

УДК 616.12-07; 616.71

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕНЬ РИТМУ СЕРЦЯ

Недурасва Анастасія Юрївна
neanastasiiia@gmail.com

Рудніцька Олена Володимирівна
olena.rudnitska@gmail.com

Кафедра біомедичної інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
Імені Ігоря Сікорського»
Київ, Україна

Реферат: На сьогоднішній день стрес є невід'ємною частиною нашого життя, що значно підвищує імовірність розвитку порушень ритму серця на кшталт екстрасистолії, пароксизмальної тахікардії та миготливої аритмії. Люди, у яких присутня одна з перерахованих тахіаритмій, частіше страждають на хвороби серця та судин. А відповідно до даних центру громадського здоров'я МОЗ України серцево-судинні захворювання займають перше місце серед причин усіх смертей в Україні, що складає приблизно 67% випадків, при тому з кожним роком кількість смертей через дані захворювання лише збільшується. Вчасне виявлення порушення є одним із критеріїв ефективного лікування захворювання, однак у деяких випадках тахіаритмії можуть протікати без видимих симптомів, тому їх діагностування стає можливим лише на прийомі у лікаря чи при проведенні ЕКГ, що ускладнює їх виявлення на початкових етапах. За допомогою мобільного додатку користувач має змогу виявляти такі порушення ритму серця як пароксизмальна тахікардія, миготлива аритмія та екстрасистолія ще на тому етапі, коли тахіаритмії розвиваються безсимптомно для хворого. Представлений додаток отримує ритм, що зчитується з зап'ястя користувача завдяки фітнес-браслету, та аналізує періодичність і частоту серцевих скорочень. Після аналізу при відхиленні показників ритму від норми додаток інформує про можливу наявність однієї з перерахованих тахіаритмій та рекомендує звернутись за подальшою консультацією та діагностикою до лікаря. У статті описані алгоритми зчитування даних за допомогою фітнес-браслету, аналізу отриманих даних та принцип роботи мобільного додатку.

Ключові слова: миготлива аритмія, мобільний додаток, пароксизмальна тахікардія, передчасні серцеві скорочення, тахікардія.

I. ВСТУП

За даними ВООЗ від серцево-судинних захворювань кожного року вмирає приблизно 17,9 мільйонів людей [1]. Захворювання серця і судин розвиваються значно частіше, якщо у хворого при цьому присутні порушення ритму серця, наприклад, такі як тахіаритмії.

До тахіаритмій належать:

- екстрасистолія – передчасна деполяризація та скорочення серця або його окремих камер [2].

- пароксизмальна тахікардія – це напад серцебиття з частотою 100-250 ударів за хвилину при збереженні переважно правильного регулярного ритму, який раптово виникає і так само раптово припиняється. Частота серцевих скорочень при шлуночкової формі – в межах 100-180 ударів за хвилину, при суправентрикулярних формах – 180-250 ударів за хвилину, ритм здебільшого правильний [3].

- миготлива аритмія – це порушення серцевого ритму, яке характеризується дуже швидкими та нерегулярними скороченнями міокарда [4].

Такі порушення ритму серця провокують формування тромбів [5], серцеву недостатність, втрату свідомості, [2], [6], зупинку серця[3], інсульт [7] та багато чого іншого. Тому з'являється потреба у виявленні даних порушень якомога раніше, де один із варіантів виявлення це мобільний додаток.

Наразі вже існують додатки, що виявляють певні порушення ритму серця, саме тому був проведений аналіз цих застосунків. Наприклад, CardioSignal та KardiaMobile можуть виявляти тільки миготливу аритмію, при цьому їх використання платне, доступне лише у декількох країнах світу, а датчиком, для зчитування пульсу являється сам телефон, від чого точність отриманих даних погіршується[8], [9]. Qardio heart health і

Welltory навпаки безкоштовні та пропонують використовувати фітнес-браслети як зчитувачі пульсу, що підвищує якість зчитуваних показників, однак перераховані додатки просто відображають дані, не проводячи жодного аналізу та висновків [10], [11]. Після аналізу існуючих аналогів було виявлено, що для створюваного застосунку, важливе таке: дешевизна та доступність, аналіз декількох порушень ритму серця і використання фітнес-браслету для підвищення якості отримуваних даних.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою роботи є автоматизація процесу виявлення таких порушень ритму серця як екстрасистолія, пароксизмальна тахікардія, миготлива аритмія шляхом створення відповідного мобільного додатку.

III. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для зчитування пульсу був обраний фітнес-браслет Xiaomi Mi Smart Band 6, перепрограмований за допомогою мови програмування Java. Для аналізу отриманих даних була створена програма у середовищі програмування Android Studio.

IV. ПРОГРАМУВАННЯ ДАТЧИКУ ДЛЯ ЗЧИТУВАННЯ КІЛЬКОСТІ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ

Датчик у фітнес-браслеті, що зчитує серцеві скорочення працює на основі фотоплетизмограми – методу ресстрації кров'яного потоку при зміні оптичної щільності обсягу крові в області, на якій проводиться вимір, внаслідок зміни кровотоку по судинах в залежності від фази серцевого циклу [12].

При цьому оптичний датчик серцевого ритму працює, просвічуючи зелене світло (~550 нм) на зап'ясті та вимірюючи кількість відбитого світла за допомогою фотодатчика [13].

Обраний браслет було перепрограмовано відповідно до зазначених цілей, а принцип зчитування серцевого ритму представлений на рисунку 1.

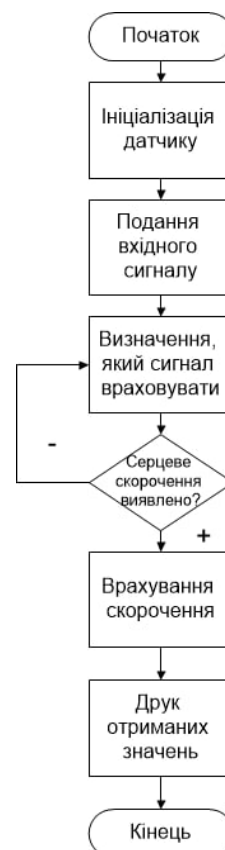


Рисунок 1 – Блок-схема зчитування серцевого ритму

Після підключення браслету до додатку відбувається ініціалізація та подається вхідний сигнал на фітнес-трекер. Датчик фітнес-браслету спочатку знаходить дійсний сигнал, а потім рахує кількість серцевих скорочень протягом 30 секунд. Далі частота серцевих скорочень обчислюється таким чином: кількість скорочень, отриманих за 30 секунд, множиться на 2, аби отримати значення за хвилину.

Проте, окрім ЧСС, для визначення порушення ритму серця потрібно враховувати правильність ритму серця. Для цього паралельно з підрахунком пульсу вимірюються інтервали між скороченнями. Оскільки регулярний ритм діагностується в тому випадку, коли тривалість вимірних інтервалів R–R однаковий і розкид отриманих величин не перевищує $\pm 10\%$ [14], то і при визначенні мобільним додатком регулярності ритму буде використовуватись розкид значень у 10%.

Тому отримані з датчику дані аналізуються так: якщо наступний інтервал менший попереднього на більше, ніж $\pm 10\%$, то це вважається за нерегулярність ритму, адже

при нормальному стані серця інтервали між усіма імпульсами повинні бути однакові. Результати кодуються як 0 і 1, де 0 означає, що порушень не має, ритм регулярний, а 1 – виявлено порушення.

V. АЛГОРИТМ АНАЛІЗУ ПОРУШЕНЬ РИТМУ СЕРЦЯ

З зап'ястя користувача за допомогою датчику зчитується ритм серця та передається на мобільний телефон для подальшого аналізу

отриманих даних. Для аналізу важливі два показники зчитуваних даних: частота серцевих скорочень та їх періодичність. Використовуючи ці характеристики, є можливість визначати такі порушення ритму серця як екстрасистоля, миготлива аритмія, шлуночкова та надшлуночкова пароксизмальні тахікардії. Принцип аналізу ритму серця за допомогою мобільного застосунку представлено на рисунку 2.

