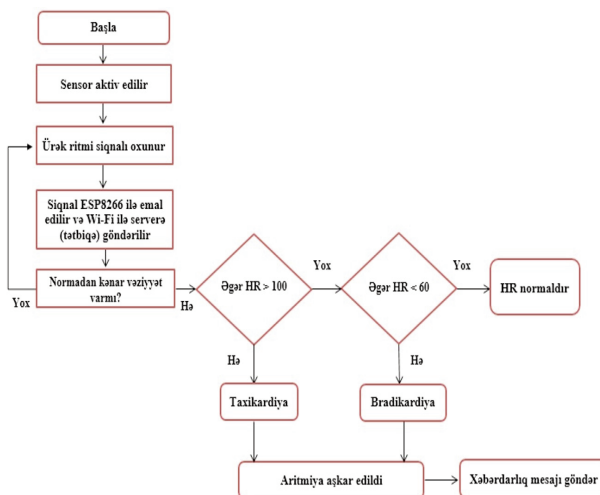
ESP8266 Wi-Fi modulu ilə nəbz sensoru və OLED 128x64 I2C Display modulunun birləşdirilməsi *şəkil 2-də* göstərilmişdir. Nəbz sensoru vasitəsilə ürək ritmləri (HR-Heart Rate) real

vaxtda ölçülür və ESP8266 tərəfindən oxunaraq OLED ekran vasitəsilə vizuallaşdırılır.



Şəkil 2. IoT əsaslı ürək ritminin ölçmə sistemi

Təklif edilən sistemdə Pulse sensorun VCC və GND pinlərinə müvafiq olaraq enerji verilir və siqnal çıxışı A0 pininə bağlanır. OLED ekran isə I2C interfeysi ilə mikrokontrollerə qoşulur [8]. Ölçülən ürək ritmi dəyərləri real vaxtda OLED ekran üzərində BPM şəklində əks olunur. ESP8266 bu məlumatları bulud serverinə və ya mobil tətbiqə ötürür. IoT əsaslı sistemin iş axını və xəbərdarlıq sistemi alqoritmi *şəkil 3-də* verilmişdir.

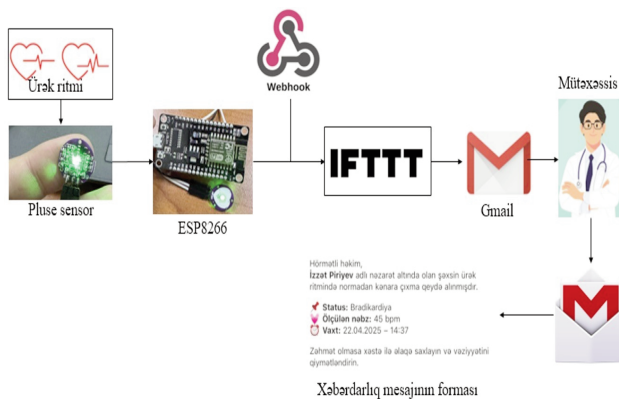


Şəkil 3. Təklif edilən sistemin iş axını və xəbərdarlıq siqnalı alqoritmi

Amerika Ürək Assosiasiyasının (AHA) göstəricilərinə əsasən, istirahət vəziyyətində normal ürək ritmi 60-100 döyüntü/dəqiqə (bpm) aralığında olmalıdır. Ürək ritminin 60 bpm-dən aşağı düşməsi bradikardiya, 100 bpm-dən yuxarı olması isə təxikardiya kimi qiymətləndirilir [9].

