

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

НАКИДЕНЬ ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 004.925.5

**ЗАСТОСУНОК ДОВГОСТРОКОВОГО ПЕРСОНАЛЬНОГО
МОНІТОРИНГУ КРОВ'ЯНОГО ТИСКУ
ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ IOS**

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат

магістерської роботи

на здобуття кваліфікації магістра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Науковий керівник: канд. фіз.-мат. наук, доцент
Ольга Василівна Дворник,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Рецензент: доктор технічних наук, професор
Кондратенко Юрій Пантелійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри інтелектуальних
інформаційних систем

Консультант: доктор біол. наук, професор
Томілін Юрій Андрійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри екології Медичного
інституту

Захист відбудеться «26» лютого 2019 р. о 10⁰⁰ на засіданні
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений «25» лютого_2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серцево-судинні захворювання (ССЗ) – це група захворювань серця і кровоносних судин, в яку входять наступні: гіпертонія (високий кров'яний тиск), ішемічна хвороба серця (інфаркт), порушення мозкового кровообігу (інсульт), захворювання периферичних судин, серцева недостатність, ревматичні захворювання серця, вроджені вади серця, кардіоміопатії. ССЗ є основною причиною смерті в усьому світі – щорічно від ССЗ вмирає більше людей, ніж від будь-якої іншої хвороби.

Так, зараз в світі на артеріальну гіпертензію страждає понад мільярд людей. Підвищений артеріальний тиск – один з факторів ризику розвитку серцево-судинних ускладнень.

Більш ніж у кожній п'ятій дорослій людині в світі кров'яний тиск підвищений – цей стан призводить майже до половини випадків смерті від інсульту і хвороби серця. Підвищений артеріальний тиск – основний фактор ризику розвитку судинних захворювань мозку, ішемічної хвороби серця, серцевої і ниркової недостатності, уражень очей. Виявлення, лікування та контроль гіпертонії є важливим пріоритетом в області охорони здоров'я в усьому світі.

Зараз є можливість самостійно стежити за своїм здоров'ям за допомогою засобів персональної діагностики в будь-якому місці без особливих зусиль. Наприклад, контролювати свій тиск за допомогою тонометра, стежити за рівнем цукру в крові за допомогою глюкометра або стежити за значенням пульсу, що є корисним під час заняття спортом, щоб враховувати кількість фізичних навантажень і таке інше. Але мати при собі ці прилади не завжди є можливим. Тому в даній роботі цю задачу вирішено за допомогою розробки мобільного додатку для ОС iOS з можливістю довгострокового персонального моніторингу кров'яного тиску, на основі математичної моделі транспонування значень серцевого скорочення у систолічний тиск, використання якого може сприяти підвищенню мотивації людини до більш здорового відношення до життя.

Створення можливості для самостійної оцінки стану особового здоров'я та попередження проблем, пов'язаних з гіпертонією та гіпотонією, на основі системи персонального моніторингу кров'яного тиску на базі мобільного додатку для ОС iOS є актуальною задачею сучасної медицини. Такий застосунок допоможе користувачу мати можливість отримувати персональні повідомлення про помічені аномальні стрибки показників кров'яного тиску або виявлення регулярних відхилень від вікової норми.

Мета та завдання дослідження. Підвищення ефективності персонального моніторингу кров'яного тиску за допомогою розробки адекватної математичної моделі перерахунку величини пульсу у систолічний тиск, та реалізації моделі у застосунку для операційної системи iOS.

Для досягнення даної мети в магістерській роботі поставлені та вирішені наступні завдання:

Завдання:

- аналітичний огляд досліджень зв'язку між серцевим ритмом та систолічним тиском та методів їх взаємних перерахунків у застосунках;
- обґрунтування методу аналізу великих нерегулярних медичних даних;
- розробка та тестування математичної моделі перерахунку величини пульсу у систолічний тиск;
- обґрунтування вимог до програмного забезпечення та розробка застосунку.

Об'єктом дослідження є методи оцінки величини кров'яного тиску на основі показників серцевого ритму та технології реалізації персонального моніторингу.

Предметом дослідження система довгострокового персонального моніторингу кров'яного тиску на базі мобільного застосунку для ОС iOS.

Методи дослідження: методи та засоби неінвазійного вимірювання кров'яного тиску і швидкості пульсової хвилі; математичні методи оцінювання артеріального тиску на основі частоти серцевих скорочень; методи аналізу великих медичних даних (Big Data).