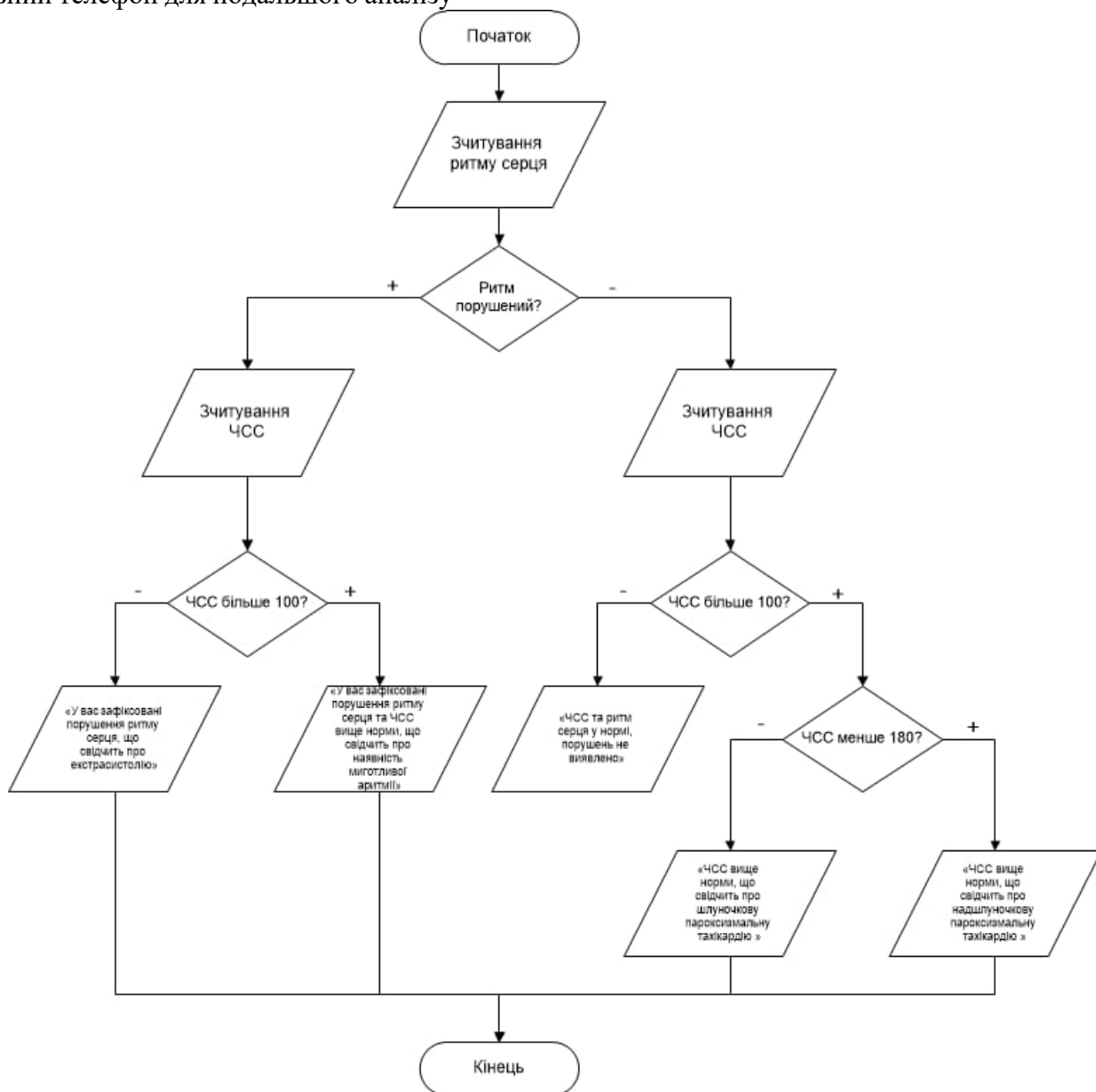


Рисунок 2 – Блок-схема аналізу ритму серця

Мобільний додаток працює наступним чином:

- якщо фіксується, що присутнє порушення ритму серця, але при цьому значення ЧСС знаходиться у нормі, то дана аритмія ідентифікується як екстрасистоія;
- у випадку, коли ЧСС вище норми та є порушення ритму серця, то це – миготлива аритмія;
- якщо ж ритм у нормі, а ЧСС більше 100, але менше 180 ударів за хвилину, то це – шлуночкова пароксизмальна тахікардія;
- при нормальному ритмі серця та частоті серцевих скорочень, що більші, ніж 180 ударів на хвилину, фіксується наявність надшлуночкової (суправентрикулярної) пароксизмальної тахікардії.

У будь-якому випадку, окрім відсутності порушень ритму серця, програма рекомендує звернутись до лікаря для подальшої діагностики аритмії та її лікування.

VI. РОЗРОБКА ДОДАТКУ

Щоб зрозуміти, які функції виконує кожен елемент системи “Користувач–фітнес-браслет–додаток”, була створена діаграма потоків даних для візуалізації загального процесу, що представлена на рисунку 3.



Рисунок 3 – Діаграма потоків даних

Діаграма потоку даних складається з:

- вузлів обробки даних – даних, їх аналіз, визначення, чи знаходяться вони в межах норми, написання рекомендацій, запис даних у вигляді цифровому та ін.);
- вузлів збереження даних – запис частоти серцевих скорочень;
- зовнішніх вузлів – керування програми користувачем, наприклад, запуск роботи програми.

На рисунку 4 зображений принцип роботи застосунку.

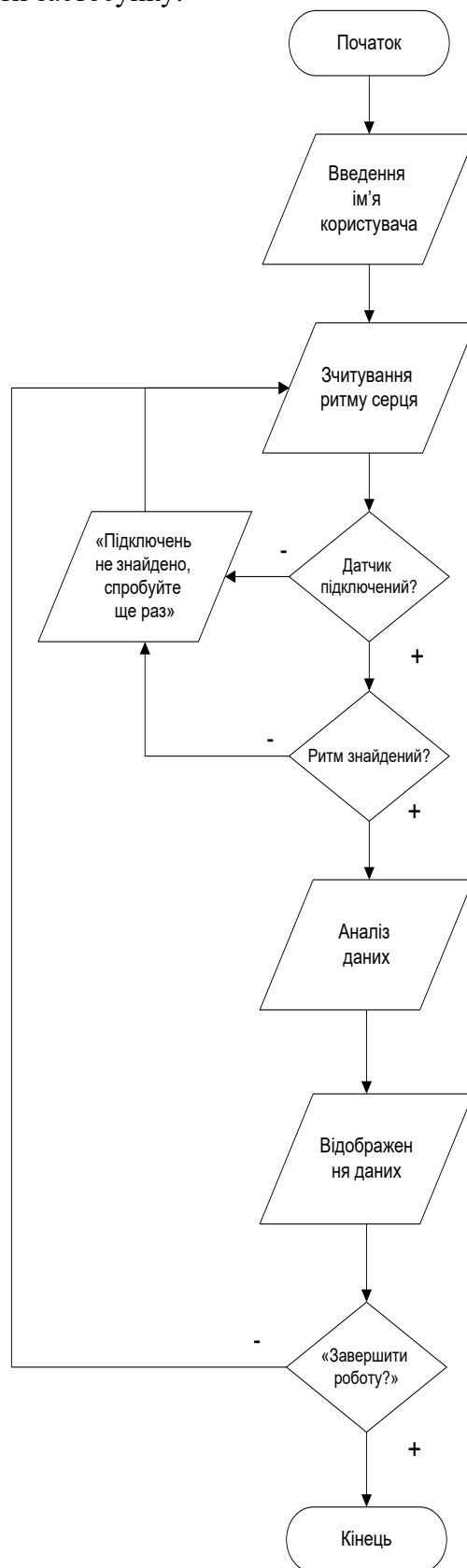


Рисунок 4 – Блок-схема роботи застосунку

При вході у додаток програма просить ввести ім'я користувача. Далі користувач переходить до виміру серцевого ритму

датчиком. Для підключення мобільного додатку до датчику програма виконує наступні дії:

- Виявлення датчику. За допомогою функції сканування програма намагається знайти датчик.

- Підключення. На цьому етапі програма видає, чи було встановлено зв'язок з фітнес-браслетом, чи ні. У випадку успішного з'єднання відбувається сполучення браслету і телефону.

- Комунікація. Після успішного підключення та сполучення програма відправляє команди телефону і датчику. У даному випадку запускаються алгоритми зчитування ритму серця, його передачі та аналізу.

У випадку, якщо датчик не підключений до телефону або датчик не знаходить пульс, то застосунок інформує про це користувача та рекомендує повернутись до початкового меню і заново спробувати зняти виміри.

Якщо ж датчик підключений і пульс знайдений, то починається зчитування значень. Для зручності користування був доданий зворотній відлік у вигляді полоси зворотного відліку. Проаналізувавши отримані з датчику значення, мобільний додаток виводить значення та короткий наліз даних.

