

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-2>

УДК 004.9: 004.031.43 : 004.78

Ілля ГРИЩУК

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8105-9562>

e-mail: [illia.hryshchuk@gmail.com](mailto:illia.hryshchuk@gmail.com)

Тетяна КИСІЛЬ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-1091-3327>

e-mail: [kysil\\_tanya@ukr.net](mailto:kysil_tanya@ukr.net)

Костянтин РЕЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9658-3148>

e-mail: [kostia.rei@gmail.com](mailto:kostia.rei@gmail.com)

## МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТІВ ІЗ СЕРЦЕВО-СУДИННИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Серцево-судинні захворювання є основними причинами смертності й одними з основних факторів інвалідності в усьому світі. Стандартизований за віком показник серцево-судинних захворювань почав рости в деяких країнах із високим рівнем доходу, де раніше він знижувався. Виявлення випадків серцево-судинних захворювань майже подвоїлося з 271 мільйона в 1990 році до 523 мільйонів у 2019 році, а кількість смертей від серцево-судинних захворювань неухильно збільшувалася з 12,1 мільйона в 1990 році до 18,6 мільйона у 2019 році. Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, актуальною задачею наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде метою даного дослідження. Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

Ключові слова: моніторинг стану здоров'я пацієнтів, частота серцевих скорочень, діастолічний тиск, систолічний тиск, пацієнти із серцево-судинними захворюваннями.

Illya HRYSHCHUK, Tetiana KYSIL, Kostiantyn REI

Khmelnitskyi National University

## METHOD FOR MONITORING THE HEALTH OF CARDIOVASCULAR PATIENTS

Cardiovascular disease is a leading cause of death and a major contributor to disability worldwide. The age-standardised rate of cardiovascular disease has started to rise in some high-income countries where it had previously been falling. The number of cases of cardiovascular disease almost doubled from 271 million in 1990 to 523 million in 2019, and the number of deaths from cardiovascular disease steadily increased from 12.1 million in 1990 to 18.6 million in 2019.

Given the fact that there is currently a trend towards automation in the medical field, which increases the efficiency of using modern medical resources, and given the importance of constant self-diagnosis and monitoring of the health of cardiovascular patients, such measurements and monitoring should be automated and made permanent as much as possible. In this case, a method of monitoring the health status of cardiovascular patients can be used to automate and continuously measure a person's heart rate and blood pressure, which will provide continuous monitoring of a person's heart rate and blood pressure in real time and notify a person of a heart disorder or a deviation from the person's normal pressure as soon as these deviations occur. Thus, the current challenge is to continuously monitor the health status of cardiovascular patients by developing an appropriate method for monitoring the health status of cardiovascular patients, which will be the purpose of this study.

The developed method of monitoring the health status of cardiovascular patients provides: every minute and every five minutes formation of a set of indicators of the user's health status, analysis of indicators using the developed rules and issuance of a user risk alert or issuance of a user risk alert with sending data on the existing risk to the user's family doctor and/or family member.

Keywords: patient health monitoring, heart rate, diastolic pressure, systolic pressure, cardiovascular patients.

### Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В Україні серцево-судинні захворювання є головною причиною смертності населення. За цим показником Україна залишається одним зі світових лідерів. Згідно з даними ранжування, складеного на основі

кількості смертей населення в Україні, найчастішими причинами є: 1) Серцево-судинні захворювання (64,3 %); 2) Новоутворення (14,1 %); 3) Хвороби органів травлення (4,3 %); 4) Неврологічні розлади (3,1 %); 5) Самоушкодження та міжособистісне насильство (2,7 %) [1].

Серед серцево-судинних хвороб, які призводять до летальних наслідків як чоловіків, так і жінок, є аритмія та гіпертонія. Аритмії серця – група порушень діяльності серця, пов'язаних з розладом ритмічності, послідовності та сили скорочень серцевого м'яза. Основними формами аритмій серця є прискорення скорочень серця більше 100 ударів на хвилину (тахікардія), сповільнення скорочень серця менше 60 ударів/хвилину (брадикардія) [2-4].

Артеріальна гіпертензія – хронічне захворювання, під час якого головною діагностичною ознакою є стійке підвищення гідравлічного тиску в артеріальних судинах великого кола кровообігу. Для вимірювання артеріального тиску використовують два показники: систолічного та діастолічного тиску, залежно від того, стискається серцевий м'яз між ударами (систола) чи розслабляється (діастола). Нормальний кров'яний тиск у стані спокою перебуває в межах 100—139 мм рт. ст. систолічного тиску (верхнє значення) і 60-89 мм рт. ст. діастолічного тиску (нижнє значення). Кров'яний тиск вважається високим, якщо він постійно тримається на рівні 140/90 мм рт. ст. або вище [5-7].

