

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Качор Юрій Михайлович

УДК 612.171.1:519.87

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ
НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

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 кафедри біотехнічних систем
Ткачук Роман Андрійович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться **22** лютого 2018 р. о 10⁰⁰ 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. У сучасній медицині невід'ємним елементом в процесі лікування хворих на ішемічну хворобу серця (ІХС) є моніторинг і аналіз електрокардіосигналу (ЕКС) пацієнта та формування сигналу тривоги при виникненні та розвитку ішемічного епізоду в структурі ЕКС. Оскільки епізоди ішемії можуть виникати без явно вираженого провокуючого фактора, без зміни частоти серцевих скорочень, і не супроводжуватися больовими відчуттями на початковій стадії, важливим є задача автоматизованого прогнозування ІХС та розроблення технічних засобів формування сигналу тривоги при появі епізоду ішемії на основі результатів опрацювання ЕКС. Розвиток епізоду ішемії міокарда відбувається в короткий проміжок часу (від 30 секунд до декількох хвилин) і при зтяжньому епізоді може викликати важкі наслідки для пацієнта (раптова смерть, інфаркт міокарда, гостра серцева недостатність). Тому необхідно своєчасно прогнозувати виникнення епізоду ішемії та вживати екстрених заходів для запобігання розвитку захворювання. З іншого боку, помилкова тривога є психотравмуючим фактором, тому є необхідність підвищення достовірності формування сигналів про появу епізоду ішемії в відомих пристроях тривожної сигналізації ІХС.

Відомі та поширені в медицині пристрої прогнозування ІХС, як наприклад «Амулет» (Росія), «Monitor-One» фірми Q-Med (США) для вирішення поставленого завдання використовують алгоритми опрацювання ЕКС, які ґрунтуються на аналізі його часової структури. Опрацювання ЕКС проводиться на сегменті ST (оскільки за виникненням і зростанням сигналу саме на цьому сегменті визначається наявність або відсутність епізоду ішемії) і лише в характерних точках. Інформація, що зосереджена в інших точках сегмента фактично ігнорується. Рішення про наявність або відсутність епізоду ішемії приймається за результатами спостереження сигналу на сегменті ST поточного кардіокомплексу або сигналу, усередненого на короткому інтервалі часу. Однак епізод ішемії розвивається протягом кількох десятків секунд. Тому значна частина інформації не тільки про наявність епізоду ішемії а і про його перебіг (за умови наявності) в процесі опрацювання практично втрачається. Внаслідок цього знижується достовірність результатів прогнозування.

Враховуючи все вище сказане, важливим є розроблення нових ефективних методів та алгоритмів опрацювання ЕКС з метою автоматизованого прогнозування ІХС та формування на основі такого опрацювання сигналів тривоги у випадку наявності захворювання в системах тривожної сигналізації ІХС.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування математичної моделі та методу опрацювання ЕКС для задач автоматизованого прогнозування ІХС. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести огляд літературних джерел за тематикою досліджень;
2. Дослідити структурні властивості і параметри ЕКС окремо взятих пацієнтів в стані норми та патології (ІХС) та сформулювати вимоги до математичної моделі ЕКС;

3. Провести аналіз відомих математичних моделей та методів опрацювання ЕКС, з метою виявлення можливості використання їх для задач автоматизованого прогнозування ІХС;

4. Обґрунтувати математичну модель ЕКС задач автоматизованого прогнозування ІХС;

5. На основі обґрунтованої математичної моделі розробити метод опрацювання ЕКС з метою перевірки адекватності математичної моделі поставленій в роботі задачі;

6. Провести експериментальну перевірку адекватності обґрунтованої математичної моделі та методу опрацювання ЕКС задачі автоматизованого прогнозування ІХС.

Об'єкт дослідження: метод опрацювання електрокардіосигналу для задач автоматизованого прогнозування ІХС.

Предмет дослідження: електрокардіосигнал, як засіб перенесення інформації про наявність та перебіг ішемічної хвороби серця.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтовано математичну модель та метод опрацювання електрокардіосигналу для задач автоматизованого діагностування ішемічної хвороби серця.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані для розроблення систем тривожної сигналізації появи та розвитку ішемічної хвороби серця.

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на XX науковій конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017 рік.

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 109 сторінках, списку використаних джерел з 30 назв на 4 сторінках, додатків на 8 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 122 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих методів і засобів діагностування ішемічної хвороби серця на основі аналізу електрокардіосигналу 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 стану проблеми автоматизованого прогнозування ішемічної хвороби серця» проведено аналіз сучасних пристроїв моніторингу кардіосигналу і попередження хворого ІХС про розвиток епізоду ішемії показав обмежені можливості їх використання в процесі лікування через високий рівень помилкових попереджень, що є потужним психотравмуючим фактором.

Існуючі методи синтезу пристроїв моніторингу кардіосигналу з виробленням рекомендацій пацієнту з алгоритмами обробки кардіосигналу, що розраховані на широку групу осіб, прийшли в протиріччя з основною тенденцією в кардіології - індивідуальним підходом до лікування пацієнта.

