

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Богуславський Роман Ігорович**

*УДК 681.2:616.379-008.64*

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ РІВНЯ ГЛЮКОЗИ У  
КРОВІ ДЛЯ ГЛЮКОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри біотехнічних систем  
**Ткачук Роман Андрійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Цукровий діабет є одним із найбільш розповсюдженим захворюванням в світі. Воно відоме вже більше 500 років і може вражати людей будь-якого віку, раси та комплекції.

З розповсюдженням мобільних технологій отримала розвиток мобільна медицина. Мобільна медицина – це концепція, що має на меті об'єднати пацієнта і лікаря за допомогою мобільних пристроїв, з метою більш точного та повного обміну даними про стан пацієнта. Це зумовлює поліпшення якості надавання медичних послуг.

Згідно даних Kleiner Perkins Caufield Byers у 2014 році, кількість мобільних пристроїв перевищила кількість стаціонарних комп'ютерів [1]. Таке зростання спровокувало стрімке збільшення кількості мобільних додатків у всіх сферах. 52% користувачів збирають інформацію про стан свого здоров'я на мобільних пристроях. Це включає в себе інформацію про конкретну медичну проблему, процедури, дієти, харчування або фітнес.

З точки зору діабету мобільна медицина може запропонувати декілька можливих варіантів застосування мобільних пристроїв. По-перше, пацієнт може заповнювати електронний щоденник пацієнта, що відображає інформацію про його стан та параметри харчування та фізичної активності. По-друге, за допомогою спеціальних пристроїв стає можливим контролювати рівень цукру в крові.

У сфері мобільної медицини смартфони стають джерелом великої кількості даних. Дані можуть збиратися з вбудованих сенсорів та з зовнішніх пристроїв – носимих пристроїв. Багато даних можуть збиратися в автоматичному режимі, що зменшує навантаженість на пацієнта.

За допомогою мобільних пристроїв пацієнти можуть збирати спеціалізовані дані з деяких захворювань протягом тривалого проміжку часу, які раніше було важко отримати. Лікарі також можуть аналізувати поведінку пацієнтів, характер фізичних навантажень. Наприклад, браслети Fitbit та Jawbone's Up24, які є популярними серед користувачів, можуть з легкістю відстежувати фізичні вправи, харчування та навіть цикли сну.

Мобільний пристрій може допомогти контролювати рівень цукру в крові. Це стало можливим завдяки глюкометрам, з вбудованими Bluetooth і audio-jack інтерфейсам. Такі пристрої можуть бути як самостійними, що мають вбудовану пам'ять та джерело живлення, так і спеціальним гаджетом, що працює лише в парі з мобільним телефоном.

Спеціальне мобільний додаток може збирати дані з глюкометрів і проводити аналіз стану користувача, нагадувати про необхідність уколу інсуліну. Своєчасний аналіз може попередити критичний стан пацієнта.

За останні кілька років, спостерігається стрімке зростання кількості мобільних пристроїв на ринку - від планшетів до носимих пристроїв. Медичні співробітники стають мобільними. Згідно зі звітом Research2Guidance, 80% лікарів використовують смартфони і медичних програми.

Носимі пристрої здатні забезпечити безперервний моніторинг стану людини. Вони можуть збирати дані самостійно, без потреби з боку користувача ініціалізації

вимірювання. Це відкриває можливості для глибокого аналізу медичних даних і виявлення причин зміни стану людини.

Метою дипломної роботи був аналіз можливостей розробки програмного продукту для пацієнтів з діабетом та розробка програмного забезпечення під мобільні платформи для контролю варіабельності рівня глюкози у крові

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є розроблення методу та програмного забезпечення під мобільні платформи для оцінювання варіабельності рівня глюкози у крові.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз можливостей розробки програмного продукту для пацієнтів з діабетом для обґрунтування напрямку наукового дослідження.
2. Розробити програмне забезпечення під мобільні платформи для контролю рівня цукру у крові.
3. Розробити плагін інтеграції з мобільним глюкометром.
4. Розробити мобільний додаток, для вирішення задачі обліку вимірювань про варіабельність рівня глюкози в крові та їх аналіз

*Об'єкт дослідження:* процес оцінювання варіабельності рівня глюкози у крові

*Предмет дослідження:* метод та програмне забезпечення під мобільні платформи для оцінювання варіабельності рівня глюкози у крові.

