

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

КІЛШТОФ ЮЛІЯ АНАТОЛІВНА

УДК 519.216:612.16

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОБОВОГО ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ
ДЛЯ ЗАДАЧІ ВЕРИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ
СИСТЕМ ДОВГОТРИВАЛОГО МОНІТОРИНГУ**

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: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнічних систем
Хвостівський Микола Орестович,
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 26 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. По даним ВОЗ (2017 р.) у всьому світі смертність від серцево-судинних захворювань (ССЗ) займає перше місце (30% від усіх захворювань), за даними World Health Statistics (2017 р.) - 9,7% захворювань судин, 12,2% захворювань серця. Високі показники захворюваності судинної системи людини, ураження людей все більш молодого віку, роблять цю проблему однією з найважливіших в сучасній охороні здоров'я.

Своєчасне діагностування стану судин людини за результатами аналізу пульсового сигналу (ПС) проводять з використанням систем довготривалого моніторингу (зокрема, Edilog Excel (Oxford, Англія), МТ-100 (Schiller, Швейцарія), Mars PC (GE, США), Кардіотехніка (ИНКАРТ, Росія, Санкт-Петербург), Ритм (НТО "БЭТА", Україна, Кіровоград), Cardio Sens (НТЦ «ХАІ-Медика», Україна, Харків))

Ефективність аналізу ПС залежить від наявності адекватної до такої задачі його математичної моделі і розробленої на її основі імітаційної моделі як засобу для тестування алгоритмів аналізу ПС у системах довготривалого моніторингу, оскільки імітаційна модель дає змогу задавати у своїй структурі апріорні дані про характерні властивості сигналу.

Аналіз відомих імітаційних моделей ПС показав, що у їх структурах не враховано зміну його фазових параметрів та структуру доби, що є важливим для верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу. Зокрема, імітаційна модель ПС у вигляді:

- лінеаризовані рівняння Нав'є-Стокса в циліндричних координатах (Благітко Б., Заячук І., Пирогов О.) – не враховує випадковість;
- гармонічної трифазної моделі (відображає природу породження пульсацій в кровеносній системі в межах одного періоду) (В.В.Гнілицький, Н.В.Мужицька) - не враховує випадковість та періодичність, структуру доби;
- гармонічного осцилятора з експоненціальним зниканням (враховує періодичність ПС) (Акулов Ю.П., Михайлов Н.Ю., Толмачев Г.Н.) – не враховує випадковість, структуру доби;
- адитивної суміші детермінованої і випадкової складових (враховує випадковість ПС) (Самков С.В., Черненко А.И.) – не враховує періодичність, структуру доби.
- у вигляді періодично подовжених сум двох функцій із заданими законами нормального розподілу (Хвостівська Л.В.) (враховує періодичність та випадковість) – не враховує зміну фазових показників впродовж серцевих циклів та структуру доби.

Розроблення імітаційної моделі добового ПС, яка би врахувала у своїй структурі добову структуру сигналу, періодичність (циклічність процесу, який задається роботою серця людини), випадковість (зміна амплітудних та часових параметрів за рахунок внутрішніх та зовнішніх завад) для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення імітаційної моделі добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести огляд відомих математичних моделей пульсового сигналу з метою вибору напрямку наукового дослідження.

2. Розробити імітаційну модель добового пульсового сигналу, яка уможливило врахування добової структури, випадковості, періодичності та зміни фази коливання для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

3. Розробити програмне забезпечення для проведення процесу імітаційного моделювання добового пульсового сигналу.

Провести процес імітаційного моделювання добового пульсового сигналу та оцінити точність імітування.

Об'єкт дослідження: процес імітаційного моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

Предмет дослідження: імітаційна модель добового пульсового сигналу.

Методи дослідження: для програмної реалізації імітації добового пульсового сигналу використано теорію випадкових процесів та пакет прикладних програм MATLAB 2014a.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше розроблено імітаційну модель добового пульсового сигналу у вигляді періодично подовжених сум двох функцій нормального розподілу із урахуванням випадковості, періодичності, зміни фази коливання та структури доби дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що комп'ютерне програмне забезпечення імітування добового пульсового сигналу, яка розроблена на базі імітаційної моделі дає змогу провести процедуру верифікації алгоритмів опрацювання (обробки, аналізу) систем довготривалого моніторингу.

Апробація. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2018р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 108 сторінках, списку використаних джерел 69 назвах на 7 сторінках, додатків на 48 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 163 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу відомих імітаційних моделей пульсового сигналу сформовано актуальність роботи, 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.

У першому розділі «Аналіз відомих математичних моделей пульсового сигналу» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Проведено порівняльний аналіз та класифікацію відомих математичних моделей пульсових сигналів та методів їх аналізу, що використовуються для задач автоматизованої діагностики функціонального стану судин людини за допомогою систем довготривалого моніторингу.

В результаті аналізу обґрунтовано необхідність досліджень математичної моделі сигналу, яка би враховувала інформативні ознаки і узгоджувалася із фізичною природою досліджуваного добового пульсового сигналу, яка є складним сигналом.

