

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

БОГОНОВИЧ ІГОР ЄВГЕНОВИЧ

УДК 519.24:519.218.82

**МОДЕЛЮВАННЯ ФОНОКАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВЕРИФІКАЦІЇ
АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ ПАТОЛОГІЇ СЕРЦЯ**

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

Рецензент: кандидат технічних наук,
завідувач кафедри радіотехнічних систем
Дунець Василь Любомирович,
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. Одне з перших місць серед причин смертності та інвалідизації людей посідають захворювання серця. Розвиток неінвазивних методів дослідження клапанів серця дозволяє на сьогодні отримати більш об'єктивну інформацію про роботу серця і його клапанного апарату (Соколов В.В., Wenink A.C.; Anderson R.H.).

Одним із ефективних та скринінгових неінвазивних методів дослідження клапанів серця є фонокардіографія як метод графічної реєстрації серцевих тонів і шумів у вигляді фонокардіосигналу (Л.І.Фогельсон, М.В.Черноручський, І.І.Савченков, С.Ф.Олійник, А.І.Кобленц-Мішке, Р.Лаэннек, А.Л.Мясніков).

Для реєстрації та аналізу фонокардіосигналу використовують ряд фонокардіодіагностичних систем, зокрема СФЕРА-4 (Україна, виробник "Медтех"), КАРДИО+ (Україна, виробник "НВП Метекол"), КАРДИОЛАБ (Україна, виробник НТЦ "ХАІ-Medica") та інші.

Належний аналіз фонокардіосигналу за допомогою фонокардіодіагностичних систем дає змогу виявити функціональні зміни у роботі клапанів серця людини та вибрати методику проведення профілактичних заходів, а у випадку виявлення патологічних порушень, запобігти розвитку хвороби відповідним лікуванням. Ефективний аналіз фонокардіосигналу залежить від наявності адекватної до такої задачі його математичної моделі і розробленої на її основі імітаційної моделі як засобу верифікації алгоритмів виявлення патології клапанів серця людини, оскільки імітаційна модель дає змогу задавати у своїй структурі апріорні дані про характерні властивості реального сигналу.

На сьогодні можна виділити два підходи щодо побудови імітаційних моделей фонокардіосигналів, зокрема детермінований (Кебот і Додж (1925), Мангеймер (1941), Г.І.Касирський (1957)) та стохастичний (Metin Akay (Houston), Г.М.Осухівська (1997)).

Серед детермінованих імітаційних моделей виділено моделі у вигляді гармонічної функції (Кебот і Додж), полігармонічні періодичні функції (Мангеймер), що розкладаються у ряд Фур'є із кратними гармоніками, майже періодичні детерміновані функції (Г.І.Касирський), що розкладаються в ряди Фур'є по різних ортогональних та неортогональних базисах, піддаються перетворенням, Гільберта, Карунена-Лоева та Лапласа.

Серед стохастичних імітаційних моделей виділено модель у вигляді стаціонарного випадкового процесу (Metin Akay (Houston)), суміш стаціонарного випадкового процесу детермінованої функції (Metin Akay (Houston)) та періодично-корельованого випадкового процесу (Осухівська Г.М., Драган Я.П., Паляниця Ю.Б.).

Аналізом структури відомих імітаційних моделей ПС встановлено, що вони не дають змоги високоточно відтворити форму експериментального сигналу із урахуванням у своїй структурі медико-морфологічні параметрів, які є важливими показниками у медичній практиці при проведенні процедури діагностування стану клапанів серця людини.

Отже, розроблення імітаційної моделі фонокардіосигналу на базі адекватної математичної моделі для високоточного відтворення форми експериментальних

сигналів для задачі коректної верифікації алгоритмів виявлення патології серця, зокрема їх клапанів, у фонокардіодіагностичних системах є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є моделювання фонокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів виявлення патології серця.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих імітаційних моделей фонокардіосигналу для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Обґрунтувати структуру математичної моделі фонокардіосигналу для розробки на її підставі імітаційної моделі як засобу верифікації алгоритмів виявлення патології серця фонокардіодіагностичних системах.

3. Розробити імітаційну модель фонокардіосигналу для високоточного відтворення форми експериментальних сигналів для задачі коректної верифікації алгоритмів виявлення патології клапанів серця у фонокардіодіагностичних системах.

4. Розробити алгоритм та програмне забезпечення для проведення процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу як засобів верифікації алгоритмів виявлення патології серця у фонокардіодіагностичних системах.

5. Здійснити процедуру дослідження процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу з метою встановлення коректності працездатності розробленої імітаційної моделі та визначення точності моделювання.

Об'єкт дослідження: процес імітаційного моделювання фонокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів виявлення патології серця

Предмет дослідження: імітаційна модель фонокардіосигналу.

