

УДК 616.12-073.97:004

Сумко В. – ст. гр. СНа-22,

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РИТМУ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ**

Науковий керівник: д.т.н., професор Литвиненко Я.В.

Sumko V.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **METHODS FOR ASSESSING THE RHYTHM OF ELECTROCARDIO SIGNALS**

Supervisor: Dr., Prof.; I.V. Lytvynenko

Ключові слова: електрокардіосигнал, серцевий ритм, методи опрацювання, ритмічна структура

Keywords: electrocardiosignal, heart rhythm, processing methods, rhythmic structure

Електрокардіосигнал (ЕКС) є одним із найбільш інформативних біомедичних сигналів, що відображає електричну активність серця та широко використовується для діагностики серцево-судинних захворювань. Оцінювання серцевого ритму за ЕКС є важливим завданням, оскільки дозволяє виявляти аритмії, порушення провідності та інші патологічні стани. Сучасні підходи до аналізу ритму базуються як на класичних методах обробки сигналів, так і на інтелектуальних алгоритмах.

Дана теза присвячена огляду методів оцінювання ритму (ритмічної структури) електрокардіосигналу.

Одним із базових методів є детекція характерних елементів ЕКС, зокрема QRS-комплексу, що відповідає за скорочення шлуночків. На основі визначення R-піків формується послідовність RR-інтервалів, яка є основою для аналізу варіабельності серцевого ритму (HRV), [3, 4]. Для цього застосовуються алгоритми, такі як метод Пан-Томпкінса [1], хвильовий аналіз та адаптивна фільтрація, що дозволяють ефективно виділяти корисний сигнал на фоні шумів.

Статистичні методи оцінювання ритму [8] включають розрахунок часових показників (середнє значення RR-інтервалів, стандартне відхилення, RMSSD) та частотних характеристик, отриманих шляхом спектрального аналізу. Частотний аналіз (наприклад, за допомогою перетворення Фур'є або вейвлет-перетворення [9]) дозволяє досліджувати автономну регуляцію серцевої діяльності через низько- та високочастотні компоненти.

Окрему групу становлять нелінійні методи аналізу, які враховують складну динаміку серцевого ритму. До них належать ентропійні показники (апроксимована ентропія, sample entropy), методи фазового простору, рекурентний аналіз, а також фрактальний аналіз. Ці підходи дозволяють виявляти приховані закономірності, що не відображаються лінійними методами.

З розвитком машинного навчання дедалі більшого поширення набувають методи автоматичної класифікації ритмів [5]. Використовуються алгоритми опорних векторів, дерева рішень, ансамблеві методи, а також глибокі нейронні мережі (зокрема згорткові та рекурентні), які здатні безпосередньо працювати з «сирими» ЕКС або їх ознаками. Такі підходи демонструють високу точність у задачах виявлення аритмій [10, 11].

Роблячи висновок необхідно сказати, що методи оцінювання ритму електрокардіосигналів є багатокомпонентними та поєднують класичні алгоритми цифрової обробки сигналів із сучасними інтелектуальними технологіями. Їх комплексне використання дозволяє підвищити достовірність діагностики та забезпечити ефективний моніторинг стану серцево-судинної системи.

Список використаних джерел

1. Pan J., Tompkins W. J. A Real-Time QRS Detection Algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 1985. Vol. 32, No. 3. P. 230–236.
2. Clifford G. D., Azuaje F., McSharry P. *Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis*. Boston : Artech House, 2006. 320 p.
3. Malik M., Camm A. J. *Heart Rate Variability*. Armonk : Futura Publishing Company, 1995. 584 p.
4. Task Force of the European Society of Cardiology. *Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use*. *Circulation*. 1996. Vol. 93, No. 5. P. 1043–1065.
5. Acharya U. R. et al. Automated Diagnosis of Arrhythmias Using Different Classifiers. *Information Sciences*. 2017. Vol. 405. P. 81–90.
6. Литвиненко Я. В. *Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних*. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 663 с.
7. Lytvynenko I. Method of the quadratic interpolation of the discrete rhythm function of the cyclical signal with a defined segment structure // *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. – 2016. – № 4 (84). – С. 131–138.
8. Литвиненко Я. В. *Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 / Ярослав Володимирович Литвиненко*. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 663 с.
9. Addison P. S. *Wavelet Transforms and the ECG: A Review*. *Physiological Measurement*. 2005. Vol. 26, No. 5. P. R155–R199.
10. Faust O. et al. Deep Learning for Healthcare Applications Based on Physiological Signals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2018. Vol. 161. P. 1–13.
11. Hannun A. Y. et al. Cardiologist-Level Arrhythmia Detection with Deep Neural Networks. *Nature Medicine*. 2019. Vol. 25. P. 65–69.