

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КЛАСИФІКАЦІЇ КАРДІОГРАМ НА ОСНОВІ СПАЙКІНГОВОЇ НЕЙРОМЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розроблено інформаційну технологію класифікації кардіограм спайкінговою нейронною мережею. Було розроблено архітектуру спайкінгової нейромережі, яка має 4 входи та 2 шари 256 та 64 спайкінгових нейронів. Програмна реалізація інформаційної технології класифікації кардіограм виконано на мові Python з використанням спеціалізованих бібліотек NumPy та Matplotlib. Навчання програми відбувалось з використанням бази даних МІТ/ВІН. Розроблена програма має достовірність класифікації кардіограм на тестовій вибірці 96,3%, а програма-аналог - 92,4%, тобто розроблена програма має порівняно з аналогом збільшену на 3,9% достовірність класифікації кардіограм.*

**Ключові слова:** класифікація, кардіограма, спайкінгова нейронна мережа

### *Abstract*

*An information technology for the classification of cardiograms using a spiking neural network has been developed. A spiking neural network architecture was developed, which has 4 inputs and 2 layers of 256 and 64 spiking neurons. The program implementation of the information technology of cardiogram classification was made in Python using specialized NumPy and Matplotlib libraries. The program was taught using the MIT/VIN database. The developed program has a reliability of cardiogram classification on the test sample of 96.3%, and the analogue program - 92.4%, that is, the developed program has a 3.9% increased reliability of cardiogram classification compared to the analogue*

**Keywords:** classification, cardiogram, spiking neural network

### **Вступ**

Серцеву діяльність можна контролювати за допомогою електрокардіограми (ЕКГ), яка широко використовується для виявлення серцевих захворювань завдяки своїй неінвазивній природі. Кваліфікований кардіолог можуть виявити аномалії шляхом візуального огляду записів ЕКГ-сигналів. Однак, аритмії виникають періодично особливо на ранніх стадіях, і тому вони можуть бути пропущені при рутинних контрольних записах. Зараз популярні апаратні установки, які дозволяють при їх носінні здійснювати постійний моніторинг ЕКГ-сигналів.

Метою роботи є підвищення достовірності класифікації кардіограм за рахунок використання спайкінгової нейронної мережі.

### **Результати досліджень**

Структура програми класифікації кардіограм проілюстрована на рис. 1. Архітектура програми повністю керована подіями і складається з трьох основних блоків.

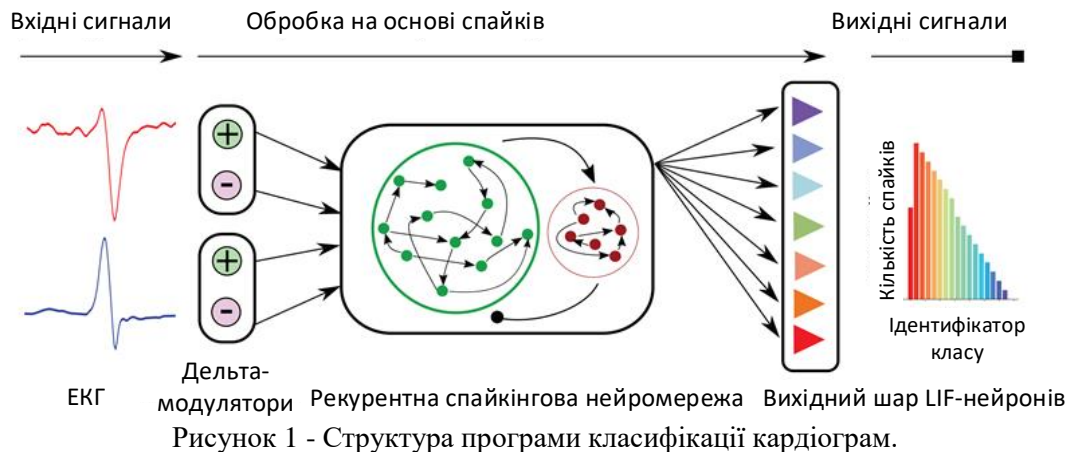
1) Вхідні сигнали ЕКГ перетворюються в цифрові імпульси (тобто спайки) за допомогою двох дельта-модуляторів. Ці дельта-модулятори перетворюють сигнали ЕКГ в часові патерни спайків, як якщо б вони були вироблені чотирма спайкінговими вхідними нейронами (кола з плюсом і мінусом на рис. 1).

2) Рекурентна спайкінгова нейромережа SNN [1] отримує вхідні сигнали від дельта модуляторів і виконує розширення розмірності входів.

3) Пул LIF-нейронів, що навчаються під контролем, для класифікації різних часових патернів, що генеруються рекурентною спайкінговою нейромережею. Імпульси від LIF-нейронів підраховуються і вибирається найактивніший клас.

Вхідні сигнали ЕКГ завантажуються з набору даних МІТ/ВІН [2]. Два дельта-модулятори перетворюють сигнали в часові патерни спайків, кожне відведення ЕКГ кодується двома каналами ON (+) та OFF (-). Рекурентна архітектура SNN складається з двох щільних кластерів

нейронів, з'єднаних між собою збуджувальними та гальмівними зв'язками. Вихідні імпульси з SNN надсилаються до вихідного шару LIF-нейронів. Ці LIF-нейрони виконують класифікацію патерну спайків, вибірково генеруючи імпульси, коли на вході присутні певні шаблони спайків.