Методи дослідження побудовано на базі цифрової обробки сигналів та теорії випадкових процесів. Для програмної реалізації алгоритму імітування фонокардіосигналу використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено імітаційну модель фонокардіосигналу у вигляді кусково-апроксимової адитивно-мультиплікативної суміші вектора кусково-спряженої сигмоїди та вектора частотного наповнення кусково-конкатенованого смугообмеженого шуму згенерованого фазонезсувними методами фільтрації, що уможливило процедуру високоточної імітації сигналу по відношенню до експериментальних сигналів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблене програмне забезпечення для імітування фонокардіосигналів з метою верифікації алгоритмів виявлення патології серця у фонокардіографічних системах.

Апробація. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (16-17 листопада 2017 рік).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 120 сторінках, списку використаних джерел з 40 назв на 4 сторінках, додатків на 7 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 131 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі на підставі аналіз досліджуваної проблеми 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 конференції.

У першому розділі «Огляд відомих методів дослідження тонових сигналів серця людини» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Враховуючи результати аналізу відомих методів аналізу тонових сигналів серця людини, виникає необхідність розроблення методу оперативного виявлення змін у функціонуванні серцево-судинної системи шляхом аналізу фонокардіосигналу на базі адекватної математичної моделі.

У другому розділі «Математична модель фонокардіосигналу» проведено аналіз характеристик фонокардіосигналу і на основі чого, вибрано модель його математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка відображає інформативні ознаки необхідні для тестової перевірки алгоритму оперативного виявлення змін у функціонуванні клапанів серця людини, і тим самим враховує у своїй структурі поєднання властивостей періодичності із стохастичністю.

У третьому розділі «Метод моделювання фонокардіосигналу» проведено детальний опис існуючих підходів та обґрунтування необхідних з них для реалізації імітаційної моделі фонокардіосигналу.

Опираючись на емпіричні висновки та дійсні медичні факти розроблено імітаційну модель фонокардіосигналу у вигляді адитивно-мультиплікативної суміші обвідної, апроксимованої сигмоїдною функцією спряження, та вектора частотного наповнення конкатенованого із окремих інтервалів смугообмеженого в частотній області білого шуму.

У четвертому розділі «Результати моделювання фонокардіосигналу в середовищі MATLAB» наведено результати імітаційного моделювання фонокардіосигналу, розкрито етапи алгоритму програмної реалізації імітаційної моделі, що включають в себе: виділення обвідної реального фонокардіосигналу як референтних даних для подальшої роботи, генерування функції спряження для кускової апроксимації обвідної фонокардіосигналу, генерування структури смугового фільтра для створення вектора частотного наповнення, генерування смугообмеженого шуму, виділення спектру фонокардіосигналу для верифікації та візуалізації даних.

Результат моделювання фонокардіосигналу зображено на рис.1.

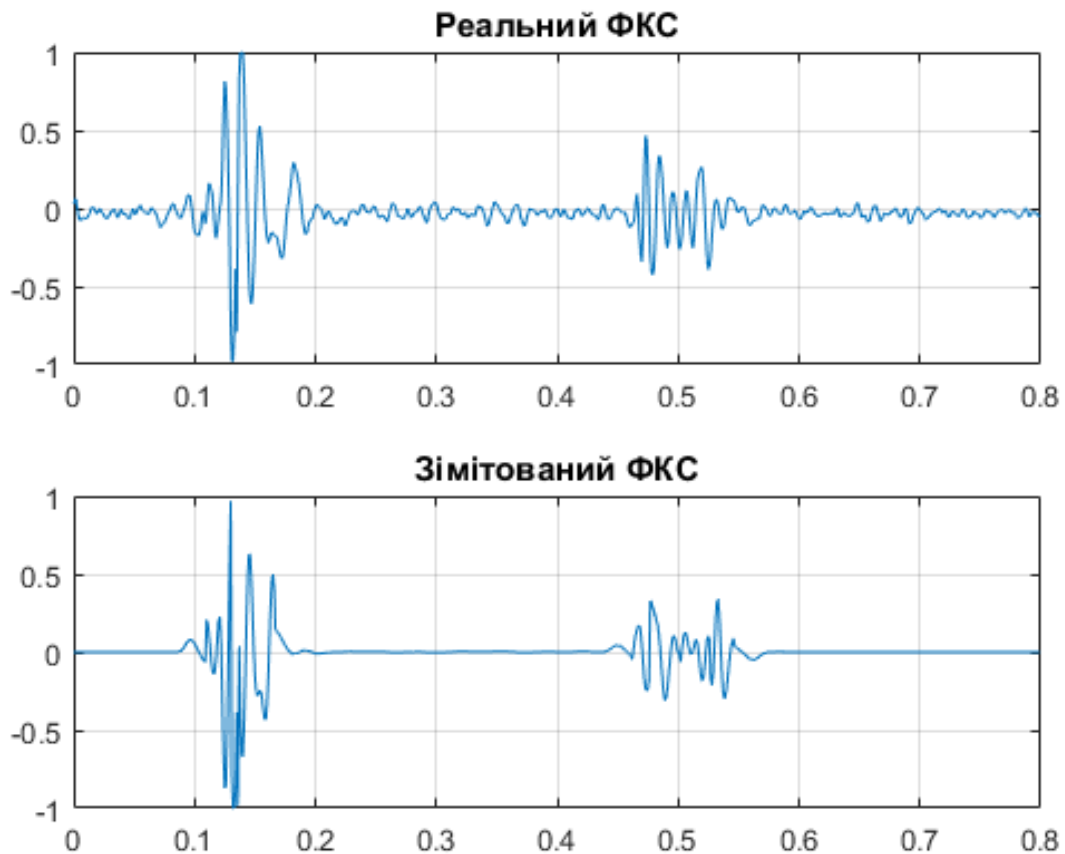


Рис. 1. Реальний ФКС (зверху) та зімітований ФКС (знизу), (вісь абсцис – час (с); ординат – амплітуда (нормована)).