Ще одним серцево-судинним захворюванням, яке спричиняє дискомфорт людині, є артеріальна гіпотензія. Артеріальна гіпотензія – стан, що визначається зниженням систолічного артеріального тиску нижче 100 мм ртутного стовпа, діастолічного — нижче 60 мм рт. ст. [5, 6].

Оскільки серцево-судинні захворювання є хронічними захворюваннями системи кровообігу, то слід виявляти та запобігати їм у режимі реального часу, щоб мінімізувати шкоду для здоров'я людини. Життєві показники пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями слід контролювати з метою виявлення аномальних подій до виникнення будь-яких критичних станів, що можуть призвести до смерті. Для оцінки неправильного серцебиття (аритмії) в домашніх умовах використовується пульсоксиметр або тонометр. Для визначення підвищеного/пониженого артеріального тиску в домашніх умовах використовується тонометр. Діагностика серцево-судинних розладів потребує постійного довготривалого безприв'язного моніторингу осіб. Тобто людина повинна мати при собі ці прилади постійно, щоб виміряти пульс або тиск, і їй потрібно робити це навмисно і постійно. Крім цього, людина повинна знати референтні значення частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, щоб правильно діагностувати наявну проблему. Враховуючи невизначеність, пов'язану з місцем і часом, коли можуть знадобитися негайна діагностика та лікування, єдиним практичним рішенням є постійний моніторинг частоти серцевих скорочень і артеріального тиску. Інструменти для моніторингу параметрів, пов'язаних зі здоров'ям, суттєво полегшують догляд за пацієнтами та дозволяють людям виявляти проблеми, що ведуть до кращого управління власним здоров'ям [8].

Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, *актуальною задачею* наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде *метою даного дослідження*.

### Правила та метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями

Розробимо правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями.

*Правила моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями:*

- 1) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники  $ssi$ ,  $ssi1$ ,  $ssi2$ ,  $ssi3$ ,  $ssi4$  одночасно) більше 100 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Тахікардія» та  $j=j+1$ ;
- 2) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники  $ssi$ ,  $ssi1$ ,  $ssi2$ ,  $ssi3$ ,  $ssi4$  одночасно) менше 60 ударів на хвилину, то користувачу видається повідомлення: «Брадикардія» та  $j=j+1$ ;
- 3) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники  $sti$ ,  $sti1$ ,  $sti2$ ,  $sti3$ ,  $sti4$  одночасно) більше 140 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та  $j=j+1$ ;
- 4) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники  $dti$ ,  $dti1$ ,  $dti2$ ,  $dti3$ ,  $dti4$  одночасно) більше 90 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпертензія» та  $j=j+1$ ;
- 5) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники  $sti$ ,  $sti1$ ,  $sti2$ ,  $sti3$ ,  $sti4$  одночасно) менше 100 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та  $j=j+1$ ;

6) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники  $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$  одночасно) менше 60 мм рт. ст., то користувачу видається повідомлення: «Артеріальна гіпотензія» та  $j=j+1$ ;

7) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники  $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$  одночасно) більше 150 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про тахікардію, то повідомлення «Тахікардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ ;

8) якщо протягом 5-и хвилин частота серцевих скорочень (показники  $ssi, ssi1, ssi2, ssi3, ssi4$  одночасно) менше 45 ударів на хвилину, і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про брадикардію, то повідомлення «Брадикардія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ ;

9) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники  $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$  одночасно) більше 180 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ ;

10) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники  $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$  одночасно) більше 120 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпертензію, то повідомлення «Артеріальна гіпертензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ ;

11) якщо протягом 5-и хвилин систолічний тиск (показники  $sti, sti1, sti2, sti3, sti4$  одночасно) менше 80 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ ;

12) якщо протягом 5-и хвилин діастолічний тиск (показники  $dti, dti1, dti2, dti3, dti4$  одночасно) менше 55 мм рт. ст., і користувач протягом 30 секунд не підтвердив, що він побачив повідомлення про артеріальну гіпотензію, то повідомлення «Артеріальна гіпотензія, критичні показники» разом з іменем та прізвищем користувача та геолокацією передається з мобільного телефону користувача його сімейному лікарю та/або члену родини та  $j=j+1$ .

