

**Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

**Сірук Юрій Григорович**

*УДК 303.01:303.447: 612.17*

**МЕТОД АНАЛІЗУ РИТМІЧНИХ БІОСИГНАЛІВ У  
БІОТЕХНІЧНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ РАННЬОЇ  
ДІАГНОСТИКИ**

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,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Бачинський М.В.,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 24 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. Сучасні технології діагностики та лікування в системі охорони здоров'я представляють додаткові вимоги до рівня збору, зберігання, передачі та подання медичних даних. В значній мірі це відноситься до засобів медичної інтроскопії. Системи медичної інтроскопії на першому світовому рівні представлені цифровими технологіями. Це стосується як первинно цифрових методів, до яких відноситься цифрова рентгенографія, цифрова флюорографія, комп'ютерна томографія, оцифровка зображень після їх отримання на екрані РЕОП або ПЗС-матриці.

Насьогодні в променевої діагностиці виникли і стрімко розвиваються нові інформаційні технології, засновані на цифрових принципах обробки інформації (Антонов О.С. та ін., 2001). Це відноситься до засобів отримання променевих зображень, заснованим на високотехнологічних комп'ютерних рішеннях, їхньому представленні оператору і лікарю на відеомоніторах (Белова І.Б. та ін., 1999). Виникли нові комп'ютерні програми, що дозволяють отримувати діагностичні зображення в тривимірній графіці, в режимі анімації, модифікувати і отримувати приховані і раніше недоступні детальному аналізу структури і функції досліджуваних органів (Кармазановській Г.Г., 2008; Bankman I.N. et al., 2000).

Необхідно підкреслити, що наявність даних про попередні дослідження в значній мірі збільшує можливість раннього виявлення змін того чи іншого об'єкта дослідження (органу або «зони інтересу»), що підвищує чутливість і специфічність медичного зображення.

Серед засобів електронних способів обробки медичних зображень найбільш вживаними виявилися: широкий «плаваючий» діапазон сірої шкали, яскравості і контрастності, швидка інверсія зображення, крайове посилення, згладжування, обробка спрямованої гістограми і гістограми обраних площ (Варшавський Ю.В. та ін., 1997; Вейп Ю.А., 2005).

Заслужують на увагу методи якісної і кількісної оцінки рентгенограм, що відкриває шлях до стандартизації одержуваних зображень і автоматизації процесу (Буйлов В.М. 2004).

Променева діагностика незамінна при розпізнаванні захворювань легенів і середостіння (*лат.* Mediastinum – анатомічний простір в середніх відділах грудної порожнини). Вона також дозволяє визначити точну локалізацію ураження і поширеність процесу (Борисенко О.П., 2007). Тому метод комп'ютерної обробки аналогових медичних зображень з подальшим їх математичним аналізом є важливим.

Таким чином, проблема підвищення якості зображення в системах медичної інтроскопії потребує подальшого дослідження, а тому розроблення методу аналізу структурних характеристик зображень у системах медичної інтроскопії, який уможливить отримання оперативних відомостей про присутність різного роду змін на ранніх стадіях, необхідних лікарю для установлення діагнозу, є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є розробка методу аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз стану проблеми аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Розробити загальну структурно-функціональну модель системи аналізу біосигналів.

3. Побудувати математичну модель ритмічного біосигналу на прикладі електрокардіосигналу.

4. Удосконалити метод аналізу електрокардіосигналу у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики для встановлення нових інформативних ознак.

*Об'єкт дослідження:* оцінювання структурних характеристик томографічного зображення для розширення можливостей комп'ютерних систем медичної інтраскопії.

*Предмет дослідження:* модель томографічного зображення.

*Методи дослідження* побудовано на базі принципів енергетичної теорії випадкових процесів. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено метод аналізу ритмічного біосигналу (електрокардіосигналу), який уможливорює визначення інформативно-інваріантних ознак електрокардіосигналу в рамках математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП.

Апробація результатів дисертації. Окремі результати роботи апробовано на Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (м. Тернопіль, 2019 р.).

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 81 сторінках, списку використаних джерел на 3 сторінках, додатків на сторінках. Загальний обсяг роботи становить 110 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 відомих методів аналізу біомедичних сигналів» проведено аналітичний огляд основних видів біомедичних сигналів та методів їх опрацювання. Проведено комплексного поглибленого аналізу існуючих систем обробки біосигналів та розроблено загальну структурно-функціональну модель системи аналізу біосигналів.

**У другому розділі** «Побудова біотехнічної реабілітаційної системи ранньої діагностики» розглянуто загальні принципи побудови медичних інформаційних

систем із реалізацією кіл зворотного зв'язку, способів формування автоматизованих процедур опрацювання та прийняття рішення.

Проведено огляд методів аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах на прикладі електрокардіосигналу.

Встановлено, що адекватною математична модель, яка враховує у своїй структурі властивості випадковості, гармонізованості і періодичності її статистичних характеристик є модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), яка відображає фазово-часову структуру сигналу, має засоби врахування як пов'язаності гармонічних складових, так і зміни імовірнісних характеристик в часовій області..

