

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Мислінський Віталій Сергійович**

*УДК 681.323:57.087.1:57.034:53.072.11*

**МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ЕВЕНТУАЛЬНИХ РИТМІЧНИХ  
БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ТРИВАЛОГО 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 26 грудня 2019 р. о 10<sup>00</sup> 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. Проблема виявлення сигналу вирішується шляхом математичного моделювання суміші сигналу та шуму, побудови в рамках цієї моделі виразів статистики виявлення та характеристик його вірогідності. При цьому знайшли широке і обґрунтоване застосування математичні моделі (представлення) сигналу та шуму у вигляді лінійних форм в експоненціальних базисах (спектри). Засадничими при цьому вважаються припущення скінченності енергій (чи потужностей) сигналу та шуму, інваріантність до зсуву у часові їх представлень (стаціонарність), еквівалентність (перпендикулярність) розподілів апостеріорних умовних імовірностей (правдоподібностей). Зокрема, такими є нормальні розподіли, вони виражаються через автокореляційні або взаємнокореляційні функції, вирази статистик виявлення та характеристик його вірогідності виражаються через спектри в експоненціальних базисах — власних функціях кореляційних операторів.

Біосигнали мають свої особливості. Зокрема, вони здебільшого мають варіабельний евентуальний, циклічний чи ритмічний характер, тобто є нестационарними. Це є причиною зменшення або вірогідності виявлення, розпізнавання норм чи патологій таких біосигналів, або ефективності відповідних засобів за вартісним та іншими експлуатаційними критеріями.

У дипломній роботі досліджуються моделі варіабельних евентуальних (електроретиносигнал), циклічних (QRS-комплекс електрокардіосигналу) та ритмічних (послідовність R-зубців електрокардіосигналу), призначені для побудови методів ефективного та вірогідного їх виявлення.

Наведені аргументи вказують на актуальність теми дипломної роботи магістра Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є розроблення методу виявлення евентуальних ритмічних біосигналів для систем тривалого моніторингу.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

а) обґрунтування інформативних ознак виявлення евентуальних ритмічних біосигналів на базі математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу;

б) розроблення тестів для нових методів виявлення евентуальних ритмічних біосигналів;

в) побудова методики оцінювання достовірності виявлення періодичної нестационарності варіабельних біосигналів;

г) верифікація програмного забезпечення з метою створення методики метрологічних випробувань систем автоматичного виявлення та аналізу евентуальних ритмічних біосигналів

*Об'єкт дослідження:* процес виявлення евентуальних ритмічних біосигналів

*Предмет дослідження:* метод оцінювання параметрів евентуальних ритмічних біосигналів.

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

Наукова новизна отриманих результатів. Евентуальні ритмічні (варіабельні) біосигнали у системах медичної діагностики представлено періодично корельованими, слабкоперіодичними випадковими послідовностями та процесами. Розроблено нові методи виявлення варіабельних біосигналів та методики оцінювання достовірності їх виявлення. Проведено верифікацію програмного забезпечення з метою створення методики метрологічних випробувань систем автоматичного виявлення та аналізу таких сигналів.

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, восьми розділів, висновку, викладених на 99 сторінках, списку використаних джерел на 3 сторінках, додатків на 12 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 121 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** «Стан та тенденції розвитку методів та засобів виявлення біосигналів» описано методи та засоби виявлення біосигналів за їх морфологічними ознаками.

**У другому розділі** «Застосування статистичних методів вибору рішення для виявлення евентуальних ритмічних біосигналів за морфологічними параметрами» описано застосування енергетичної теорії сигналів та систем для опису евентуальних, циклічних та ритмічних біосигналів, які для систем медичної діагностики представлено у вигляді періодично корельованих, слабкоперіодичних випадкових послідовностей та процесів. Застосовано метод визначення періоду корельованості евентуальних циклічних та ритмічних біосигналів, описаних як періодично-корельований випадковий процес, за максимумом варіації спектральних характеристик з використанням когерентного методу.

**У третьому розділі** «Методи та алгоритми виявлення евентуальних ритмічних біосигналів» розроблено алгоритм синтезу тестових варіабельних біосигналів із зміною випадкових законів, перевагами якого можливість генерування сигналів із складною часовою стохастичною структурою. Розроблено тести та побудовано характеристики виявлення нестационарної варіабельності серцевої ритміки за допомогою тестового ритмокардіосигналу. На базі критерію Неймана-Пірсона побудовано методики оцінювання достовірності виявлення періодичної нестационарності варіабельних біосигналів.

