Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Жаран Ніна Сергіївна

УДК 303.01:303.447: 612.17

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДОБОВОГО РИТМОКАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВЕРИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМ ГОЛТЕРІВСЬКОГО МОНІТОРИНГУ

163 – Біомедична інженерія

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2019

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

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри біотехнічних систем
Яворська Євгенія Богданівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о $10^{.00}$ годині на засіданні екзаменаційної комісії №23 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. Серцево-судинна система є однією з важливих для забезпечення швидких реакцій на події у оточуючому середовищі. Одним зі швидких та зручних методів оцінки стану серцево-судинної системи є аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР). Реєстрограма, яка відображає електричну активність серця, називається електрокардіограмою (ЕКГ).

Оцінка функціонального стану організму за даними варіабельності серцевого ритму є перспективним діагностичним методом, який вже широко використовується в клінічній медицині.

Цільова група Європейського Товариства кардіології і Північно-Американського Товариства електростимуляції і електрофізіології у 1996 році опублікувала Стандарт вимірювання, фізіологічної інтерпретації та кліничного застосування варіабельності серцевого ритм. Цей Стандарт визначає методи вимірювання, аналізу і клінічної інтерпретації показників варіабельності серцевого ритму. В цьому документі не вказаний метод автокореляційного аналізу кардіоінтервалограм. Високу діагностичну цінність показників автокореляційного аналізу при оцінці функціонального стану організму зауважено у роботах сучасних науковців.

Упродовж останніх років дослідження варіабельності ритму серця (ВРС) стало одним з доступних неінвазивних методів стратифікації ризику у пацієнтів із серцево-судинною патологією. Широке впровадження методу холтерівського моніторування ЕКГ у клінічну практику дозволило оцінювати показники ВРС упродовж доби та за певні проміжки часу, використовувати цей метод для вивчення стану вегетативної регуляції серцевого ритму, перспектив виживання пацієнтів з кардіологічними захворюваннями та оцінки ефективності терапії. Зміни ВРС були виявлені при ряді несерцевих захворювань, зокрема, цукровому діабеті, неврологічній та легеневій патології. Водночас, основні стандарти інтерпретації та клінічного використання показників ВРС, підготовлені американськими та європейськими експертами у 1996 р., до цього часу не переглядалися.

Існує очевидна потреба у визначенні реального місця оцінки ВРС серед інших відомих неінвазивних методів оцінки кардіального ризику, а також оптимального обсягу дослідження ВРС.

Аналіз практики визначення характеристик ВСР, наприклад, за допомогою біомедичних систем КАРДІОСЕНС (НТЦ „ХАІ-МЕДИКА”, м. Харків), DiaCard (АОЗТ „Сольвейг”, м. Київ), CARDIO-10DX (Pallar Ltd. Co, м. Вінниця), KARDi (УльтраМед, Росія), КАД-03 «КИГ» (ДНК и К, Росія), Medilog-Ex.(Oxford, Англія), Micro AM (Kontron, Франція) показує, що для оцінювання ВСР застосовують різноманітні методи, які відрізняються способом параметризації стаціонарної моделі. У працях Драгана Я.П., Яворської Є.Б. використано стохастичний підхід до побудови математичної моделі ритмокардіосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих враховує у своїй структурі поєднання властивостей періодичності із випадковістю, що дає змогу проаналізувати фазово-часову структуру сигналу для задач виявлення ранніх змін у функціонуванні серцево-судинної системи.

Отже, побудова імітаційної моделі добового ритмокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є побудова імітаційної моделі добового ритмокардіосигналу на базі моделі у вигляді періодично корельовано випадкової послідовності для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу.

Досягнення цієї мети вимагає розв’язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих моделей ритмокардіосигналів та методів опрацювання їх для обґрунтування напрямку наукового дослідження.
2. Побудувати математичну модель ритмокардіосигналу, яка враховує у своїй структурі механізм поєднання властивостей періодичності із випадковістю, для розв’язання задач оперативного виявлення змін стану серцево-судиннгої системи людини.
3. Обґрунтувати метод статистичного опрацювання ритмокардіосигналу на основі його математичної моделі для виявлення нових інформативних ознак.
4. Провести експериментальні дослідження ритмокардіосигналів з метою перевірки обґрунтованої математичної моделі та методів її опрацювання.
5. Удосконалити програмне забезпечення комп’ютерних систем діагностики стану серцево-судинної системи.

Об'єкт дослідження: Процес опрацювання добового ритмокардіосигналу для розширення можливостей систем голтерівського моніторингу.

Предмет дослідження: Математична модель ритмокардіосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

Методи дослідження побудовано на базі енергетичної теорії стохастичних сигналів (ЕТСС), зокрема подання періодично корельованого випадкового процесу для обґрунтування математичної моделі ритмокардіосигналу і методів оцінювання його параметрів. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше на базі математичної моделі ритмокардіосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу опрацьовано його компонентним методом, що дало змогу розширити можливості оперативної діагностики стану серцево-судинної системи людини із використанням комп’ютерних систем діагностики стану серцево-судинної системи шляхом впровадження в область електрокардіографії нового класу інформативних характеристик – спектральних компонент.