Практичне значення одержаних результатів: підвищення точності оцінки величини кров'яного тиску за даними пульсу у мобільних застосунках для персонального використання.

Апробація результатів магістерської роботи відбулася під час:

– Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Інтелектуальні інформаційні системи» – 2019 у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили;

Публікації. Основні положення та результати магістерської роботи опубліковані у збірнику матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції [1].

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 25 найменувань, 3 додатків на ___ сторінках. Основна частина роботи становить ___ сторінок, серед яких ___ рис. та _____ табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми магістерської роботи, зазначено її зв'язок сформульовано мету, завдання та методи дослідження і розроблення, вказано практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. Показано, що задача персонального моніторингу, виявлення та своєчасного попередження гіпертонії є важливим пріоритетом в області охорони здоров'я в усьому світі.

У **першому розділі** магістерської роботи «**Аналітичний огляд методів та засобів вимірювання та оцінки кров'яного тиску**» описані тенденції розвитку медицини у сфері інформаційних технологій, проведено огляд співвідношень параметрів артеріального тиску та процесів кровообігу, розглянуто останні розробки в сфері медичних гаджетів для моніторингу артеріального тиску.

Розглянуті основні класи задач, що вирішуються у межах цієї предметної сфери, існуючі апаратні та програмні засоби для реалізації поставлених задач

(смарт чохол від Мічиганського університету, система моніторингу кров'яного тиску QardioARM, мобільний застосунок ICARE). Відзначено, що всі продукти є комерційними розробками і недоступні ні у вигляді програмного коду, ні у вигляді формального опису алгоритмів розрахунку залежностей між відстежуваними параметрами та кров'яним тиском.

У другому розділі магістерської роботи «**Математична модель зв'язку систолічного тиску з пульсом**» обґрунтовано вибір середовища моделювання, а саме система комп'ютерної математики Maple, в якому наявні пакети для аналізу та обробки великих даних. Розроблено математичну модель розрахунку величини систолічного тиску за результатами вимірювання серцевого ритму (пульсу). Показано, що такий розрахунок ефективно здійснювати з використанням коефіцієнту $\alpha_N = \frac{SBP_N}{HR_N}$, який визначає початкові відлікові параметри людини за нормального стану: систолічного тиску SBP_N (СТ), та HR_N серцевого ритму (пульсу). Величину коефіцієнту α_N можна оцінити статистичним аналізом масиву даних та додаткових вимірів пристроями за методом тонів Короткова. Формула перерахунку пульсу у СТ має вигляд:

$$SBP_i = f(HR_i) * \alpha_N * HR_i$$

де коефіцієнт $f(HR_i)$ є степеневим рівнянням з числовими коефіцієнтами за результатами апроксимації даних вимірів пульсу та СТ. Для реалізації у застосунку обрано рівняння вигляду: $f(HR_i) = 33.112 \cdot HR_i - 0.832$, яке найбільше відповідає індивідуальним особливостям автора – розробника і першого тестувальника застосунку.

Для попереднього аналізу великого масиву нерегулярних медичних даних, а саме 46672 семпли вимірів пульсу за допомогою смарт-годиннику AppleWatch протягом майже року, використано статистичні методи. Виявлено, що частотна характеристика такого масиву є несиметричною, відмінною від нормального розподілу Гауса, хоча й чітким максимумом (рис. 1).

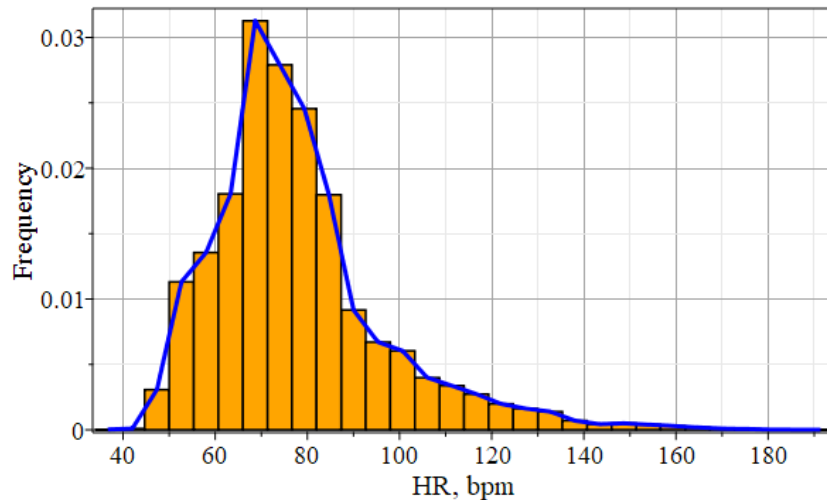


Рис. 1 – Частотна характеристика значень пульсу часового ряду спостережень.