Тоді метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями складається з наступних кроків:

1) обнулення лічильника використаних правил:  $j=0$ ;

2) щохвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача (множина  $HCP$ ): частота серцевих скорочень (показник  $ss$ ), систолічний тиск (показник  $st$ ), діастолічний тиск (показник  $dt$ ):  $HCP=\{ssi, sti, dti\}, i=1..n$ ;

3) формування множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множина  $HCP5$ ):  $HCP5=\{ssi, sti, dti, ssi1, sti1, dti1, ssi2, sti2, dti2, ssi3, sti3, dti3, ssi4, sti4, dti4\}, i=1..n$ ;

4) аналіз множини показників стану здоров'я користувача за кожні 5 хвилин (множини  $HCP5$ ) – з використанням кожного з розроблених правил моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями;

5) якщо після проведеного аналізу  $j=0$ , то стан користувача – нормальний, і жодних дій не відбувається, інакше відбуваються дії (видача повідомлення про виниклий ризик або видача повідомлення про виниклий ризик та відправлення даних сімейному лікарю та/або члену родини користувача) згідно із правилом(и), яке(і) спрацювало.

Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1) Враховуючи той факт, що наразі є тенденція до автоматизації галузі медицини, яка збільшує ефективність використання сучасних медичних ресурсів, а також враховуючи важливість постійної самодіагностики та моніторингу за станом здоров'я пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями, слід максимально автоматизувати та зробити постійними такі вимірювання та моніторинг. В такому разі для автоматизації та постійності вимірювань частоти серцевих скорочень та артеріального тиску людині на допомогу може прийти метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями,

який забезпечуватиме постійний моніторинг частоти серцевих скорочень людини та її артеріальний тиск в реальному часі і повідомлення людини про порушення діяльності серця або відхилення від норми тиску людини одразу, щойно ці відхилення відбудуться. Таким чином, актуальною задачею наразі є постійний моніторинг стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями шляхом розроблення відповідного методу моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, що і буде метою даного дослідження.

2) Розроблений метод моніторингу стану здоров'я пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями забезпечує: щохвилинне та щоп'ятихвилинне формування множини показників стану здоров'я користувача, аналіз показників з використанням вище розроблених правил та видачу повідомлення користувача про ризик або видачу повідомлення користувачу про ризик із відправленням даних про існуючий ризик сімейному лікарю та/або члену родини користувача.

### Література

1. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. URL: <https://www.healthdata.org/node/7843>.
2. Kibos A. Cardiac Arrhythmias: From Basic Mechanism to State-of-the-Art Management / A. Kibos, B. Knight, V. Essebag, SB. Fishberger, M. Slevin, I. Țintoiu // Springer, 2014.
3. Ginks M. Oxford Textbook of Medicine / Ginks M., Lane D., McGavigan A., Lip G. // Chapter 16.4 Cardiac arrhythmias. – 2020. – Pp. 3350–C16.4.P230.
4. Basic Arrhythmias (7th Edition). URL: <https://medsyndicate.com/2018/08/05/basic-arrhythmias-7th-edition-free-pdf-download/>.
5. Solomon B. Blood Pressure Management: Hypertension and Hypotension: A Guide for Patients, Nurses and other Healthcare Professionals / B. Solomon // CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
6. Bakris G. Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease / G. Bakris, M. Sorrentino // Springer, 2017.
7. M. Alexander. Hypertension. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/241381-overview>.
8. Leclercq C. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure / C. Leclercq, H. Witt, G. Hindricks, R. Katra, D. Albert, A. Belliger, M. Cowie, T. Deneke, P. Friedman, M. Haschemi, T. Lobban, I. Lordereau // Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: Journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology. – 2022. – Vol. 24 (9). – Pp. 1372 – 1383.

### References

1. Global burden of 369 diseases and injuries, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. URL: <https://www.healthdata.org/node/7843>.
2. A. Kibos, B. Knight, V. Essebag, SB. Fishberger, M. Slevin, I. Țintoiu. Cardiac Arrhythmias: From Basic Mechanism to State-of-the-Art Management. – Springer, 2014.
3. M. Ginks, D. Lane, A. McGavigan, G. Lip. Oxford Textbook of Medicine. Chapter 16.4 – Cardiac arrhythmias. – 2020. – Pp. 3350–C16.4.P230.
4. Basic Arrhythmias (7th Edition). URL: <https://medsyndicate.com/2018/08/05/basic-arrhythmias-7th-edition-free-pdf-download/>.
5. B. Solomon. Blood Pressure Management: Hypertension and Hypotension: A Guide for Patients, Nurses and other Healthcare Professionals. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
6. G. Bakris, M. Sorrentino. Hypertension: A Companion to Braunwald's Heart Disease. – Springer, 2017.
7. M. Alexander. Hypertension. URL: <https://emedicine.medscape.com/article/241381-overview>.
8. C. Leclercq, H. Witt, G. Hindricks, R. Katra, D. Albert, A. Belliger, M. Cowie, T. Deneke, P. Friedman, M. Haschemi, T. Lobban, I. Lordereau. Wearables, telemedicine, and artificial intelligence in arrhythmias and heart failure // Proceedings of the European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: Journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology. – 2022. – Vol. 24 (9). – Pp. 1372 – 1383.