Адекватність результатів моделювання фонокардіосигналу підтверджено шляхом застосування об'єктивного критерію середньоквадратичного відхилення, значення якого рівне 0,01512 у.о. або 1,512%, що свідчить про високу точність імітаційного відтворення імітованого сигналу по відношенню експериментального.

У п'ятому розділі «**Спеціальна частина**» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень фонокардіосигналів та проведено обґрунтування вибору Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі, а саме є компонентного опрацювання фонокардіосигналу на базі моделі у вигляді періодично корельовано випадкової послідовності для розширення можливостей комп'ютерних фонокардіографів.

У шостому розділі «**Обґрунтування економічної ефективності**» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 45839,82 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,635 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**» з сформульовані рекомендації по охорони праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації фонокардіографічної системи, буде забезпечено безпечні умови праці при її експлуатації і тим самим мінімізовано ризик

ушкодження персоналу електричним струмом, а також описано способи оцінки умов праці на виробництві. Проаналізовано питання оцінки дії електромагнітного імпульсу під час виготовлення електронної медичної апаратури та способи визначення режимів радіаційного захисту робітників

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання фонокардіодіагностичної системи застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

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

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано моделювання фонокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів виявлення патології серця.

При цьому отримано такі результати:

1. На підставі проведеного аналізу відомих математичних та імітаційних моделей фонокардіосигналу встановлено, що модель повинна враховувати у своїй структурі медико-морфологічні параметри, випадковість та періодичність для задачі високоточного відтворення структури реальних сигналів з метою адекватності верифікації алгоритмів виявлення патології серця.

1. Обґрунтовано структуру математичної моделі фонокардіосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу для розробки на її підставі імітаційної моделі як засобу верифікації алгоритмів виявлення патології серця фонокардіодіагностичних системах.

2. Розроблено імітаційну модель фонокардіосигналу у вигляді адитивно-мультиплікативної суміші обвідної, апроксимованої сигмоїдною функцією спряження, та вектора частотного наповнення конкатенованого із окремих інтервалів смугообмеженого в частотній області білого шуму. для високоточного відтворення форми експериментальних сигналів.

3. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення для імітаційного моделювання фонокардіосигналу на базі розробленої імітаційної моделі, що уможливорює здійснення процедури дослідження процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу з метою встановлення коректності працездатності розробленої імітаційної моделі.

4. Розроблено програмне забезпечення для проведення процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу як засобу верифікації алгоритмів виявлення патології серця у фонокардіодіагностичних системах.

5. За результати дослідження процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу встановлено, що імітовані сигнали за структурою ідентичні реальним сигналам, а середньоквадратичне відхилення як критерій визначення точності моделювання сигналу становить в процентах 1,512%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Богонович І.Є. Застосування ОLA-методу для опрацювання біосигналів в кардіологічній практиці / Ю. Б. Паляниця, Р. В. Кінаш, І. Є. Богонович // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – Том 2. – С. 144. – (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку).

АНОТАЦІЯ

Богонович Ігор Євгенович. Моделювання фонокардіосигналу для задачі верифікації алгоритмів виявлення патології серця. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі розроблено імітаційну модель фонокардіосигналу із застосуванням методів виділення обвідної реального фонокардіосигналу, спряження кускової апроксимації обвідної фонокардіосигналу, смугопропускаюча фільтрація для створення вектора частотного наповнення та генерування смугообмежуючого шуму

Розроблено програмне забезпечення в середовищі MATLAB для проведення процесу імітаційного моделювання фонокардіосигналу як засобу верифікації алгоритмів виявлення патології серця у фонокардіодіагностичних системах.

Ключові слова: фонокардіосигнал, математична модель, імітаційна модель, верифікація, алгоритми виявлення патології серця, MATLAB.

ANNOTATION

Bogorovich Ihor. Phonocardiogram modeling for verification of algorithms for detecting heart pathology. - The manuscript.

Master's diplom work on specialty 163 «Biomedical Engineering», Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the dissertation the simulation model of the phonocardiogram with the use of methods of allocation of a real phonocardiogram, the coupling of the lump approximation of the bypass phonocardiogram, the bandpass filtration to create a frequency-filling vector and the generation of bandwidth noise

The software was developed in the MATLAB environment for the simulation of the process of phonocardiogram as a means of verifying algorithms for detecting heart pathology in phonocardiogram diagnostic systems.

Key words: phonocardiogram, mathematical model, simulation model, verification, algorithms for detection of heart pathology, MATLAB.