При виявленні будь-якого порушення ритму серця застосунок сповіщає про це користувачу та радить відвідати лікаря для подальшої діагностики та лікування.

На рисунку 5 можна побачити, як мобільний додаток відображає аналіз отриманих значень, виявлену тахіаритмію та рекомендацію відвідати лікаря.

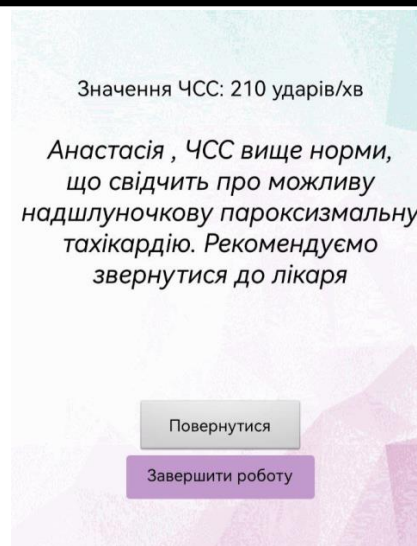


Рисунок 5 – Виявлення пароксизмальної тахікардії

Якщо ж ніякого відхилення від норми ні по частоті серцевих скорочень, ні по періодичності немає, то програмою це сприймається як норма, що і відображено на рисунку 6.

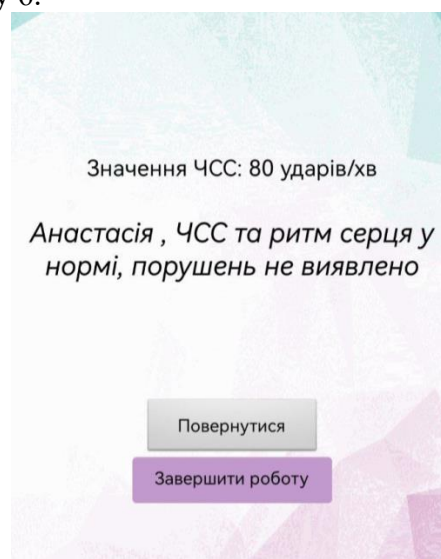


Рисунок 6 – Приклад роботи програми при нормальній роботі серця

Після виміру і аналізу значень користувач може як завершити роботу додатку кнопкою “Завершити роботу”, так і повернутись на початковий екран та знову зняти свої показники та проаналізувати їх додатком.

VII. ВИСНОВКИ

Створений мобільний додаток успішно виконує поставлену задачу, тобто здатен виявляти такі порушення ритму серця як екстрасистоля, пароксизмальна тахікардія, миготлива аритмія. Крім того дане рішення відповідає наступним вимогам: дешевизна та доступність, аналіз декількох порушень

ритму серця і використання фітнес-браслету для підвищення якості отримуваних даних. Для створення даного мобільного застосунку був проаналізований ринок існуючих аналогів, що можуть виявляти порушення ритму серця, аби визначити основні функції для застосунку, що буде створюватись. Аналіз порушень ритму серця допоміг визначити критерії, за якими тахіаритмії будуть виявлятися, а саме: частота серцевих скорочень та їх періодичність.

Завдяки алгоритмам мобільного застосунку були автоматизовані процеси первинного виявлення тахіаритмії, що підвищує шанси на їх виявлення на етапі, коли у хворого порушення ритму серця розвиваються без видимих симптомів. Також застосунок виділяється серед інших аналогів доступністю для користувача та функціональністю, адже застосунок може виявляти кілька видів тахіаритмії.

Завдяки аналізу періодичності та частоти серцевих скорочень застосунок може розпізнавати екстрасистолію, пароксизмальну тахікардію і миготливу аритмію, повідомляти про це користувача та рекомендувати відвідати лікаря при виявленні будь-якого з перерахованих порушень.

Оскільки даний додаток аналізує лише найрозповсюдженіші та найпростіші у розпізнанні порушення ритму серця, то у майбутньому пропонується удосконалити додаток шляхом збільшення кількості порушень ритму серця, що можуть аналізуватись та розпізнаватись.

Фінансування. Дане дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію. Усі пацієнти, що мають відношення до рукопису дали згоду на публікацію даної роботи.

ORCID ID та внесок авторів.