Статистичні методи аналізу масиву даних дозволили виявити, що автокореляційна функція є доволі невиразною, але не абсолютно випадковою (рис. 2). Мода часового ряду пульсу майже не змінюється протягом усього часу спостережень і відповідає значенню 71 мм.рт.ст.

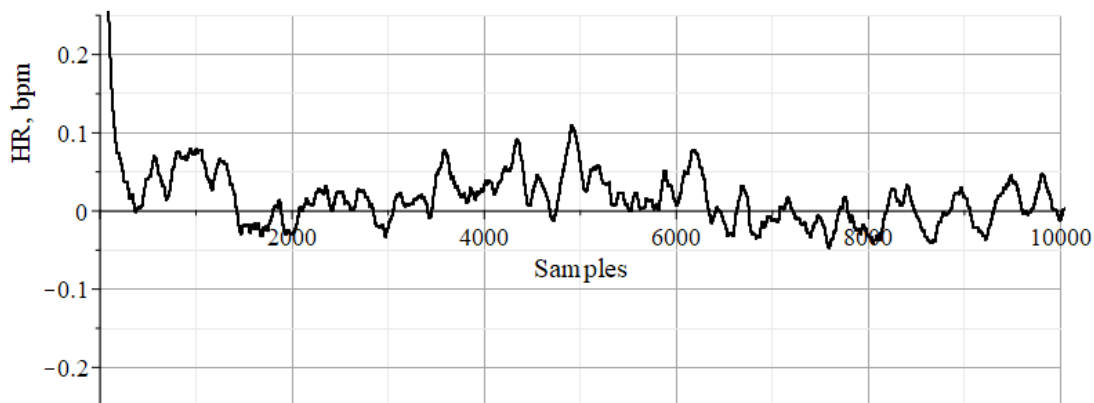


Рис. 2 – Автокореляційна функція часового ряду вимірів пульсу.

Показано останні 10000 семплів для наочності.

Для згладжування масиву даних обрано фільтр середнього, що ковзає, та фільтри медіани і моди, що ковзають, оскільки часовий ряд довгострокових спостережень є нерегулярним і не може бути характеризований частотою дискретизації. Основні статистичні характеристики оригінального та згладженого сигналів розраховані за допомогою команд пакету Statistics системи комп'ютерної математики Maple (таблиця 1). Згладжування сигналу здійснено з максимальним вікном $N/2=23336$ відліків.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики часового ряду пульсу

Характеристика сигналу HR	Весь часовий ряд, N=46672 виміри	Останні 20 діб	Згладжений часовий ряд
Мода, bpm	71	70	80
Середнє, bpm	77	69	78
Максимум, bpm	194	166	80
Мінімум, bpm	34	45	74
Коефіцієнт асиметрії	1,36	1,57	-0,17
Коефіцієнт ексцесу	5,78	7,29	1,67

Мода майже не змінюється при обранні досліджуваного проміжку меншої кількості, наприклад, довжиною у 4096 вимірів, що відповідає 20 добам. Однак, подібний підхід є не зовсім статистично обґрунтований, оскільки не доведена фрактальна подібність окремих частин генеральної сукупності, що планується дослідити у подальшому.

Графік Пуанкаре часового ряду пульсу не є симетричним (рис. 3), тобто його пляма відрізняється від еліптичної форми, яка в свою чергу відповідає розкиду даних здорової людини. Несиметричність хмари Пуанкаре, а саме наявність “хвоста” на рис. 3 свідчить про розвиток процесу захворювання серця, можливо й тахікардії.

У **третьому розділі** магістерської роботи **«Розробка мобільного застосунку візуалізації вимірів пульсу та розрахунку систолічного тиску»** описані загальні вимоги до програмного засобу. Обґрунтовано вибір середовища та мови програмування для розробки програмного застосунку; обрано операційну систему iOS та середовище розробки XCode, програмний продукт створювався для платформи iOS з версією SDK 12.0.

