

ЗАСТОСУВАННЯ LSTM ТА АВТОЕНКОДЕРІВ У MATLAB ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ДАТЧИКОВИХ ДАНИХ

Столовий І.В.

e-mail: ihor.stolovyi@nure.ua

Науковий керівник – ст. викладач Чумак В. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МТС
м. Харків, Україна

This paper discusses the application of LSTM models and autoencoders for anomaly detection in biomedical signals, specifically in data from medical sensors. LSTM models, due to their ability to work with time series, allow for efficient learning from signal data and the detection of patterns.

Останнім часом у медичній галузі робиться багато нових відкриттів, та вона розвивається швидкими темпами. Це є наслідком збільшення використання цифрових та комп'ютерних технологій у медицині [1]. Моделі LSTM, завдяки своїй здатності працювати з часовими рядами, дозволяють ефективно навчатися на даних сигналів та виявляти закономірності. Моделі LSTM, що є типом рекурентних нейронних мереж, здатні захоплювати довгострокові залежності в послідовних даних, таких як біомедичні сигнали. Основними компонентами LSTM є ворота для забуття, входу та виходу, що регулюють потік інформації через мережу. Математично, на кожному кроці часу t , модель LSTM обчислює забуття f_t оновлення пам'яті c_t та вихід h_t . Для воріт забуття маємо рівняння:

$$f_t = \sigma(W_f \times h_{t-1} + U_f \times x_t + b_f)$$

де σ – сигмоїдальна функція активації, W_f і U_f – ваги для забуття, b_f – вектор зсуву, h_{t-1} – приховане стан на попередньому кроці, а x_t – вхід на поточному кроці. Далі, модель оновлює пам'ять за допомогою:

$$c_t = f_t \times c_{t-1} \times i_t \times \tanh(W_i \times h_{t-1} + U_i \times x_t + b_i)$$

де c_t – стан пам'яті на поточному кроці, i_t – ворота для входу. Модель LSTM використовує ці рівняння для обчислення вихідного стану h_t :

$$h_t = o_t \times \tanh(c_t)$$

де o_t – вихідні ваги. Цей процес дозволяє LSTM ефективно працювати з часо-залежними даними, такими як біомедичні сигнали, і виявляти аномалії.

Приклад коду для тренування моделі LSTM в MATLAB:

```
% Налаштування параметрів LSTM
layers = [
    sequenceInputLayer(1)
    lstmLayer(100, 'OutputMode', 'last')
    fullyConnectedLayer(2)
    softmaxLayer
```

```

classificationLayer];
%Налаштування параметрів
options = trainingOptions('adam', 'MaxEpochs', 100, 'MiniBatchSize', 128,
'Verbose', false);
%Тренування моделі
net = trainNetwork(XTrain, YTrain, layers, options);

```

Також, для виявлення аномалій застосовуються автоенкодер, які зазвичай використовуються для безконтрольного навчання. Автоенкодер складається з енодера, який стискає вхідні дані до латентного простору, та декодера, що відновлює ці дані. Помилка відновлення використовується для виявлення аномалій. Для оцінки якості відновлення використовують середньоквадратичну помилку:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2$$

де N – кількість елементів у векторі даних. Якщо помилка відновлення велика, це свідчить про те, що дані є аномальними.

Приклад коду для тренування автоенкодера в MATLAB:

```

% Параметри автоенкодера
hiddenSize = 100;
autoenc = trainAutoencoder(XTrain, hiddenSize, ...
'MaxEpochs', 100, 'L2WeightRegularization', 0.004, ...
'SparsityRegularization', 4, 'SparsityProportion', 0.05);
% Оцінка якості відновлення
reconstructed = predict(autoenc, XTest);
mse = mean((XTest - reconstructed).^2, 2);

```

Обидва методи показали високу ефективність при роботі з біомедичними сигналами, такими як електрокардіографічні (ЕКГ) дані. Моделі LSTM демонструють відмінні результати в аналізі часових залежностей, тоді як автоенкодер можуть бути корисні для безконтрольного виявлення аномалій за допомогою порівняння відновлених даних з оригінальними. Це поєднання методів обіцяє ефективне використання для реального моніторингу та раннього виявлення медичних аномалій.

Список використаних джерел:

1. Дерюга І. М. Дослідження можливості використання алгоритму Прюїт для обробки медичних зображень / І. М. Дерюга, В. С. Чумак // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології (AERT-2023) : матеріали V форуму, 29–30 листопада 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – С. 129-131.