**У третьому розділі** «Метод аналізу електрокардіосигналу у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики» Удосконалено метод аналізу електрокардіосигналу у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики та оцінювання його характеристик з метою визначення інформативно-інваріантних ознак електрокардіосигналу в рамках математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП. На базі аналізу характеристик математичної моделі електрокардіосигналу у вигляді періодично корельованого ВП та синфазного методу аналізу, встановлено, що вони дають змогу розширити можливість статистичної оцінки імовірнісної характеристики стану серцево-судинної системи людини шляхом впровадження в область кардіології нового класу інформативних ознак – кореляційних компонент, які характеризують зміни фазово-часової структури, і дають змогу своєчасно виявити порушення в роботі серця людини.

**У четвертому розділі** «Результати експериментальних досліджень та їх верифікації» Наведено результати опрацювання ЕКС при змінах стану ССС з використанням математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП. Застосування описаних методів уможливили покращення результатів діагностування стану ССС шляхом введення нового класу інформативно-інваріантних ознак – кореляційних компонент, які відповідають функціональному стану ССС.

Результати оцінювання ймовірностей підтвердили адекватність використання кореляційних компонент ЕКС як інваріантно-інформативних ознак, для підвищення точності оцінки функціонального стану ССС.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» розглянуто питання метрологічного забезпечення медико-біологічних досліджень кардіографічного сигналу

**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 здійснюється 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

У роботі вирішено задачу, яка полягає у розробці методу аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики.

Результатом є:

- Проведено аналітичний огляд основних видів біомедичних сигналів та методів їх опрацювання. Проведено комплексного поглибленого аналізу існуючих систем обробки біосигналів та розроблено загальну структурно-функціональну модель системи аналізу біосигналів.
- Розглянуто загальні принципи побудови медичних мікрокомп'ютерних систем із реалізацією кіл зворотного зв'язку, способів формування автоматизованих процедур опрацювання та прийняття рішення.
- Проведено огляд методів аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах на прикладі електрокардіосигналу.
- Встановлено, що адекватною математична модель, яка враховує у своїй структурі властивості випадковості, гармонізованості і періодичності її статистичних характеристик є модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП), яка відображає фазово-часову структуру сигналу, має засоби врахування як пов'язаності гармонічних складових, так і зміни імовірнісних характеристик в часовій області.
- Удосконалено метод аналізу електрокардіосигналу у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики та оцінювання його характеристик з метою визначення інформативно-інваріантних ознак електрокардіосигналу в рамках математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП. На базі аналізу характеристик математичної моделі електрокардіосигналу у вигляді періодично корельованого ВП та синфазного методу аналізу, встановлено, що вони дають змогу розширити можливість статистичної оцінки імовірнісної характеристики стану серцево-судинної системи людини шляхом впровадження в область кардіології нового класу інформативних ознак – кореляційних компонент, які характеризують зміни фазово-часової структури, і дають змогу своєчасно виявити порушення в роботі серця людини.
- Наведено результати опрацювання ЕКС при змінах стану ССС з використанням математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП. Застосування описаних методів уможливили покращення результатів діагностування стану ССС шляхом введення нового класу інформативно-інваріантних ознак – кореляційних компонент, які відповідають функціональному стану ССС.

Результати оцінювання ймовірностей підтвердили адекватність використання кореляційних компонент ЕКС як інваріантно-інформативних ознак, для підвищення точності оцінки функціонального стану ССС.

## АНОТАЦІЯ

Сірук Юрій Григорович. Метод аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики. – Рукопис.

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

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методу аналізу ритмічних біосигналів у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики.

Удосконалено метод аналізу електрокардіосигналу у біотехнічних реабілітаційних системах ранньої діагностики та оцінювання його характеристик з метою визначення інформативно-інваріантних ознак електрокардіосигналу в рамках математичної моделі у вигляді періодично корельованого ВП. На базі аналізу характеристик математичної моделі електрокардіосигналу у вигляді періодично корельованого ВП та синфазного методу аналізу, встановлено, що вони дають змогу розширити можливість статистичної оцінки імовірнісної характеристики стану серцево-судинної системи людини шляхом впровадження в область кардіології нового класу інформативних ознак – кореляційних компонент, які характеризують зміни фазово-часової структури, і дають змогу своєчасно виявити порушення в роботі серця людини.

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

**ANNOTATION**

Siruk Yu. A method of rhythmic biosignals analysis in biotechnical rehabilitation systems of early diagnostics. – 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 development of a method of analysis of rhythmic biosignals in biotechnical rehabilitation systems of early diagnostics.

The method of analysis of electrocardiosignal in biotechnical rehabilitation systems of early diagnostics and evaluation of its characteristics with the purpose of determination of informative-invariant signs of electrocardiosignal in the framework of mathematical model in the form of periodically correlated VP is improved. Based on the analysis of the characteristics of the mathematical model of the electrocardiosignal in the form of periodically correlated VP and in-phase method of analysis, it is found that they allow to extend the possibility of statistical estimation of the probabilistic characterization of the condition of the cardiovascular system of the person by introducing into the field of cardiology a new class of informative features - correlative components changes in the phase-time structure, and allow timely detection of abnormalities in the human heart.

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