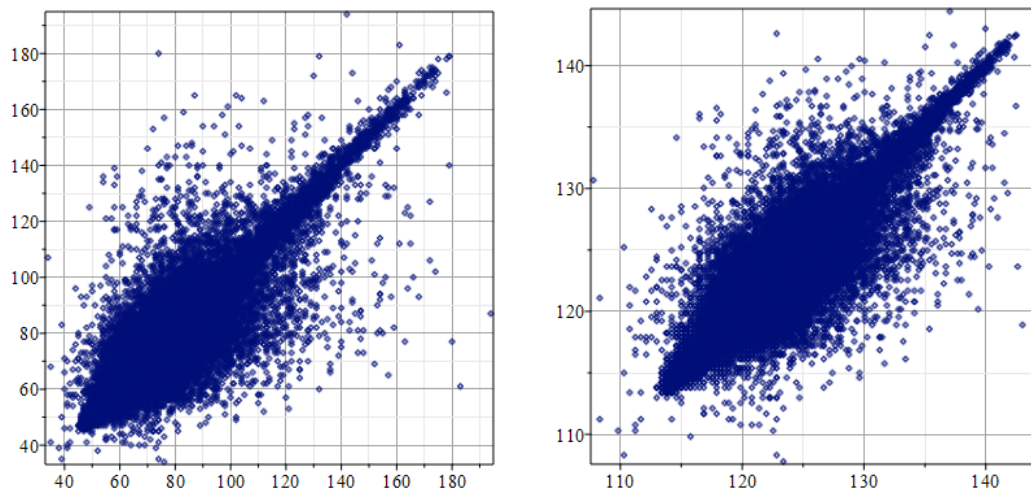


Рис. 3 – Графік Пуанкаре часового ряду:
а) серцевого ритму; б) систолічного тиску.

Розроблене програмне забезпечення (ПЗ) використовує данні серцевого ритму, отримані з Apple Watch, та конвертує їх за визначеною у другому розділі формулою та зберігає конвертовані данні у базу даних додатку «Здоров'я».

Додатки містять данні показників пульсу суб'єкта досліджень, графіки та таблиці кореляцій між показниками серцевих скорочень та систолічного тиску, лістинг коду моделювання СКМ Maple та ПЗ.

Спеціальна частина «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведена оцінка праці у виробничому середовищі у приміщенні на підприємстві ТОВ «Техноторг-Дон», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Слід зазначити, що була встановлена відповідність всіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ТОВ «Техноторг-Дон» є оптимальними.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи:

1. Проведено аналітичний огляд методів та засобів вимірювання та моніторингу серцевого ритму (пульсу) та кров'яного тиску. Проаналізовані співвідношення параметрів артеріального тиску в процесі кровообігу. Розглянуті останні розробки у сфері медичних гаджетів і додатків для вимірювання артеріального тиску та описані їх характеристики та недоліки.

2. Встановлено, що апроксимація за лінійним або квадратичним законом, логарифмічним або експоненціальним законом не дозволяють реалізувати фізіологічно обґрунтованого прогнозування рівня систолічного тиску за межами експериментальних даних.

3. Розроблено модель, яка враховує зв'язок між тиском крові та серцевим ритмом (пульсом) за степеневим законом і оперує початковим коефіцієнтом, що характеризує нормальний стан конкретної людини. Показано, що такий параметр може бути визначений статистично, а саме модою за сукупністю даних часового ряду серцевого ритму. Степеневий закон зв'язку лише з двома числовими коефіцієнтами дозволяє реалізувати спрощений розрахунок систолічного тиску у мобільних застосунках, а ніж більш точні методи апроксимації, наприклад, кубічними сплайнами. Точність розробленої моделі розрахунку систолічного тиску за даними пульсу вища, а ніж в аналогах пристроїв.

4. Статистичними методами та засобами спеціалізованих пакетів СКМ Maple досліджено часовий ряд вимірювань серцевого ритму (пульсу). Показано, що для нерегулярних спостережень пульсу, досліджувати такі "Big Data" методами спектрального аналізу не можна. Для подібних великих медичних сигналів доцільно використовувати лише статистичний аналіз даних та застосовувати методи згладжування масиву для прискорення обробки. Встановлено, що гістограми та частотні характеристики значень часового ряду пульсу є вочевидь несиметричним, хоча з чітким максимумом. Показано, що автокореляційна функція масиву даних доволі невиразна, але і не абсолютно

випадкова, що свідчить про наявність невеликих коливальних компонент сигналу на різних частотах.

5. Встановлено, що статистична мода майже не змінюється при обранні досліджуваного проміжку меншої кількості даних і може бути використана як метод визначення нормального рівня серцевого ритму для подальшого розрахунку систолічного тиску. Однак, подібний підхід є не зовсім статистично обґрунтований, оскільки не доведена фрактальна подібність окремих частин генеральної сукупності, що планується дослідити у подальшому.