**У четвертому розділі** «Комп'ютерне моделювання виявлення варіабельності ритміки, циклічності та евентуальності» розроблено програмне забезпечення для комп'ютерного імітаційного моделювання пристроїв системи мобільного голтерівського телемоніторингу серцевої ритміки. Отримано тактико-технічні

характеристики розробленого програмного забезпечення. Проведено верифікацію програмного забезпечення з метою створення методики метрологічних випробувань систем автоматичного виявлення та аналізу евентуальних циклічних та ритмічних біосигналів.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень електрокардіосигналу..

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 75067,53 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 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

У даній роботі досліджено математичні моделі евентуальних ритмічних біосигналів які забезпечують: а) метрологічне нормування характеристик та параметрів сумішей цих сигналів зі шумами та завадами; б) побудову методів автоматичного (за допомогою технічних засобів) виявлення сигналів при відомих їх морфологічних ознаках при віддаленому, тривалому моніторингу об'єктів, які є їх джерелом; б) оцінювання ймовірності вірогідного виявлення при заданій ймовірності помилки. Дослідження виконано для біосигналів.

Підґрунттям для автоматизації виявлення сигналів за їх морфологічними ознаками обрано результати та методи статистичної теорії вибору рішення.

Поєднання понять спектр та морфологічні ознаки біосигналів вимагало такого означення спектру, яке допускає моделювання процесів відбору еквідистантних значень евентуальних, циклічних чи ритмічних біосигналів та визначення їх морфологічних параметрів операторами, що мають спільну лінійним оператором (з оператором зсуву) систему власних функцій. Спектр тоді визначається за допомогою індикатора на множині відліків сигналу. Це уможливило застосування й поповнення відомих науково обґрунтованих припущень про властивості спектральної структури інформаційного сигналу, зокрема, принципу гармонізованості сигналу.

Оптимальність спектрального зображення сигналу обґрунтовується за означенням — існує алгоритм його оптимального відновлення з спектру при підборі базису.

Із врахуванням вимог, які ставляться до виявлення R-зубців в системах голтерівського моніторингу а також враховуючи методи виявлення QRS-комплексів, розроблено алгоритм виявлення, в якому для отримання більшої точності результатів вхідний ЕКС розбиваємо на два потоки, кожен із яких піддається різним перетворенням. Попередня обробка ЕКС полягає у видаленні шумів ВЧ- та НЧ-фільтрами. В ЕКС виділяють кілька смуг, де зосереджена основна потужність шуму, тоді як потужність корисного сигналу набуває в таких ділянках мінімальних значень.

Повідомлення про ритміку ЕКС містить послідовність його RR інтервалів.

Фільтр вибирався оптимальним за критерієм максимально можливої фільтрації тонального наповнення імпульсів з одного боку та мінімального спотворення прямокутності обвідної — з другого боку.

Задача виявлення нестационарної ВСП вирішується методами статистичної теорії рішень. У результаті аналізу приймається рішення про наявність або відсутність нестационарної ВСП в спостережуваній послідовності. Через статистичну природу аналізованого РКС, прийняте рішення має той або інший ступінь вірогідності. Характеристики достовірності виявлення нестационарності ВСП відображають залежність імовірності правильного виявлення  $p_d$  від відношення енергій при фіксованій імовірності помилкового виявлення  $p_f$ .

## АНОТАЦІЯ

Мислінський Віталій Сергійович. Метод виявлення евентуальних ритмічних біосигналів для систем тривалого моніторингу. – Рукопис.

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

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методу виявлення евентуальних ритмічних біосигналів для систем тривалого моніторингу.

Проведено верифікацію програмного забезпечення з метою створення методики метрологічних випробувань систем автоматичного виявлення та аналізу таких сигналів. Це уможливило коректне використання конструктивних методів спектрально-кореляційного аналізу при дослідженні варіабельності евентуальних ритмічних біосигналів.

Ключові слова: евентуальний ритмічний біосигнал, електрокардіосигнал, варіабельність серцевої ритміки.

## ANNOTATION

Myslinskyi V. A method for possible rhythmic biosignals detection in long-term monitoring systems. – Manuscript.

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

The master's thesis is devoted to the development of a method for detecting possible rhythmic biosignals for long-term monitoring systems.

Software verification has been carried out in order to create a methodology for metrological testing of systems for automatic detection and analysis of such signals. This made possible the correct use of constructive methods of spectral-correlation analysis in the study of the variability of possible rhythmic bio signals.

Keywords: eventual rhythmic biosignal, electrocardiosignal, variability of cardiac rhythm.