Апробація результатів дослідження. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на II Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2019 р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, семи розділів, висновку, викладених на 81 сторінках, списку використаних джерел на 3 сторінках, додатків на 9 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 111 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі 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» на основі аналізу методів дослідження електрокардіографічного сигналу встановлено, що, через наявність завад (мережевої, електричної активності м’язів, дрейфу ізолінії), які виникають при звичайній руховій активності при аналізі ЕКГ досить часто розглядають ті ділянки ЕКГ, де пацієнт перебував у стані відносного спокою, а ділянки де людина займається руховою активністю просто відкидаються.

Проте патологічні процеси можуть проявлятись на ділянках з руховою активністю. Тому виділення морфологічних характеристик ЕКС на цих ділянках є актуальною проблемою адже з допомого аналізу цих ділянок можна отримати додаткову інформацію про стан серцево-судиної системи пацієнта.

У другому розділі «Математична модель варіантного ритмокардіосигналу» Удосконалення відомих методів математичного моделювання ритмокардіосигналу уможливили використання відомих моделей для вирішення задачі ідентифікації моделі ритмокардіосигналу у вигляді періодично корельовної випадкової послідовності.

В розділі описано фактори, які спричиняють ВРКС. Для математичного моделювання ВРКС використано періодично корельовну випадкову послідовність

У третьому розділі «Опис методів аналізу ВРКС як ПКВП» показано, що при моделюванні біофізіологічної варіантної послідовності RR-інтервалів доцільно використати математичну модель у вигляді часової періодично-корельованої випадкової послідовності.

Застосування синфазного та компонентного методів аналізу уможливило отримання інформативних характеристик РКГ при цьому використано спектрально-кореляційний метод. Встановлено, що при тривалій однорідності статистик РКГ ефективним є використання синфазного методу аналізу РКГ, а при нетривалій – компонентний, який більш чутливий до швидких змін.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень характеристик ритмокардіосигналу» У результаті проведено порівняльного аналізу відомих математичних моделей ритмокардіосигналу сформульовано основні вимоги до математичної моделі: врахування випадковості та повторності характеру сигналу, можливість застосування для задач оперативного виявлення змін у функціонуванні серцево-судинної системи.

Розроблено метод дослідження ритмокардіосигналу на базі моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, який дає змогу оцінити стан серцево-судинної системи на ранній стадії її захворювання

Отримано нові в області кардіології інформативно-інваріантні ознаки, а саме – спектральні компоненти.

Створено програмне забезпечення із графічним інтерфейсом, яке реалізує статистичний метод аналізу, і є придатним для використання як складової частини

спеціалізованого програмного забезпечення автоматизованих комп'ютерних електрокардіографічних систем.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методика дослідження електричної активності серця.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 72421,87 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 за результатами виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**»** висвітлено питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано питання екологічного характеру.

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

ВИСНОВКИ

- Встановлено, що стаціонарні математична модель є основним припущенням, яке застосовується при побудові методів автоматизованого опрацювання ритмокардіограми у біомедичних системах для визначення характеристик варіабельності серцевого ритму та інтерпретації його результатів. Адекватну оцінку характеристик серцевого ритму проводять із використанням нестаціонарної моделі.
- Наведено обгрунтування використання матмоделі ритмокардіограми як періодично корельованої випадкової послідовності.
- Для отримання нових інформативних інваріантних характеристик – спектральних компонент, застосовано синфазний та компонентний методи аналізу варіабельної ритмокардіограми із використанням спектрально-кореляційного методу.

Створено програмне забезпечення із графічним інтерфейсом, яке реалізує статистичний метод аналізу, і є придатним для використання як складової частини спеціалізованого програмного забезпечення автоматизованих комп'ютерних електрокардіографічних систем.

АНОТАЦІЯ

Жаран Ніна Сергіївна. Імітаційна модель добового ритмокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу. Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Дипломну роботу магістра присвячено побудові імітаційної моделі добового ритмокардіосигналу на базі моделі у вигляді періодично корельовано випадкової послідовності для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу.

В роботі наведено обгрунтування використання математичної моделі ритмокардіограми як періодично корельованої випадкової послідовності. Для отримання нових інформативних інваріантних характеристик – спектральних компонент, застосовано синфазний та компонентний методи аналізу варіабельної ритмокардіограми із використанням спектрально-кореляційного методу.

Створено програмне забезпечення із графічним інтерфейсом, яке реалізує статистичний метод аналізу, і є придатним для використання як складової частини спеціалізованого програмного забезпечення автоматизованих комп’ютерних електрокардіографічних систем.

Ключові слова: електрокардіосигнал, комп’ютерна імітаційна модель, серцева ритміка, періодично корельований випадковий процес.

ANNOTATION

Zharan N. A daily rhythmocardiosignal simulation model for verification Holter monitoring systems algorithms. – Manuscript.

Master's thesis work on specialty 163 – biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, Тернопіль, 2019.

The master's thesis is devoted to the construction of a simulation model of a daily rhythmocardio signal on the basis of the model in the form of periodically correlated random sequence for the task of verifying the algorithms of the Holter monitoring systems.

The paper substantiates the use of the mathematical model of the rhythmocardiogram as a periodically correlated random sequence. To obtain new informative invariant characteristics - spectral components, in-phase and component methods of analysis of variable rhythmocardiogram using spectral-correlation method were applied.

Graphical interface software has been created that implements the statistical method of analysis and is suitable for use as part of specialized software for automated computer electrocardiographic systems.

Keywords: electrocardiogram, computer simulation, cardiac rhythm, periodically correlated random process.