*Методи дослідження* побудовано на базі теорії обчислювальних процесів для обґрунтування створення програмного забезпечення під мобільні платформи. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано об'єктно-орієнтовану мову програмування JAVA.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено мобільний додаток, що вирішує задачу обліку вимірювань про рівень цукру в крові та їх аналіз, що уможливить покращити якість надавання медичних послуг та зменшити навантаження на лікарні завдяки дистанційним консультаціям.

Апробація результатів дослідження. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2017 р.).

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 86 сторінках, списку використаних джерел на 3 сторінках, додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 98 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** шляхом аналізу та порівняння методів і засобів оцінювання варіабельності рівня глюкози в крові для пацієнтів з діабетом обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

**У першому розділі** «Аналіз можливостей розробки програмного продукту для пацієнтів з діабетом» проведено аналіз існуючих мобільних додатків для хворих на цукровий діабет. Аналіз проводився за наступними критеріями: ціна, функціонал, інтеграція з мобільними глюкометрами.

Було проведено аналіз основних тенденцій у mHealth. Для цього були використані дані статистики використання додатків лікарями та пацієнтами. Також були розглянуті приклади впровадження mHealth в лікарнях світу. В результаті проведеного аналізу були сформульовані рекомендації з поліпшення.

**У другому розділі** «Технології аналізу рівня глюкози в організмі людини» розглянуті технології аналізу рівня глюкози в організмі людини. Серед них були описані глюкооксидазний метод, лазерний метод, метод рама-спектроскопії, біосенсори та інші. Глюкооксидазний метод, що використовує для аналізу рівня глюкози в крові хімічну реакцію окислення оксидази та вимірює силу струму у продуктах реакції. Лазерний метод базується на принципі поглинання глюкозою світла в інфрачервоному діапазоні. Розумні контактні лінзи здатні аналізувати рівень цукру в слюзі кожної секунди та змінювати колір при підвищенні показників встановленої норми. Біосенсори, найменші з розглянутих технології, аналізують піт та слюзи. Тату монітори аналізують піт та змінюють колір при змінах в показниках.

**У третьому розділі** «Прототип мобільного додатку» розглянуто розроблений прототип мобільного додатку для хворих на цукровий діабет. Завдяки використанню гібридних технологій при розробці програмного продукту мобільних додаток може буди запущений на декількох платформах, таких як Apple iOS , Google Android та інших.

В ході виконання роботи було розроблено архітектуру мобільного додатку та діаграми потоків даних.

Для інтеграції з мобільних глюкометром iHealth Align BG1 було розроблено плагін для мобільного фреймворку Apache Cordova. Завдяки цьому плагіну гібридний мобільних додаток можна інтегрувати з вбудованими інтерфейсами платформи Apple iOS та отримати дані з глюкометру.

**У четвертому розділі** «Функціонально-вартісний аналіз програмного продукту» проведено функціонально-вартісний аналіз ПП, який було розроблено в рамках дипломної роботи.

Проведено дослідження ПП з технічної точки зору: визначено основні функції ПП та сформовано множину варіантів їх реалізації; на основі обчислених значень параметрів, а також експертних оцінок їх важливості обчислено коефіцієнт технічного рівня, який уможливив визначення оптимальної з технічної точки зору альтернативу реалізації функцій ПП.

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розробляється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишились після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту.

Цей варіант реалізації програмного продукту має наступні параметри: мова програмування –JavaScript; WebStorm IDE; інтерфейс користувача Ionic Framework

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, кросплатформенний мобільний додаток та швидкодію роботи додатку.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано концептуальні засади медико-біологічних досліджень.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 59612,53 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено результати проведеного аналізу шкідливих факторів та чинників, що впливають, або можуть вплинути, на коректну роботу персоналу установи, де використовується представлений метод дослідження пацієнта з використанням спеціального обладнання. Був встановлений чіткий порядок розробки і впровадження технологій та вимог, щодо запобігання шкідливим факторам та чинникам.

**У восьмому розділі** «Екологія» проаналізовано питання екології.

**У додатках** наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows XP).

## **ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу розробки програмного продукту для пацієнтів з діабетом та розробка програмного забезпечення під мобільні платформи для контролю варіабельності рівня глюкози у крові. Продуктом даної розробки є програмний код мобільного додатку та програмний код плагіну для інтеграції з мобільних глюкометром.

При цьому отримано такі результати:

В результаті аналізу існуючих мобільних додатків для хворих на цукрових діабет сформульовано рекомендації з покращення, частина з яких була використана при розробці мобільного додатку.

Проведено аналіз можливих варіантів реалізації мобільного додатку. Встановлено, що економічно-вигідною виявилась розробка гібридного веб-додатку на базі Apache Cordova. Для розробки інтерфейсу було використано Ionic Framework.

Проаналізовано існуючі технології аналізу рівня глюкози в організмі людини. Використано мобільний глюкометр iHealth Align BG1 з глюкооксидазним методом аналізу для інтеграції з мобільним додатком.

Розроблений мобільний додаток для Apple iOS та Google Android, що виконує функцію електронного щоденника для обліку рівня цукру в крові пацієнтом з цукровим діабетом. Завдяки мобільному додатку пацієнт з цукровим діабетом може легко фіксувати та аналізувати зміну свого стану.

Розроблено плагін інтеграції з мобільним глюкометром iHealth Align BG1 для Apple iOS. Дані з глюкометру передаються на мобільний пристрій та зберігаються у мобільному додатку. Завдяки цьому дані автоматично передаються у мобільний

додаток без необхідності ручного введення. Оскільки для реалізації мобільного додатку було використано платформу Apache Cordova, то плагін є сумісним з усіма мобільними додатками, що використовують дану платформу.

Розроблено архітектуру мобільного додатку. На ній відображені компоненти додатку та зв'язки між ними. Розроблено діаграму потоків даних і процесів при ініціалізації зчитування даних з глюкометру та при отриманні даних від глюкометру.

Розроблений мобільний додаток вирішує задачу обліку вимірювань про рівень цукру в крові та їх аналіз. Подальший розвиток можливий у таких напрямках:

- Розробка плагінів інтеграції з мобільним глюкометром під платформу Google Android.
- Інтеграція додаткових мобільних глюкометрів.
- Розробка хмарної платформи для синхронізації даних між пристроями.
- Розробка мобільного додатку для лікаря.
- Інтеграція з електронною медичною картою.
- Розробка функціоналу з розпізнавання патернів.
- Розробка функціоналу щоденника фізичних навантажень.
- Розробка функціоналу щоденника харчування.

Основна потенційна галузь застосування – медицина. Використовуючи розробку можливо поліпшити якість надавання медичних послуг та зменшити навантаження на лікарні завдяки дистанційним консультаціям.

## АНОТАЦІЯ

Богуславський Роман Ігорович. Метод оцінювання варіабельності рівня глюкози у крові для глюкометричних систем. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методу та програмного забезпечення під мобільні платформи для оцінювання варіабельності рівня глюкози у крові.

Було проаналізовано існуючі мобільні додатки та технології аналізу рівня глюкози в крові для визначення підходу до розробки та необхідних функціональних модулів.

Результатом роботи є реалізація мобільного додатку, інтеграція з мобільним глюкометром, порівняльний аналіз наявних мобільних додатків та аналіз існуючих технологій аналізу рівня глюкози в крові.

**Ключові слова:** цукровий діабет, мобільна платформа, варіабельність, об'єктно-орієнтований підхід

## SUMMARY

Boguslavsky R. The method for glucose level variability evaluation in blood for glucometric systems. – Manuscript.

Master's thesis work on specialty 163 – biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, Ternopil, 2018.

Master's thesis is devoted to the development of a method and software for mobile platforms for assessing the variability of blood glucose levels.

Existing mobile applications and blood glucose analysis technologies were analyzed to determine the approach to development and the necessary functional modules.

The result of the work is the implementation of a mobile application, integration with a mobile glucometer, a comparative analysis of existing mobile applications and analysis of existing technologies for analyzing blood glucose levels.

**Keywords:** diabetes mellitus, mobile platform, variability, object-oriented approach.