Проведено аналіз структури електрокардіосигналу і встановлено, що ІХС

проявляється у вигляді зміни параметрів сегменту ST. Для опрацювання найкраще використовувати ЕКС, що відібрані у відведенні V6, оскільки в цьому відведенні сегмент ST являє собою практично похилу лінію, за зміною кута нахилу якої відносно ізолінії та виникнення додаткових піків можна діагностувати ІХС.

У другому розділі «Аналіз відомих методів оцінювання часових та амплітудних параметрів кардіосигналу» на основі існуючого механізму формування ЕКС: встановлено існування індивідуальних залежностей тривалості інтервалу QT від тривалості інтервалу RR при зміні ЧСС. Ці залежності мають вигляд формули Базетта з індивідуальним значенням коефіцієнта пропорційності; знайдена залежність тривалості інтервалу QT від тривалості інтервалу R-R. Залежність індивідуальна для кожного пацієнта; часові інтервали PQ, ST і тривалості зубців P, Q, R, S, T при зміні ЧСС підпорядковані наближено лінійній залежності від тривалості інтервалу Q-T; при варіаціях ЧСС зубці кардіосигналу зберігають незмінний індивідуальний для кожного пацієнта функціональний вигляд.

У третьому розділі «Обґрунтування вибору математичної моделі та методу опрацювання екс для задачі виявлення ІХС» проаналізовано відомі математичні моделі ЕКС, такі, як моделі у вигляді детермінованого процесу (періодичний, майже періодичний процес, квазіперіодичний процес) та випадкового процесу (вектор випадкових величин, стаціонарний випадковий процес) та встановлено недоліки таких моделей при використанні їх для задачі автоматизованого прогнозування ІХС, а саме не врахування детермінованою моделлю випадкової складової ЕКС, що є результатом впливу зовнішніх та внутрішніх факторів, випадковості форм прояву патології (ІХС), та неможливість опису стаціонарною моделлю коливних процесів, яким є ЕКС, та неможливість проводити аналіз сигналів в часі, що є важливим для прогнозування ІХС на ранніх етапах її виникнення. Встановлено відповідність зазначеним вимогам моделі ЕКС у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Розглянуто синфазний та компонентний методи опрацювання ЕКС в рамках моделі у вигляді ПКВП. Розроблено метод оцінювання значення періоду корельованості ЕКС за його автокореляційною функцією.

У четвертому розділі «Результати опрацювання електрокардіосигналів для задачі діагностування ішемічної хвороби серця в середовищі MATLAB» протведено опрацювання вибірки з сигналу ЕКС синфазним методом, при цьому розроблено блок-схему алгоритму опрацювання сигналу цим методом. Встановлено, що оцінки кореляційних функцій та кореляційних компонент є чутливими до зміни часових параметрів ЕКС (найбільше до зміни тривалості R-R інтервалу), але мають низьку чутливість до зміни амплітудних параметрів структурних елементів кардіокомплексу, зокрема на інтервалі ST. Обґрунтовано доцільність проведення опрацювання оцінок стаціонарних компонент, оскільки на них найкраще проявляються зміни амплітудних параметрів сигналу. Для виявлення змін на сегменті ST, що можуть бути спричинені ІХС, розроблено метод опрацювання, який ґрунтується на створенні вікна для стану норми, яке складається з двох кривих, що відображають нижню та верхню межі флуктуацій значень оцінок стаціонарних компонент. Маж цими кривими пропускаються обчислені оцінки стаціонарних компонент, і при перевищенні ними якоїсь межі формується сигнал попередження настання епізоду ішемії. Паралельно проводиться обчислення оцінок кореляційних

функцій та кореляційних компонент. За ними робляться висновки, чи не спричинене перевищення верхньої чи нижньої межі стаціонарними компонентами порушеннями ритму ЕКС (наприклад внаслідок аритмії). Лише після цього приймається рішення про появу епізоду ішемії (тим самим зменшується ймовірність видачі неправильного результату). Запропонований метод дає можливість опрацювання як усього кардіокомплексу ЕКС так і окремо сегмента ST. Проведено опрацювання розробленим методом сигналу ЕКС із штучно створеним епізодом ішемії на одному із сегментів ST. Результати опрацювання підтвердили узгодження експерименту з емпіричними даними.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при діагностуванні ішемічної хвороби серця та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 56299,19 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється 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» розглянуто безпеку людини при експлуатації кардіодіагностичного комплексу для коректної роботи персоналу установи де використовується представлений метод дослідження пацієнта. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, забруднення, що виникають при виготовленні кардіодіагностичних систем, заходи щодо зменшення забруднення довкілля.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра розв'язано актуальну наукову задачу, яка полягає в обґрунтуванні методу опрацювання електрокардіосигналу для задач автоматизованого діагностування ішемічної хвороби серця. При цьому отримано такі результати:

1. Встановлено, що особливо актуальною є задача завчасного виявлення настання епізодів ішемії, що характеризує порушення кровопостачання міокарду через ураження коронарних артерій серця. Опосередковано виявляти такі епізоди можна шляхом належного опрацювання електрокардіосигналу.