Було розроблено алгоритм роботи програми класифікації кардіограм, який представлено на рис. 2.

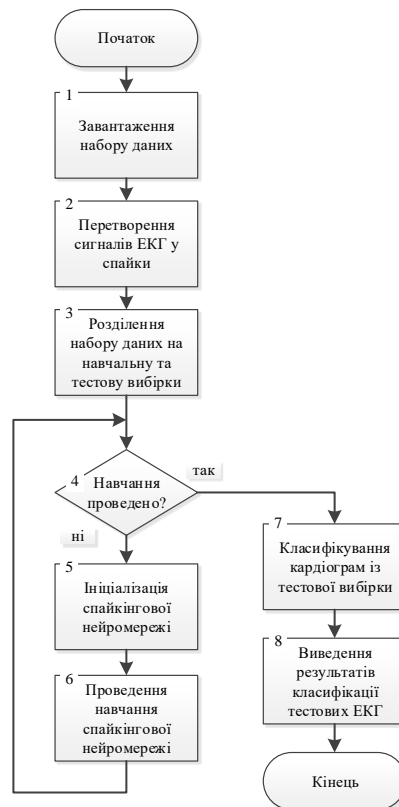


Рисунок 2 – Схема алгоритму роботи програмного забезпечення класифікації кардіограм на основі спайкінгової неймережі

Програмна реалізація інформаційної технології класифікації кардіограм на основі спайкінгової неймережі виконано на мові Python з використанням спеціалізованих бібліотек NumPy та Matplotlib. Використано набір даних кардіограм PhysioNet Arrhythmia Database для навчання та тестування модуля, наданий Массачусетським технологічним інститутом (Massachusetts Institute of Technology) та лікарнею Бет Ізраель (Beth Israel Hospital), який містить близько 20000 записів ЕКГ [2].

В процесі досліджень роботи програми була навчена та протестована рекурентна SNN мережа, що складається з 320 спайкінгових нейронів, організованих у два щільні кластери. Один кластер містить 256 збудливих нейронів, тоді як другий кластер містить 64 гальмівних нейронів.

Чисельні результати роботи розробленої програми, отримані в результаті тестування, занесено до табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння достовірності класифікації кардіограм розробленою програмою та програмою-аналогом

Програма	Кількість кардіограм у навчальній вибірці	Кількість кардіограм у тестовій вибірці	Час навчання, годин	Достовірність класифікації на тестовій вибірці
Аналог (на основі SVM)	15773	3955	8	92,4 %
Розроблений модуль на основі спайкінгової НМ	15773	3955	1,33	96,3%

Як аналог, ми взяли програмну реалізацію класифікатора кардіограм на основі машини опорних векторів (SVM). Там використали розв'язувач, наданий відкритою бібліотекою `libsvm` [3]. Там для навчання та тестування використовувався, як і у нашому випадку, набір даних аритмії PhysioNet Arrhythmia Database (MIT/ВІН).

Із табл. 1 видно, що розроблена програма має достовірність класифікації кардіограм на тестовій вибірці 96,3%, а програма-аналог має достовірність класифікації кардіограм на тестовій вибірці 92,4%.

Таким чином, можна зробити висновок, що розроблена програма має порівняно з аналогом збільшену на 3,9% достовірність класифікації кардіограм. Тобто мета роботи досягнута – достовірність класифікації кардіограм підвищена.

### Висновки

У роботі було розв'язано задачу розробки інформаційної технології класифікації кардіограм спайкінговою нейронною мережею. Було розроблено архітектуру спайкінгової нейромережі, яка має 4 входи, 2 шари спайкінгових нейронів по 256 та 64 нейрони відповідно та 18 виходів. Програмна реалізація інформаційної технології класифікації кардіограм виконано на мові Python з використанням спеціалізованих бібліотек NumPy та Matplotlib. Навчання програми відбувалось з використанням бази даних MIT/ВІН. Розроблена програма має достовірність класифікації кардіограм на тестовій вибірці 96,3%, а програма-аналог має достовірність класифікації кардіограм на тестовій вибірці 92,4%, тобто розроблена програма має порівняно з аналогом збільшену на 3,9% достовірність класифікації кардіограм.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/911/910>.
2. MIT-VIN Arrhythmia Database [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://www.physionet.org/content/mitdb/1.0.0/>
3. P. Rajpurkar, A. Y. Hannun, M. Haghpanahi, C. Bourn, and A. Y. Ng, Cardiologist-level arrhythmia detection with convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1707.01836 (2017)

**Завальнюк Ярослав Євгенійович** — студент групи ІКН-23м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [yaroslav.zavalniuk2606@gmail.com](mailto:yaroslav.zavalniuk2606@gmail.com)

**Колесницький Олег Костянтинович** — канд. техн. наук, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. email: [kolesnytskiy@vntu.edu.ua](mailto:kolesnytskiy@vntu.edu.ua)

**Zavalnyuk Yaroslav E.** – student of Intelligent Information Technologies and Automation Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: : [yaroslav.zavalniuk2606@gmail.com](mailto:yaroslav.zavalniuk2606@gmail.com)

**Kolesnytskiy Oleh K.** – Cand. Sc. (Eng.), Professor of the Computer Science Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. email: [kolesnytskiy@vntu.edu.ua](mailto:kolesnytskiy@vntu.edu.ua)