

УДК 004.8

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Кеосак Артем Ігорвич

д.т.н., доцент каф. ІС Щербакова Галина Юріївна

Національний університет «Одеська політехніка», УКРАЇНА

**АНОТАЦІЯ.** В роботі розглянуто аналіз предметної області для дослідження ідентифікації сигналів електрокардіограм для розпізнавання серцевих захворювань: аритмія та інфаркт міокарда. За результатами порівняння було обрано одну із нейронних мереж, яка лягла в основу розробленого методу для розпізнавання серцевих захворювань.

**Вступ.** Захворювання серця - одна з найпоширеніших причин смерті в світі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кожного року захворювання серця спричиняють понад 17 мільйонів смертей у світі, що становить 31% від загальної кількості смертей. Вони можуть охоплювати широкий спектр порушень, таких як хвороба судин, серцева недостатність, аритмії та інфаркти міокарда. В даній роботі ми зосередимось на двох найпоширеніших та небезпечних - аритміях та інфарктах міокарда. Використання нейронних мереж для ідентифікації цих хвороб є одним з найефективніших способів забезпечення більш точної та швидкої діагностики цих захворювань. Це особливо важливо, оскільки ці захворювання можуть мати серйозні наслідки для здоров'я та потребують ефективної медичної допомоги, щоб запобігти подальшому ускладненню стану пацієнтів.

**Мета роботи.** Метою дослідження є підвищення швидкості та точності розпізнавання аритмії та інфаркт міокарда за рахунок створення моделей нейронних мереж для комплексного аналізу сигналів електрокардіограм.

**Основна частина роботи.** Аналізуючи існуючі нейронні мережі, які підходять для розпізнавання аритмії та інфаркт міокарда на основі даних електрокардіограм було виділено 5 найкращих:

– *Convolutional Neural Network (CNN)*. *CNN* є однією з найпоширеніших моделей нейронних мереж для обробки ЕКГ сигналів. Вона базується на використанні згорткових шарів, які дозволяють автоматично виділяти важливі ознаки з ЕКГ сигналу, такі як *QRS* комплекси або *T*-хвилі. *CNN* використовуються для класифікації різних порушень серцевого ритму, таких як аритмії або блокади.[1]

Переваги:

- 1) Висока точність.
- 2) Інваріантність до зміщень та масштабу.
- 3) Автоматичне виявлення ознак.
- 4) Ефективне використання пам'яті.

Недоліки:

- 1) Обмеженість використання.
- 2) Підготовка даних.
- 3) Складність обчислень.
- 4) Перенавчання.
- 5) Вразливість до шуму.

– *Recurrent Neural Networks (RNN)*. *RNN* є іншою популярною моделлю нейронних мереж для обробки ЕКГ сигналів. Вона дозволяє моделювати часові залежності в ЕКГ сигналі, що важливо для діагностики деяких порушень серцевого ритму, таких як фібриляція передсердь. *RNN* використовуються для прогнозування ризику розвитку серцевих захворювань на основі даних ЕКГ.[2]

Переваги:

- 1) Здатність до роботи з послідовними даними.

- 2) Гнучкість в аналізі часових послідовностей.
- 3) Врахування динаміки сигналу.
- 4) Можливість використання для реального часу.

Недоліки:

- 1) Вразливість до перенавчання.
- 2) Втрата контексту при довгих послідовностях.
- 3) Обчислювальна складність.
- 4) Проблеми зі стабільністю генерації.
- 5) Недостатня здатність до моделювання довготривалих залежностей.
- 6) Вразливість до шуму та артефактів.
- 7) Потреба в великій кількості тренувальних даних.
- 8) Обмежена здатність до інтерпретації.
- 9) Відсутність здатності до взаємодії зі спеціалістами.
- 10) Врахування контексту.

– *Long Short-Term Memory (LSTM)*. *LSTM* є покращеною версією *RNN*, яка дозволяє довготривалу залежність між сигналами, що особливо важливо для діагностики серцевої недостатності та інших серцевих захворювань, які відображаються на декількох відображеннях ЕКГ сигналу.[3]

Переваги:

- 1) Здатність враховувати довготривалі залежності.
- 2) Здатність враховувати контекстову інформацію.
- 3) Гнучкість в роботі з різними типами даних.
- 4) Здатність до передбачення майбутнього.
- 5) Здатність до врахування часових характеристик.

Недоліки:

- 1) Складність моделі.
- 2) Високий ризик перенавчання.
- 3) Вимоги до обчислювальних ресурсів.
- 4) Відсутність інтерпретованості.
- 5) Необхідність великої кількості даних.

– *Autoencoder Neural Networks*. *Autoencoder* є моделлю, яка використовується для зменшення розміру даних. Вона дозволяє відшукати найбільш важливі ознаки з ЕКГ сигналу, що може бути корисно при діагностиці деяких порушень серцевого ритму. *Autoencoder* також може бути використаний для відновлення пошкоджених ЕКГ сигналів. [4]

Переваги:

- 1) Виявлення складних паттернів.
- 2) Здатність до реконструкції сигналу.
- 3) Зменшення розмірності даних.
- 4) Навчання без нагляду.

