

## ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОГО АВТОЕНКОДЕРА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ

Турченко А.В.<sup>1)</sup>, Кочан В.В.<sup>2)</sup>

Західноукраїнський національний університет

<sup>1)</sup>магістрант; <sup>2)</sup>к.т.н., професор

### I. Постановка проблеми

Аналіз сигналів електрокардіограм є на сьогодні основним методом діагностики серцево-судинних захворювань. В науковому середовищі цій діагностиці приділяється все більша і більша увага через значний прогрес (i) у створенні та практичному використанні новітніх сенсорів, що здатні більш точно знімати сигнали електрокардіограми [1] та (ii) у застосуванні новітніх підходів з машинного навчання, зокрема, глибоких нейронних мереж, що показують високоточні результати у багатьох прикладних сферах [2].

### II. Мета роботи

Метою роботи є дослідження методів стиснення вхідної інформації (dimensionality reduction) про хвилі електрокардіограм (ЕКГ) та отримання стиснених вхідних характеристик (features), що будуть мати кращу якість у порівнянні з необробленою вхідною інформацією. Це, в кінцевому рахунку, дозволить підвищити точність класифікації хвиль електрокардіограм

### III. Реалізація глибокого автоенкодера в середовищі бібліотеки глибокого навчання Caffe

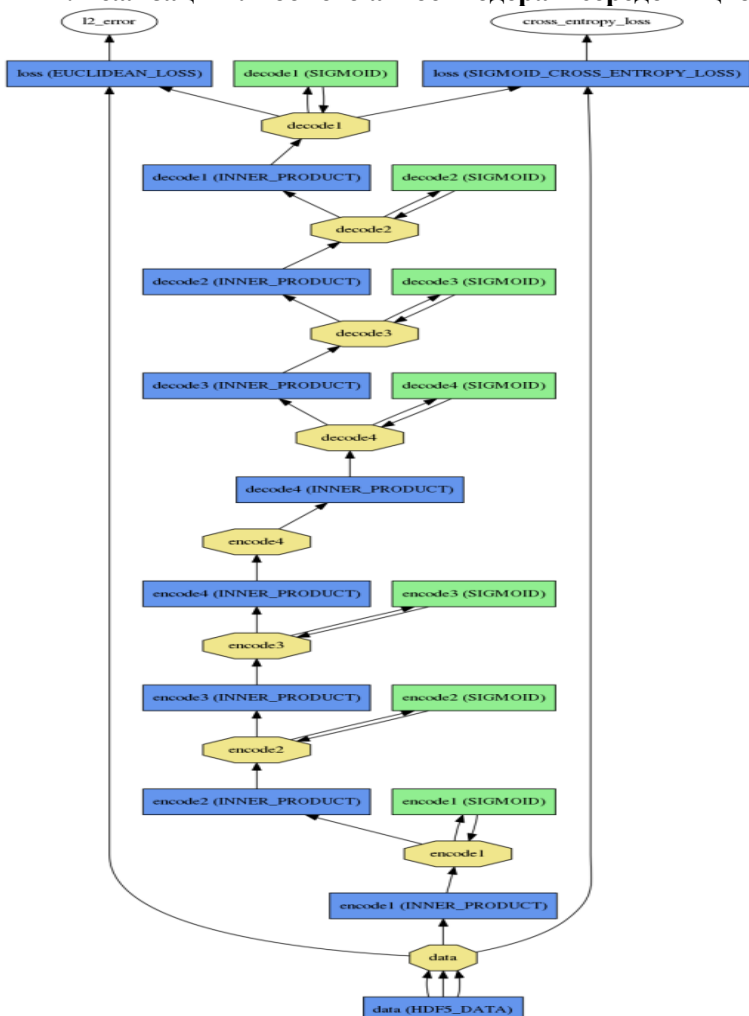


Рисунок 1 – Структура глибокого автоенкодера, використаного для стиснення вхідних характеристик

На рисунку 1 наведена структура глибокого автоенкодера, використаного для отримання стиснених вхідних характеристик хвиль ЕКГ. Автоенкодер складається з двох частин, стисуючої і розтисуючої, і рисунок 1 необхідно читати знизу догори. Елементи жовтого кольору показують дані, що проходять “всередині” такої нейронної мережі (НМ), елементи синього кольору – це відповідні шари нейронів глибокої НМ, елементи зеленого кольору – це функції активації нейронів, що асоційовані з відповідними шарами нейронів. Стисуюча частина має чотири шари нейронів encode1-encode4, розтисуюча частина автоенкодера є симетричною і також має чотири шари нейронів decode4-decode1. Кількість нейронів в стисуючих шарах зменшується від encode1 до encode4, кількість нейронів в розтисуючих шарах збільшується від decode4 до decode1 відповідно.

В наведеній архітектурі глибокого автоенкодера використана нелінійна сигмоїдна функція активації нейронів.

Процес навчання такого автоенкодера здійснюється за схемою навчання «без вчителя», на вхід подається вхідний вектор даних (як правило великої розмірності), потім розмірність даних стискається в стисуючій частині, стиснення доходить до максимуму на шарі encode4, і далі вектор даних починає розтискатися до оригінальної розмірності на шарі decode1.

Помилка навчання обчислюється як різниця між оригінальним вектором вхідних даних на шарі data та «розтисненим» представленням тих самих даних на шарі decode1. Навчання відбувається до тих пір, поки різниця між оригінальним та «розтисненим» векторами достатньо мала, в цьому випадку шар encode4 містить зменшену розмірність вхідних характеристик хвиль ЕКГ.

#### IV. Результати експериментальних досліджень

Стиснення вхідних характеристик хвиль ЕКГ проведено трьома методами: методом головних компонент [3], методом стохастичних сусідів [4] та методом глибокого автоенкодера [5]. Метод головних компонент є лінійним методом і знаходить  $M$  компонент шляхом перетворення вхідних характеристик та подальшим сортуванням отриманих головних компонент по мірі зменшення їх варіативності. Метод стохастичних сусідів на першому кроці використовує  $N$  головних компонент та здійснює подальше навчання моделі подібності на основі алгоритму зворотного поширення помилки додатково зменшуючи розмірність даних з  $N$  до  $M$ , отримуючи  $M$  фінальних стиснених вхідних характеристик.

Експериментальні дослідження проведено на зменшеній версії бази даних МІТ-ВІН сигналів ЕКГ, що доступна на сайті Physionet [6] та містить 1000 записів від 48 пацієнтів тривалістю 10 секунд кожна. Всі дані розділені на чотири класи аритмій. Результати кластеризації трьома методами наведено на рисунках 2-4. Візуальний аналіз цих графічних результатів дозволяє зробити висновок, що найкращим методом є метод глибокого автоенкодера. Кластери на рисунку 4 є більш згрупованими, вони мають більші відстані до інших кластерів, в них є менше перемішування з іншими кластерами. Цей результат був отриманий для  $M=30$  стиснених вхідних характеристик хвиль ЕКГ.

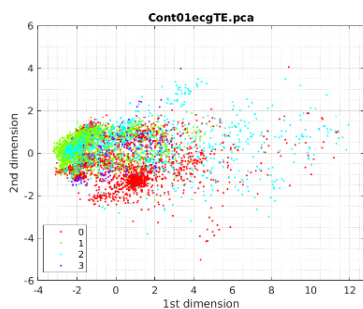


Рисунок 2– Результати кластеризації за методом головних компонент

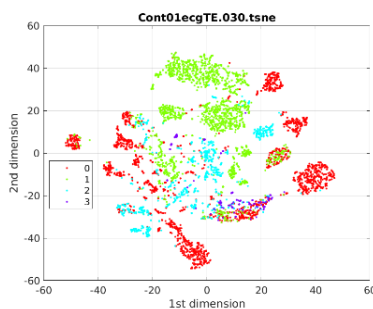


Рисунок 3– Результати кластеризації за методом стохастичних сусідів

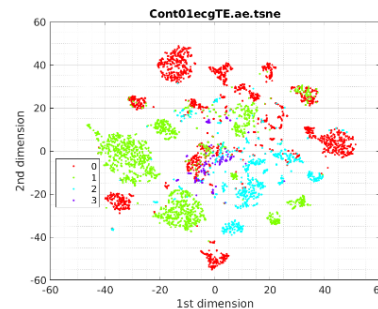


Рисунок 4– Результати кластеризації за допомогою глибокого автоенкодера

#### Висновок

В роботі досліджено метод стиснення вхідних характеристик хвиль електрокардіограми за допомогою глибокого автоенкодера. Результати експериментальних досліджень на базі даних хвиль електрокардіограм показали, що використання методу глибокого автоенкодера для стиснення вхідних характеристик електрокардіограм дозволяє підвищити точність подальшої класифікації на 16% у порівнянні з методом головних компонент та на 20% у порівнянні з оригінальною розмірністю вхідних характеристик.

#### Список використаних джерел

1. De Chazal P. A patient-adapting heartbeat classifier using ECG morphology and heartbeat interval features / P. de Chazal, R.B. Reilly // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 2006 – No. 53 (12) P. 2535–2543.
2. Goodfellow I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – The MIT Press, 2016. – P. 800.
3. Jolliffe I. T. Principal Component Analysis / Jolliffe // 2nd ed. Springer – 2002.
4. Van der Maaten L.J.P. Accelerating t-SNE using Tree-Based Algorithms / L.J.P. van der Maaten // Journal of Machine Learning Research. – 2014. – Vol. 15(Oct). – P. 3221-3245.
5. Masci J. Stacked convolutional auto-encoders for hierarchical feature extraction / J Masci, U. Meier, D. Cireşan, J. Schmidhuber // Lecture Notes in Computer Science– 2011 – Vol. 6791 P. 52–59.
6. Pławiak P. Novel methodology of cardiac health recognition based on ECG signals and evolutionary-neural system / P. Pławiak // Expert Systems with Applications. – 2018. – Vol. 92. – P. 334–349.