0000-0001-5602-2784 Anastasiia

Neduraieva (A, C, D)

0000-0001-8128-9595 Olena Rudnitska

(B, E, F)

A – концепція застосунку, B – аналіз існуючих аналогів, C – створення алгоритмів роботи, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне ухвалення статті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Cardiovascular diseases (CVDs) [Електронний ресурс] // World health organization. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvd-s\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvd-s)).
2. Екстрасистолія: як проявляється та як лікують? [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://oxford-med.com.ua/ua/media-center/publikacii/ekstrasistoliya/>.
3. Внутрішня медицина: підручник / [К.О. Бобкович, Є. І. Дзись, В.М. Жебель та ін.]; ред. вид. М. С. Расін. – Вінниця: Нова Книга, 2016. – 328 с.:іл.
4. Zimetbaum P. Atrial Fibrillation. *Annals of Internal Medicine* [Електронний ресурс]. – 2017. – Vol. 166, no. 5. P. ITC33. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.7326/aitc201703070>
5. Paroxysmal supraventricular tachycardia: physiopathology and management / [P. Neroni, G. Ottonello, A. Atzei, та ін.]. // *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. – 2014. – №3. – С. 1–5.
6. Lip G. Hemodynamic consequences of atrial fibrillation and cardioversion to sinus rhythm [Електронний ресурс] / G. Lip, J. Prutkin // *UpToDate*. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.uptodate.com/contents/hemodynamic-consequences-of-atrial-fibrillation-and-cardioversion-to-sinus-rhythm>.
7. *European Heart Journal*, Volume 37, Issue 38, 7 October 2016, Pages 2893–2962.
8. How CardioSignal works [Електронний ресурс] // *Precordior*. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://cardiosignal.com/how-it-works>.
9. Perform your first measurement [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://help.fibricheck.com/hc/en-us/articles/360006320939-Perform-your-first-measurement>.
10. Qardio Heart Health [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.getqardio.android>.
11. Welltory: Трекер здоров'я [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.welltory.client.android>.
12. Monitor the Heart Rate using Pulse Sensor [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://lastminuteengineers.com/pulse-sensor-arduino-tutorial/>.
13. Version Reporting and Assessment Approaches for New and Updated Activity and Heart Rate Monitors / T. Collins et al. *Sensors*. 2019. Vol. 19, no. 7. P. 1705 – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.3390/s19071705>
14. Настанова з кардіології / За ред. В.М. Коваленка. — Київ: МОПОН, 2009. — 1368 с

UDC 616.12-07; 616.71

AUTOMATION OF DETECTION OF HEART RHYTHM DISORDERS

Anastasiia Neduraieva
neanastasiiia@gmail.com

Olena Rudnitska
olena.rudnitska@gmail.com

Department of Biomedical Engineering
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute »
Kyiv, Ukraine

Abstract: Today, stress is an integral part of our lives, which significantly increases the likelihood of developing heart rhythm disorders such as extrasystole, paroxysmal tachycardia, and atrial fibrillation. People with one of the listed tachyarrhythmias are more likely to suffer from diseases of the heart and blood vessels. And according to the data of the public health center of the Ministry of Health of Ukraine, cardiovascular diseases are the leading cause of all deaths in Ukraine, accounting for approximately 67% of cases, while the number of deaths due to these diseases only increases every year. Timely detection of the disorder is one of the criteria for effective treatment of the disease, however, in some cases, tachyarrhythmias can occur without visible symptoms, so their diagnosis becomes possible only at a doctor's appointment or during an ECG, which makes it difficult to detect them in the initial stages. With the help of the mobile application, the user can detect such heart rhythm disorders as paroxysmal tachycardia, atrial fibrillation and extrasystole even at the stage when tachyarrhythmias develop without symptoms for the patient. The presented application receives the rhythm read from the user's wrist thanks to the fitness bracelet and analyzes the periodicity and frequency of heart contractions. After the analysis, if the rhythm indicators deviate from the norm, the application informs about the possible presence of one of the listed tachyarrhythmias and recommends contacting a doctor for further consultation and diagnosis. The article describes algorithms for reading data using a fitness bracelet, analysis of the received data, and the principle of operation of the mobile application.

Key words: atrial fibrillation, mobile application, paroxysmal tachycardia, premature cardiac complexes, tachycardia.