6. Показано, що для великих нерегулярних медичних даних можна використовувати лише статистичні методи фільтрації, а саме: фільтр медіани, що ковзає, та фільтр моди, що ковзає, – результат застосування яких дозволяє робити попередні висновки щодо розвитку патологій. Також показано переваги використання графіків Пуанкаре для попереднього візуального аналізу великих медичних даних, а саме порушення симетричності хмари Пуанкаре.

7. Розроблено ПЗ для операційної системи iOS для конвертації і відображення даних систолічного тиску у додатку «Здоров'я». Розробка ПЗ здійснена в середовищі розробки XCode, програмний продукт створювався для платформи iOS з версією SDK 12.0.

8. У спеціальному розділі з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проведено оцінку умов праці на робочому місці працівника ІТ-сфери. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Робота пройшла апробацію на міжнародному науково-технічній конференції, за результатами надрукована одна публікація.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Накидень В. В. Застосунок довгострокового персонального моніторингу кров'яного тиску для ос iOS. *Інтелектуальні інформаційні системи*: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів : тези доп., 19-21 лютого 2019р. / Чорномор. нац. ун-т ім. Петра Могили. 2019. – 108 с.

АНОТАЦІЯ

магістерської роботи

«Застосунок довгострокового персонального моніторингу кров'яного тиску для операційної системи iOS»

Студент: Накидень Віктор Володимирович

Керівник: канд. фіз.-мат. наук, доцент Дворник О. В.

Серцево-судинні захворювання є основною причиною смерті в усьому світі. Підвищений артеріальний тиск - один з факторів ризику розвитку серцево-судинних ускладнень. Виявлення, лікування та контроль гіпертонії є важливим пріоритетом в області охорони здоров'я в усьому світі. В даній роботі вирішено задачу персонального моніторингу, виявлення та своєчасного попередження гіпертонії за допомогою мобільного додатку для мобільної ОС iOS.

Розглянуті основні класи задач, що вирішуються у межах цієї предметної сфери, існуючі апаратні та програмні засоби для реалізації поставлених задач.

Розроблено математичну модель розрахунку величини систолічного тиску за результатами вимірювання серцевого ритму (пульсу), на основі якої побудовано програмний продукт, а саме мобільний застосунок для операційної системи iOS.

Розроблене програмне забезпечення (ПЗ) використовує данні серцевого ритму, отримані з Apple Watch, та конвертує їх за визначеною у другому розділі формулою та зберігає конвертовані данні у базу даних додатку «Здоров'я».

Було показано ефективність застосування методів статистичного аналізу до великих медичних даних, а також методів їх фільтрації, а саме: використання фільтрів середнього, що ковзає, а також медіани та моди, що ковзає.

У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях була проведена оцінка праці у виробничому середовищі у приміщенні на підприємстві ТОВ «Техноторг-Дон», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників.

Дипломна робота містить 77 сторінок, 32 рисунка, 10 таблиць, 25 джерел посилань та 3 додатки.

ABSTRACT

of the Master's Thesis

"Long-term Personal Blood Pressure Monitoring Application for iOS"

Student: Viktor Nakyden

Consultant: PhD, associate professor Dvornik, O.V.

Cardiovascular disease is the leading cause of death throughout the world. Increased arterial pressure is one of the risk factors for developing cardiovascular complications. Detection, treatment and control of hypertension are an important priority in the field of health throughout the world. In this paper, the task of personal monitoring, detection and timely prevention of hypertension with the mobile application for mobile iOS is solved.

The main classes of problems solved within this subject sphere, the existing hardware and software for realization of the set tasks are considered.

The mathematical model of calculation of the systolic pressure value based on the results of heart rate measurement (pulse) was developed, on the basis of which a software product, namely a mobile application for the iOS operating system, was constructed.

The developed software (mobile application) uses the heart rate data obtained from the Apple Watch, and converts it to the formula specified in the second section and stores the converted data into the database of the Health application.

The effectiveness of applying statistical analysis methods to big medical data, as well as the methods of filtering these data, has been shown, namely, the use of slippery filters, as well as the medians and slippery modes.

In the special section on labor safety and emergency situations, an assessment of work in the production environment at the premises of Technotorg-Don LLC was conducted, as well as a certain impact of these factors on the health and working capacity of workers. The compliance of all considered indicators with current sanitary norms was established.

In general, Master's Thesis without the enclosures contains 77 pages, 32 pictures, 10 tables, 25 references.