2. Проведено аналіз структури електрокардіосигналу і встановлено, що ішемічна хвороба серця проявляється у вигляді зміни параметрів сегменту ST, зокрема його форми та кута нахилу відносно ізолінії сигналу. Для опрацювання використано реєстрограми ЕКС, що відібрані у відведенні V6, оскільки в цьому

відведенні сегмент ST являє собою практично похилу лінію, за зміною амплітудних та часових параметрів якого можна діагностувати прояви ішемічної хвороби серця.

3. З метою обґрунтування методу опрацювання електрокардіосигналу та виділення інформативних ознак, які були б індикаторами прояву епізодів ішемії проведено обґрунтування математичної моделі електрокардіосигналу. Встановлено, що адекватна фізичній природі такого типу сигналів та задачі виявлення проявів ішемії математична модель повинна враховувати коливну структуру електрокардіосигналу, випадкову складову та мати засоби оцінювання змін у часово-фазовій структурі таких сигналів для забезпечення можливості виявлення часових моментів появи проявів ішемії. Проаналізовано відомі математичні моделі ЕКС, такі, як моделі у вигляді детермінованого та випадкового процесу і встановлено недоліки таких моделей при використанні їх для задачі автоматизованого прогнозування ІХС.

4. Встановлено відповідність зазначеним вимогам моделі ЕКС у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, що задовольняє поставленим вимогам.

5. В рамках запропонованої математичної моделі електрокардіосигналу розглянуто синфазний метод опрацювання таких сигналів. Встановлено, що для його застосування необхідно знати значення періоду корельованості електрокардіосигналу. Цей період повинен бути оберненим до значення найнижчої частоти, яка є присутня в сигналі. Такою частотою є частота серцевих скорочень. В рамках моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу запропоновано метод оцінювання значення періоду корельованості електрокардіосигналу за його автокореляційною функцією. Протведено опрацювання вибірки з електрокардіосигналу синфазним методом та встановлено, що оцінки кореляційних функцій та кореляційних компонент є чутливими до зміни часових параметрів сигналу (найбільше до зміни тривалості R-R інтервалу), але мають низьку чутливість до зміни амплітудних параметрів структурних елементів кардіокомплексу, зокрема на інтервалі ST.

6. Розроблено метод опрацювання електрокардіосигналу, який ґрунтується на опрацюванні стаціонарних компонент, що формуються на першому етапі використання синфазного методу. Розроблений метод ґрунтується на створенні вікна для стану норми, яке складається з двох кривих, що відображають нижню та верхню межі флуктуацій значень оцінок стаціонарних компонент, між якими «пропускаються» обчислені оцінки стаціонарних компонент, і при перевищенні ними якоїсь межі формується сигнал попередження настання епізоду ішемії (якщо перевищення відбувається на компонентах, які відповідають ST сегменту). Запропонований метод дає можливість опрацювання як усього кардіокомплексу так і окремо сегмента ST.

7. Проведено опрацювання розробленим методом електрокардіосигналу із штучно створеним епізодом ішемії на одному із сегментів ST. Результати опрацювання показали, що запропонований метод є чутливим до амплітудних змін в структурі електрокардіосигналу та дає можливість виявлення таких змін і оцінювання часових моментів їх появи в структурі електрокардіосигналу.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Качор Ю.М. Вимоги до математичної моделі електрокардіосигналу для діагностування ішемічної хвороби серця / Ю.М.Качор, І.Я.Байко // Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя (Тернопіль, 17-18 травня 2017 р.) / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2017.- С.127.

АНОТАЦІЯ

Качор Ю.М. Методи і засоби діагностування ішемічної хвороби серця на основі аналізу електрокардіосигналу. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено питанням розроблення методу опрацювання електрокардіосигналу для задачі діагностування ішемічної хвороби серця. Проведено аналіз відомих математичних моделей електрокардіосигналу та обґрунтовано математичну модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Обґрунтовано необхідність оцінювання зміни енергетичних параметрів як усього електрокардіосигналу так і окремо сегмента ST. Розроблено метод опрацювання електрокардіосигналу для задач виявлення часових моментів розвитку ішемії.

Ключові слова: ішемічна хвороба серця, електрокардіосигнал, періодично корельований випадковий процес.

ABSTRACT

Kachor Yu.M. Methods and means of diagnosing an coronary heart disease by electrocardiosignal analysis. - The manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The qualifying work is devoted to the development of a method of electrocardiosignal processing for the diagnosis of coronary heart disease. The analysis of known mathematical models of the electrocardiosignal is conducted and the mathematical model in the form of a periodically correlated random process is substantiated. The necessity of estimating the change in the energy parameters of the whole electrocardiogram and separately of the segment ST is substantiated. The method of electrocardiosignal processing for problems of detection of time moments of development of coronary heart disease is developed.

Key words: coronary heart disease, electrocardiosignal, periodically corelated random process.