Враховуючи механізм породження добового пульсового сигналу, його добову структуру і той факт, що для відомих задач розпізнавання функціонального стану судин людини за добовими пульсовими хвилями необхідні дані є у фазово-часовій структурі сигналу, тому доцільно проаналізувати його характеристики, і на базі чого обґрунтувати вибір адекватної математичної моделі для задачі імітаційного моделювання.

У другому розділі «Математична модель пульсового сигналу» згідно аналізу властивостей характеристик пульсового сигналу та описаних властивостей періодично корельованих випадкових процесів впливає, що математична модель процесу такого класу дає змогу адекватно описати сигнал, а саме врахувати поєднання випадковості та періодичності сигналу, а тому і розробити методи визначення інваріантних інформаційних ознак пульсового сигналу виходячи із статистики таких сигналів для задач своєчасної діагностики стану судин людини.

У третьому розділі «Метод імітаційного моделювання добового пульсового сигналу» розроблено імітаційну модель добового пульсового сигналу в межах кожної стадії доби у вигляді періодично подовжених сум двох функцій нормального розподілу із урахуванням випадковості, періодичності та зміни фази коливання дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм для задачі тестування алгоритмів опрацювання пульсових сигналів у системах довготривалого моніторингу.

У четвертому розділі «Результати імітування добового пульсового сигналу» із застосуванням засобу програмного забезпечення MATLAB реалізовано програму із графічним інтерфейсом користувача, яка імітує добовий пульсовий сигнал з урахуванням періодичності, випадковості та зміни фази хвиль. Програма імітації ПС на базі періодично подовжених сум двох функцій нормального розподілу із урахуванням випадковості, періодичності та зміни фази коливання дає можливість за відомими медичними параметрами вірогідно імітувати пульсові сигнали по відношення до експериментальних сигналів, що є адекватними при тестуванні алгоритмів опрацювання пульсових сигналів у системах довготривалого моніторингу.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних дослідження, а саме фотоплетизмографію, та обґрунтовано вибір УДК тематики за напрямом наукового дослідження

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 40273,08 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,735 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» сформульовано рекомендації щодо електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації фотоплетизмографічної системи (системи довготривалого моніторингу), які забезпечать безпечні умови праці при експлуатації системи і тим самим мінімізують ризик ушкодження персоналу електричним струмом. Проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві фотоплетизмографічної системи.

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання фотоплетизмографічної системи як системи довготривалого моніторингу за станом судин людини необхідно використовувати технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище.

У додатках наведено текст програмного забезпечення, яке розроблено для ПК (ОС Windows 7, 8, 10) та копію апробованої тези конференції.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу розроблення імітаційної моделі добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного аналізу відомих комп'ютерних імітаційних моделей пульсового сигналу сформульовано основні вимоги до моделі: врахування випадковості, періодичності, зміни фази коливання та добової структури для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

2. Розроблено імітаційну модель добового пульсового сигналу у вигляді періодично подовжених сум двох функцій нормального розподілу із урахуванням випадковості, періодичності та зміни фази коливання для кожної стадії доби дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати сигнали патологій і норм для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

3. Розроблено програмне забезпечення для імітації добових пульсових сигналів з метою верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу.

4. Установлено, що отримані імітовані реалізації добових пульсових сигналів забезпечують повне відтворення форми експериментальних сигналів за часовими та амплітудними параметрами прямої та відбитої хвиль, що підтверджує факт вірогідності імітування та адекватності верифікації алгоритмів роботи систем

довготривалого моніторингу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Кіліштоф Ю. А. Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу / Кіліштоф Ю. А. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 245–246. — (Біомедична інженерія).

АНОТАЦІЯ

Кіліштоф Юлія Анатоліївна. Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу. – Рукопис.

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

У дипломній роботі розроблено імітаційну модель добового пульсового сигналу у вигляді періодично подовжених сум двох функцій нормального розподілу із урахуванням випадковості, періодичності, зміни фази коливання та структуру доби. Імітаційна модель дає можливість за відомими медичними параметрами моделювати добові сигнали патологій і норм для задачі для задачі верифікації методів опрацювання сигналів в системах довготривалого моніторингу.

Розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab з метою автоматизації процесу імітування добових пульсових сигналів.

Ключові слова: довготривалий пульсовий сигнал, математична модель, імітаційна модель, алгоритм та метод імітаційного моделювання, верифікація, система довготривалого моніторингу, програмне забезпечення, Matlab.

ANNOTATION

Kilishtoph Yulia Anatoliina. A day and night pulse signal simulation for the task of the long-term monitoring systems processing algorithms verification. - The manuscript.

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

In the thesis the simulation model of the daily pulse signal is developed in the form of periodically elongated sums of two functions of normal distribution, taking into account randomness, periodicity, change of phase of oscillation and structure of the day. The simulation model enables, based on known medical parameters, to simulate the daily signals of pathologies and norms for the task for the verification problem of methods for processing signals in long-term monitoring systems.

The software was developed in the Matlab environment for the purpose of automating the simulation of daytime pulse signals.

Keywords: daily pulse signal, mathematical model, simulation model, algorithm and method of simulation modeling, verification, system of long-term monitoring, software, Matlab.