Недоліки:

- 1) Втрата контекстуальної інформації.
- 2) Вимоги до обчислювальних ресурсів.
- 3) Потреба в наявності даних без відхилень.
- 4) Чутливість до шуму.
- 5) Відсутність вбудованої властивості часової залежності.
- 6) Складність в реалізації.

– *Capsule Neural Networks*. *Capsule Neural Networks* є новою та досить перспективною моделлю нейронних мереж для обробки ЕКГ сигналів. Вона дозволяє виявляти залежності між різними фрагментами ЕКГ сигналу та розпізнавати складні паттерни, що може бути корисно при діагностиці певних порушень серцевого ритму. *Capsule Neural Networks* мають високу точність та швидкість роботи, що робить їх привабливими для застосування у медичній практиці. [5,6,7]

Переваги:

- 1) Здатність до моделювання ієрархічних взаємодій.
- 2) Робастність до змін масштабу та орієнтації.
- 3) Здатність до уникнення проблеми зниклих градієнтів.

Недоліки:

- 1) Обчислювальна складність.
- 2) Неоднорідність даних.
- 3) Вимоги до об'єму даних.
- 4) Відсутність стандартів.
- 5) Складність впровадження.

Після ретельного аналізу кожної з мереж, було вирішено сконцентрувати свою увагу на *Long Short-Term Memory*. *LSTM* показала вражаючу ефективність в аналізі послідовностей з довгостроковими залежностями, що є ключовим фактором для розпізнавання аритмії та інфаркту міокарда на основі даних електрокардіограм.

Також важливо зазначити, що *LSTM* має певні недоліки, які необхідно врахувати під час розробки та застосування моделі. Наприклад, вона вимагає більше обчислювальних ресурсів, ніж звичайні *RNN*, що може впливати на швидкість роботи мережі. Крім того, можлива перенавчання, якщо кількість параметрів мережі буде надто великою, тому необхідно уважно налаштувати модель та підібрати оптимальні параметри.

**Висновок.** Таким чином було розглянуто актуальність проблеми розпізнавання серцевих захворювань, а саме: аритмія та інфаркт міокарда. Також було виділено мету роботи і розглянуто ефективність нейронних мереж *Convolutional Neural Network*, *Recurrent Neural Networks*, *Long Short-Term Memory*, *Autoencoder Neural Networks* та *Capsule Neural Networks*. А вже після, виділено їх позитивні та негативні сторони. У результаті аналізу було з'ясовано, що для розпізнавання аритмії та інфаркту міокарда найбільше підходить нейронна мережа *Long Short-Term Memory* бо вона показала вражаючу ефективність в аналізі послідовностей з довгостроковими залежностями, що є ключовим фактором для розпізнавання саме цих захворювань серця на основі даних електрокардіограм. У подальшій роботі буде спроектовано унікальну модель *LSTM* для подальшого програмування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Biomedical Signal Processing and Control. ISSN: 1746-8094 Volume 47 (2018), pp. 141-146.
- 2) IEEE Transactions on Biomedical Engineering. ISSN 0018-9294 Volume 64 Number 11 (2017), pp. 2594-2604.
- 3) Biomedical Signal Processing and Control. ISSN: 1746-8094 Volume 47 (2019), pp. 243-248.
- 4) Journal of Biomedical Science and Engineering. ISSN: 1937-6871 Volume 12 Number 4 (2019), pp. 82-93.
- 5) Journal of Healthcare Engineering. ISSN: 2040-2295 Volume 2019 Number 1 (2019), pp. 1-12.
- 6) Karliuk, A. V., Nastenko, Ie. Ar., Nosovets, O. K. & Babenko, V. O. "Classification of Brain MRI Images by Using the Automatic Segmentation and Texture Analysis". Applied Aspects of Information Technology. Publ. Nauka i Tekhnika. Odessa: Ukraine. 2020; Vol.3 No.4: 263-275. DOI: <https://doi.org/10.15276/ait.04.2020.4>
- 7) Filatova A. Ye., Povoroznyuk A. I., Nosachenko B. P., Fahs Mohamad. "Synthesis of an integral signal for solving the problem of morphological analysis of electrocardiograms". Herald of Advanced Information Technology. Publ. Nauka i Tekhnika. Odessa: Ukraine. 2022; Vol. 5 No. 4: 263-274. DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.19>

#### ANALYSIS OF METHODS FOR IDENTIFICATION OF ELECTROCARDIOGRAM SIGNALS FOR RECOGNITION OF HEART DISEASES

Artem Keosak

Dr. Sci. (Engin.), Associate Professor of the department of IS Halyna Shcherbakova  
Odessa Polytechnic National University, UKRAINE

**ABSTRACT.** This paper discusses the analysis of the subject area for the study of electrocardiogram signal identification for the recognition of heart diseases: arrhythmia and myocardial infarction. As a result of comparison, one of the neural networks was chosen, which formed the basis of the developed method for the recognition of heart diseases.