

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ ЕКГ-СИГНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто підхід до створення інтелектуальної системи аналізу електрокардіограм з використанням методів глибокого навчання. Запропоновано архітектуру програмного комплексу, що поєднує згорткові та рекурентні нейронні мережі для автоматичного виявлення патологій серцевої діяльності. Реалізовано механізм введення клінічних симптомів та обробки кардіосигналів, що дозволяє підвищити точність попередньої діагностики.

Ключові слова: електрокардіограма, нейронні мережі, глибоке навчання, медичні інформаційні системи, автоматична діагностика.

Abstract

The paper considers an approach to creating an intelligent system for analysing electrocardiograms using deep learning methods. The architecture of a software complex combining convolutional and recurrent neural networks for automatic detection of cardiac pathologies is proposed. A mechanism for entering clinical symptoms and processing cardiac signals has been implemented, which improves the accuracy of preliminary diagnosis.

Keywords: electrocardiogram, neural networks, deep learning, medical information systems, automatic diagnosis.

Вступ

Серцево-судинні захворювання залишаються однією з провідних причин смертності у світі, що зумовлює необхідність удосконалення методів їх раннього виявлення. Електрокардіографія є базовим інструментом первинної діагностики, однак процес інтерпретації результатів електрокардіограми потребує високої кваліфікації медичного персоналу та значних часових витрат [1].

У зв'язку з активним розвитком інформаційних технологій актуальним є створення інтелектуальних програмних систем, здатних автоматизувати аналіз електрокардіографічних сигналів та забезпечувати підтримку прийняття медичних рішень. Особливий інтерес у цьому контексті становлять методи глибокого навчання, які демонструють високу ефективність у задачах оброблення біомедичних сигналів [2].

Метою дослідження є розроблення та програмна реалізація інтелектуальної системи аналізу електрокардіограм на основі нейромережових моделей для підвищення точності та швидкості діагностики серцево-судинних захворювань.

Результати дослідження

Актуальність автоматизації аналізу електрокардіограм зумовлена необхідністю підвищення точності та оперативності діагностування серцевих патологій. Запропонований підхід ґрунтується на використанні нейромережової моделі глибокого навчання, що поєднує згорткові та рекурентні шари для комплексного аналізу морфологічних і часових характеристик електрокардіографічного сигналу [3].

Задачу аналізу електрокардіограми формалізовано як задачу багатокласової класифікації сигналу [2]:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де x_1 - дискретні відліки ЕКГ-сигналу у часовій області, а результатом є віднесення сигналу до одного з класів патологій $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$.

Запропонований підхід базується на використанні гібридної нейромережової моделі [3]:

$$f(X) = \text{Softmax}(\text{LSTM}(\text{CNN}(X))), \quad (2)$$

у якій згорткові нейронні мережі (CNN) виконують автоматичне виділення морфологічних ознак кардіосигналу, рекурентні шари типу LSTM моделюють часові залежності між серцевими циклами, а

вихідний шар Softmax формує вектор імовірностей належності сигналу до відповідних діагностичних класів.

Оптимізація параметрів моделі здійснюється шляхом мінімізації крос-ентропійної функції втрат

$$L = \sum_{i=1}^m y_i \log(\hat{y}_i), \quad (3)$$

що забезпечує коректне навчання класифікатора.

Експериментальна перевірка ефективності запропонованої інтелектуальної системи на відкритих наборах кардіосигналів продемонструвала точність класифікації на рівні 94–96 %, при значенні чутливості понад 93 % та специфічності близько 92 % для основних типів серцевих патологій. Середній час оброблення одного запису електрокардіограми не перевищує 2 с, що дозволяє використовувати систему в режимі оперативного аналізу [1–3].

Отримані результати підтверджують доцільність застосування нейромережових методів у задачах підтримки прийняття клінічних рішень та свідчать про практичну значущість розробленої інтелектуальної системи.

Висновки

Розроблена інтелектуальна система забезпечує високоточний та швидкий аналіз електрокардіограм, що сприяє підвищенню ефективності попередньої діагностики серцево-судинних захворювань. Отримані результати підтверджують перспективність застосування методів глибокого навчання у сучасних медичних інформаційних системах та системах підтримки прийняття клінічних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Acharya U.R., Fujita H., Lih O.S., Hagiwara Y., Tan J.H., Adam M. Automated detection of arrhythmias using different intervals of tachycardia ECG segments with convolutional neural network // Information Sciences. - 2017. - Vol. 405. - P. 81- 90.
2. Hannun A.Y., Rajpurkar P., Haghpanahi M. et al. Cardiologist-level arrhythmia detection and classification in ambulatory electrocardiograms using a deep neural network // Nature Medicine. - 2019. - Vol. 25. - P. 65-69.
3. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Glass L. et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals // Circulation. - 2000. - Vol. 101. - P. 215-220.

Арнаутова Анастасія Костянтинівна - студентка групи ІКН-226, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: arnautova.anastasia@gmail.com.

Іванчук Ярослав Володимирович - професор кафедри комп'ютерних наук, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Arnautova Anastasia Konstantinovna - student, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: arnautova.anastasia@gmail.com.

Yaroslav Volodymyrovych Ivanchuk - Professor of the Department of Computer Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia