

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Метод оцінки стану серця за фонокардіографічним сигналом

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи БІБМІм-23-1

Нестеренко Р.О.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 – Біомедична інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Біомедична інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Жемчужкіна Т.В.

(посада, прізвище, ініціали)

2025 р.

ВСТУП

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, серцево-судинні захворювання (ССЗ) є основною причиною смерті в усьому світі. Щорічно від серцево-судинних захворювань помирає більше людей, ніж від будь-якої іншої причини, склавши 17,9 мільйонів смертей у 2016 році, що становить 26,7% від загального рівня смертності [1-8].

Фонокардіографія (ФКГ) – це діагностична техніка, яка створює графічний запис, або фонокардіограму, звуків і шумів, які виробляє серце, що скорочується, включаючи його клапани та пов'язані з ними великі судини [9-12]. Фонокардіограма отримується або за допомогою нагрудного мікрофона, або за допомогою мініатюрного датчика на кінчику маленького трубчастого інструменту, який вводиться через кровоносні судини в одну з камер серця. Фонокардіограма зазвичай доповнює інформацію, отриману при прослуховуванні звуків тіла за допомогою стетоскопа (аускультация), і має особливу діагностичну цінність, якщо виконується одночасно з вимірюванням електричних властивостей серця (електрокардіографія) і частоти пульсу [13-17].

Щоб уникнути діагностичних помилок при аускультатії серця, необхідно розробити недорогі автоматичні діагностичні системи, відомі як комп'ютеризована діагностика. Комп'ютеризована діагностика має потенціал стати економічно ефективним скринінговим і діагностичним інструментом у закладах первинної медичної допомоги [18-22].

Об'єкт дослідження – звуки серця.

Предмет дослідження – оцінка стану серця.

Мета роботи – розробка методу оцінки стану серця за фонокардіографічним сигналом.

Методи дослідження – спектральний аналіз, статистичний аналіз, кластерний аналіз, метод машинного навчання, цифрова фільтрація.

Розроблене програмне забезпечення може бути використано для моніторингових досліджень стану серця [23-30].

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У першому розділі було розглянуто фізику звуку, фізіологію серця, тони та шуми серця, методи аускультативної та фонокардіографічної діагностики, пристрої, що використовуються для отримання фонокардіографічних сигналів [31].

У другому розділі було розглянуто кількісні показники для аналізу звуків серця. Було розроблено алгоритм та програму для пакетної обробки сигналів великої кількості ФКГ сигналів з різних діагностичних груп та збереження результатів обробки для подальшої статистичної обробки та синтезу моделей класифікації. З використанням розробленої програми було оброблено ФКГ в нормі та з шумом. Підготовлено дані для подальшого кластерного аналізу [32].

У третьому розділі було розглянуто метод К-найближчого сусіда для машинного навчання. Було розроблено алгоритм та програму класифікації даних ФКГ методом К-найближчого сусіда [33]. Програму класифікації було протестовано на різних параметрах методу К-найближчого сусіда. Було обрано 2 метрики, які дають найкращі результати класифікації. Дві обрані моделі було використано для створення програми для автоматичної оцінки стану серця за фонокардіографічним сигналом, для якої було розроблено інтерфейс.

ВИСНОВКИ

В першому розділі розглянуто фізику звуку, фізіологію серця, тони та шуми серця, методи аускультатії та фонокардіограми, пристрої, що використовуються для отримання фонокардіографічних сигналів.

В другому розділі було розглянуто кількісні показники для аналізу звуків серця, метод частотного аналізу шумів серця для діагностики дефектів клапанів. Було розроблено алгоритм обчислення кількісних показників звуків серця, а саме середнього значення, медіани, середнього квадратичного відхилення, дисперсії, коефіцієнта варіації, ексцесу, асиметрії, мінімуму, максимуму, розмаху, перцентилів, що відповідають значенням ймовірностей 0.01, 0.05, 0.25, 0.75, 0.95, 0.99, міжквартильного розмаху для сигналу ФКГ; також таких самих статистичних характеристик для спектральної щільності потужності сигналу ФКГ; мінімуму, максимуму, середнього, медіани, середнього квадратичного відхилення, перцентилів, що відповідають значенням ймовірностей 0.25 та 0.75 мел-частотних спектральних коефіцієнтів; коефіцієнтів прямого лінійного предиктора 8-го порядку; площі постійної області, площі прогностичної області, відношення площі прогностичної області до площі постійної області.

Було розроблено алгоритм для пакетної обробки сигналів великої кількості ФКГ сигналів з різних діагностичних груп та збереження результатів обробки для подальших статистичної обробки та синтезу моделей класифікації.

На основі запропонованого алгоритму було розроблено програму у середовищі Matlab. З використанням розробленої програми було оброблено 31 файл з ФКГ в нормі та 34 файли з ФКГ з шумом. Всі обчислені кількісні показники разом із іменем файлу та діагностичною групою було збережено у таблицю для подальшої обробки методом класифікації.

У третьому розділі було розглянуто метод К-найближчого сусіда для машинного навчання. Було розроблено алгоритм класифікації даних ФКГ методом К-найближчого сусіда, на основі якого у середовищі Matlab створено програму класифікації даних ФКГ методом К-найближчого сусіда. Програма тестувалася на

даних таблиці, отриманої у другому розділі, з метою обрання оптимальних параметрів метода К-найближчого сусіда. Для класифікації ФКГ на дві групи («норма» та «шуми») було підібрано такі параметри методу К-найближчого сусіда: кількість найближчих сусідів 7; стандартизація даних шляхом центрування та розділення стовпців за стандартними відхиленнями; метрика відстані Спірмена та міських кварталів. Дві обрані моделі було збережено та використано для створення програми для автоматичної оцінки стану серця за фонокардіографічним сигналом, для якої було розроблено інтерфейс.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

АУСКУЛЬТАЦІЯ, ЛІНІЙНЕ ПРОГНОЗОВАНЕ КОДУВАННЯ,
МЕЛЧАСТОТНИЙ КЕПСТРАЛЬНИЙ КОЕФІЦІЄНТ, СЕРЦЕ, СПЕКТР, ТОН,
ФОНОКАРДІОГРАФІЯ, ШУМ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Звук [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Звук> – 15.09.24.
2. Ahlström C. Processing of the Phonocardiographic Signal : methods for the intelligent stethoscope [Internet] [Licentiate dissertation]. Institutionen för medicinsk teknik; 2006. (Linköping Studies in Science and Technology. Thesis). [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-7538> – 15.09.24.
3. Onda sonora se propagando (рисунок) [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Звук#/media/Файл:Representação_da_Onda_Sonora.png – 15.09.24.
4. Chowdhury, Tahsin & Sakib, Munif & Rafsanjani, Hasan. (2013). Phonocardiography and analysis using standard deviation profile. DOI: 10.13140/RG.2.2.17247.87208.
5. Схема будови серця людини (рисунок) [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Праве_передсердя#/media/Файл:Diagram_of_the_human_heart_uk.svg – 15.09.24.
6. Heart murmur [Електронний ресурс] – режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_murmur – 15.09.24.
7. Аускультация [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Аускультация> – 15.09.24.
8. Jusak, Jusak & Puspasari, Ira & Susanto, Pauladie. (2016). Heart Murmurs Extraction Using the Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition and the Pearson Distance Metric. DOI: 10.1109/ICTS.2016.7910288.
9. Marwan Ahmed Ahmed Hamid, Maria Abdullah, Najeed Ahmed Khan and Yasmin Mohammed Ahmed AL-Zoom Biotechnical System for Recording Phonocardiography // International Journal of Advanced Computer Science and

Applications(IJACSA). – Vol. 10(8), – 2019. – P. 493-497.
<http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100864>

10. Lars-Jochen Thoms, Giuseppe Colicchia and Raimund Girwidz
Phonocardiography with a smartphone // Physics Education. - Volume 52, Number 2. –
2017. – 4 p.