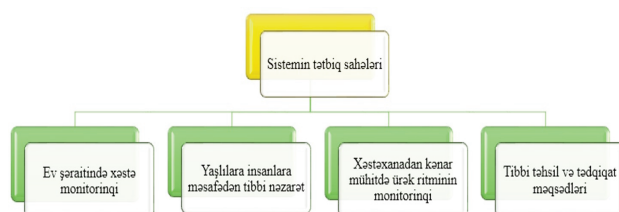
Sistem ölçmə nəticələrini AHA tərəfindən müəyyən olunmuş klinik normativ göstəricilərlə müqayisə edir. Əgər ritm dəyəri 60 bpm-dən

aşağı və ya 100 bpm-dən yuxarı olarsa, bu vəziyyət bradikardiya və ya taxikardiya kimi qiymətləndirilərək avtomatik şəkildə istifadəçi və ya həkimin mobil cihazına, veb platformasına və ya elektron poçtuna real vaxt rejimində xəbərdarlıq göndərilir. Xəbərdarlıq sistemi ürək ritmində normadan kənara çıxma halını aşkar etdikdə, ESP8266 modulu vasitəsilə IFTTT platformasında Webhooks xidməti aktivləşdirilir. Webhooks vasitəsilə göndərilən HTTP sorğusu IFTTT-də əvvəlcədən qurulmuş avtomatlaşdırmanı işə salır və nəticədə həkimin e-poçt ünvanına gmail vasitəsilə xəbərdarlıq məktubu göndərilir [10]. Bu yanaşma məsafədən nəzarət sisteminin operativliyini artırır və potensial təhlükəli vəziyyətlərdə həkimin vaxtında məlumatlandırılmasına imkan yaradır. Beləliklə, sistem real vaxt rejimində monitoring və ilkin müdaxilə üçün effektiv bir həll kimi çıxış edir.



Şəkil 4. Xəbərdarlıq sisteminin iş ardıcılığı

Göndərilən e-poçt bildirişinin məzmunu sadə və anlaşılan formada hazırlanmışdır. Xəbərdarlıq məktubunda ritmin növü (taxikardiya və ya bradikardiya), ölçülən nəbz dəyəri (bpm) və ritm pozulmasının baş verdiyi zaman qeyd olunur (şəkil 4). Təklif olunan sistem real vaxt rejimində ürək ritminə nəzarət imkanı yaratmaqla, müxtəlif sahələrdə geniş tətbiq potensialına malikdir. Bu tətbiq sahələri şəkil 5-də verilmişdir.



Şəkil 5. IoT əsaslı ürək ritmlərinə məsafədən nəzarət sisteminin tətbiq sahələri

Sistemin üstünlükləri və məhdudiyyətləri

Hazırlanan sistem bir sıra mühüm üstünlüklərə malikdir. Sistem istifadəçinin ürək ritmini fasiləsiz izləyərək məlumatları real vaxt rejimində təqdim edir. Wi-Fi modulu vasitəsilə məlumatların mobil tətbiqə və ya veb-serverə simsiz ötürülməsi imkanı yaradılıb. İstifadə olunan komponentlərin enerjiden səmərəli istifadəsi sistemin daimi işlək vəziyyətdə qalmasına şərait yaradır. Eyni zamanda sistem modul tərtibata malik olduğundan ona yeni sensorlar və funksiyalar əlavə etməklə asanlıqla genişləndirmək mümkündür. Bununla yanaşı, sistem müəyyən məhdudiyyətlərə də malikdir. Wi-Fi signalının zəif və ya qeyri-sabit olduğu mühitlərdə məlumat ötürülməsi gecikə və ya tamamilə kəsilə bilər. İstifadə olunan ucuz sensorlar bəzi hallarda ölçmələrdə səhvlərə və artefaktlara səbəb ola bilər. Bundan əlavə, sistemin uzunmüddətli işləməsi üçün sabit enerji mənbəyi tələb olunur və batareyaya ilə işlədikdə mütəmadi enerji doldurulmasına ehtiyac yaranır.

Nəticə. Nəticə olaraq qeyd edək ki, IoT texnologiyası əsasında real vaxt rejimində ürək ritmlərinə məsafədən nəzarət sistemi uğurla hazırlanmış və tətbiq olunmuşdur. ESP8266 mikrokontrolleri, Pulse Sensor Amped və OLED display modulu kimi komponentlərin inteqrasiyası nəticəsində ölçmə, email, vizuallaşdırma və məsafədən məlumat ötürülməsi prosesləri effektiv şəkildə həyata keçirilmişdir. Təklif olunan sistem ürək ritmində baş verən anormallıqları – taxikardiya və bradikardiyanı avtomatik aşkar edərək, IFTTT platforması vasitəsilə real vaxt rejimində həkimə və ya istifadəçiyə xəbərdarlıq göndərmək imkanı təqdim etmişdir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Huang C., Wang J., Wang S., Zhang Y. Internet of medical things: A systematic review. *Neurocomputing*, 2023, 556, 126719. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.126719>
2. Zanella A., Bui N., Castellani A. Vangelista L., Zorzi M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet Things J*, 2014,1(1), pp.22-32.
3. Khaled A.E. Internet of Medical Things (IoMT): Overview, taxonomies, and classifications. *Journal of Computer and Communications*, 2022. 10(8), pp.63-82.

<https://doi.org/10.4236/jcc.2022.108005>

4. Məmmədova M., Cəbrayilova Z. Elektron tibb: formalaşması və elmi-nəzəri problemləri. Bakı, "İnformasiya Texnologiyaları" nəşriyyatı, 2019.

5. Pulse Sensor Amped.

<https://pulsesensor.com/pages/pulse-sensor-amped-arduino-v1dot1> (Baxış tarixi:17.04.2025)

6. NodeMCU ESP8266.

<https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet> (Baxış tarixi:17.04.2025)

7. 0.96 inch OLED 128x64 Display with I2C Interface.

<https://www.raystar-optronics.com/oled-graphic-display-module/i2c-oled.html> (Baxış tarixi:18.04.2025)

8. ECG Display using Pulse Sensor with OLED & Arduino.

<https://how2electronics.com/pulse-sensor-with-oled-arduino/> (Baxış tarixi:21.04.2025)

9. American Heart Association.All About Heart Rate.

<https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/the-facts-about-high-blood-pressure/all-about-heart-rate-pulse> (Baxış tarixi: 19.04.2025)

10. Xəbərdarlıq mesajı:

<https://ifttt.com/explore> (Baxış tarixi:19.04.2025)

I.Piriyev

Internet of Things (IoT)-based remote heart rate monitoring system: Application of ESP8266 and sensor technologies

Abstract

In modern healthcare services, the application of remote monitoring systems is increasingly expanding, enabling continuous and real-time monitoring of patients' physiological parameters. This study proposes a heart rate remote monitoring system based on Internet of Things (IoT)

technology. The system is built using the ESP8266 microcontroller, Pulse Sensor Amped, and an OLED display module. In order to measure and visualize the patient's pulse signals in real time, the data obtained via the sensor is processed by the microcontroller and transmitted both to the OLED display and to the doctor via Gmail over the internet. A simple and effective algorithm has been developed for the proposed system to automatically detect abnormal changes in the patient's heart rhythm, particularly cases of tachycardia and bradycardia.

И.Пириев

Система дистанционного мониторинга сердечного ритма на основе Интернета вещей (IoT): применение ESP8266 и сенсорных технологий

Аннотация

В современных условиях здравоохранения применение систем дистанционного мониторинга стремительно расширяется, что позволяет обеспечивать непрерывный и оперативный контроль физиологических параметров пациентов. В данном исследовании предложена система дистанционного контроля сердечного ритма на основе технологии Интернета вещей (IoT). Система построена с использованием микроконтроллера ESP8266, датчика пульса Pulse Sensor Amped и OLED-дисплея. Для измерения и визуализации пульсовых сигналов пациента в реальном времени данные, полученные с помощью датчика, обрабатываются микроконтроллером и передаются как на OLED-дисплей, так и врачу через Gmail по сети Интернет. Для предложенной системы был разработан простой и эффективный алгоритм автоматического обнаружения аномальных изменений сердечного ритма пациента, в частности, тахикардии и брадикардии.