11. Stethoscope [Електронний ресурс] – режим доступу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Stethoscope/> – 15.09.24.

12. 3M™ Littmann® Electronic Stethoscope Model 3200 [Електронний ресурс]
– режим доступу: https://www.littmann.com/3M/en_US/littmann-stethoscopes/products/~3M-Littmann-Electronic-Stethoscope-Model-3200/?N=5932256+8711017+3293188392+3294857497&preselect=8727094+3293786499&rt=rud – 15.09.24.

13. Cardiology Stethoscope/For Teaching/For Telemedicine/Electronic
[Електронний ресурс] – режим доступу:
<https://www.medicalexpo.com/prod/ekuore/product-107265-732567.html/> – 15.09.24.

14. Soto-Murillo MA, Galván-Tejada JI, Galván-Tejada CE, Celaya-Padilla JM,
Luna-García H, Magallanes-Quintanar R, Gutiérrez-García TA, Gamboa-Rosales H.
Automatic Evaluation of Heart Condition According to the Sounds Emitted and
Implementing Six Classification Methods. Healthcare. 2021; 9(3):317.
<https://doi.org/10.3390/healthcare9030317>.

15. MFCC [Електронний ресурс] – режим доступу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/MFCC> – 15.09.24.

16. Мел (висота_звуку) [Електронний ресурс] – режим доступу:
[https://uk.wikipedia.org/wiki/Мел_\(висота_звуку\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Мел_(висота_звуку)) – 15.09.24.

17. Середнє арифметичне [Електронний ресурс] – режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Середнє_арифметичне – 15.09.24.

18. Медіана (статистика) [Електронний ресурс] – режим доступу:
[https://uk.wikipedia.org/wiki/Медіана_\(статистика\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Медіана_(статистика)) – 15.09.24.

19. Дисперсія випадкової величини [Електронний ресурс] – режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Дисперсія_випадкової_величини – 20.09.24.

20. Стандартне відхилення [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стандартне_відхилення – 20.09.24.
21. Коефіцієнт варіації [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_варіації – 20.09.24.
22. Коефіцієнт ексцесу [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_ексцесу – 20.09.24.
23. Коефіцієнт асиметрії [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_асиметрії – 20.09.24.
24. Квантиль [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Квантиль#Перцентиль> – 20.09.24.
25. Міжквартильний розмах [Електронний ресурс] – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Міжквартильний_розмах – 20.09.24.
26. Rangaraj M. Rangayyan Biomedical signal analysis. Second Edition / IEEE Press Series on Biomedical Engineering, – John Wiley & Sons, 2015, – 720p.
27. Classifying Heart Sounds Challenge [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://istethoscope.peterjbentley.com/heartchallenge/index.html> – 10.11.24.
28. K-Nearest Neighbor(KNN) Algorithm [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/k-nearest-neighbours/> – 10.11.24.
29. K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm for Machine Learning [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.javatpoint.com/k-nearest-neighbor-algorithm-for-machine-learning> – 10.11.24.
30. Matlab R2022a Help.
31. Жемчужкина Т. В. О построении фазовых портретов фонокардиографических сигналов / Т. В. Жемчужкина, Т. В. Носова // *Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realta domestiche: Raccolta di articoli scientifici «ΛΟΓΟΣ» con gli atti della I Conferenza scientifica e pratica internazionale* (Т. 1), Bologna, May 14, 2021. BolognaVinnitsia: Associazione Italiana di Storia Urbana & Piattaforma scientifica europea, 2021. – С. 98-100.
32. Zhemchuzhkina, T.V.; Nosova, T.V.; Hamada, A. Construction of bispectra for PCG signals / *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*. 2021. Ч. II – 2021. – Р.303.

33. Zhemchuzhkina T. V Construction of phase portraits of PCG signals / T. V. Zhemchuzhkina, T. V. Nosova, E. Amagwula // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIX міжнародної науково- практичної конференції MicroCAD-2020, 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – С. 302.