



Факультет
компьютерных наук

ОП Прикладная математика
и информатика

Москва
2024

Анализ ЭКГ на основе ML

ECG Analysis on the ML Algorithms

Индивидуальный исследовательский проект

Выполнил: Ковыляев Александр Максимович, группа 228, курс 2

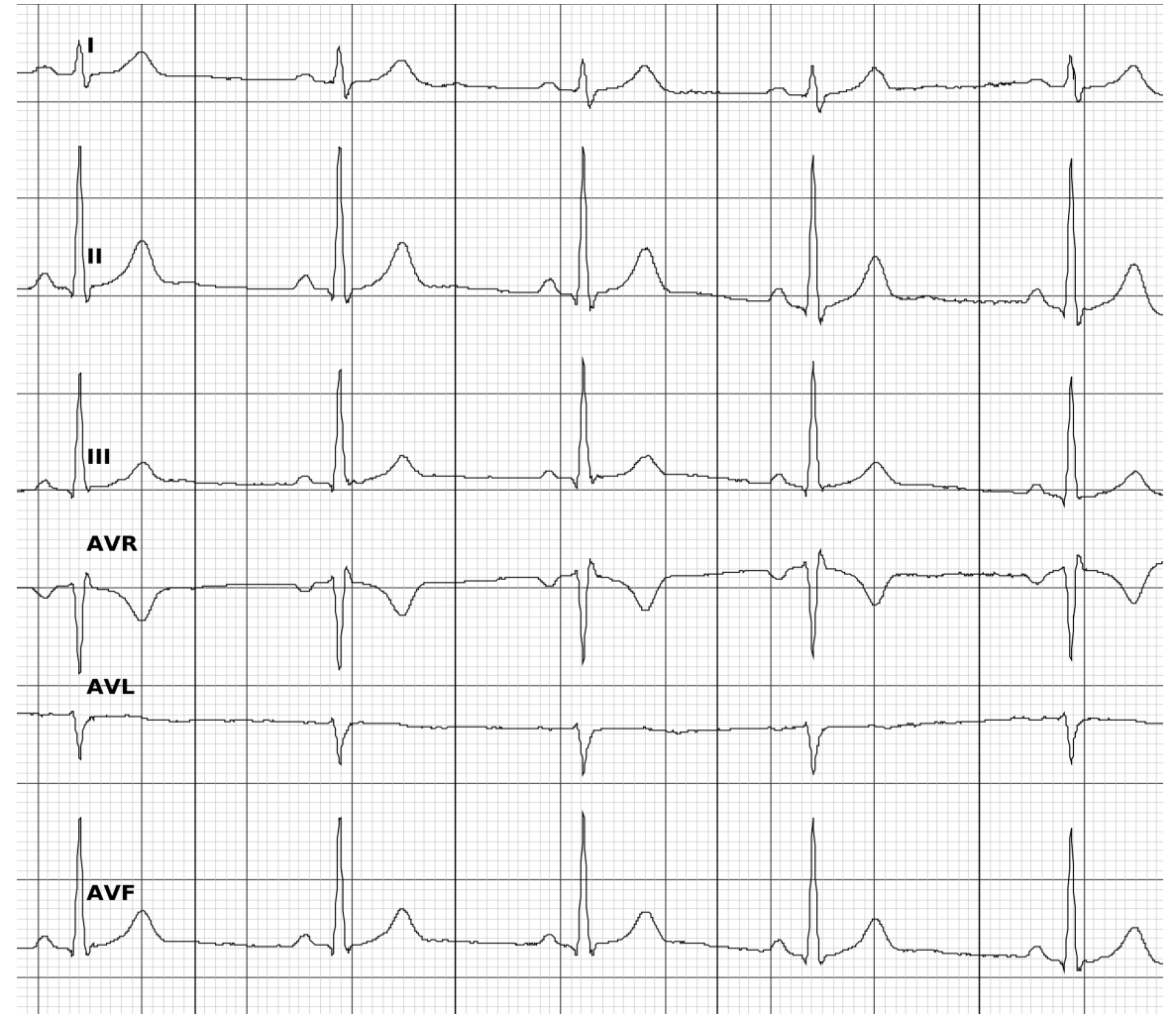
Научный руководитель: Хельвас Александр Валериевич
старший преподаватель, МФТИ



Описание предметной области

ЭКГ - электрокардиограмма - является одним из показателей сердечной активности. Заболевания сердца вызывают на ЭКГ отклонение от нормы, это называется аритмией сердца.

В данной работе были использовались краткосрочные записи ЭКГ в 12 отведениях.





Актуальность работы

Внедрение анализа ЭКГ при помощи компьютерных технологий, а именно машинного обучения способствует увеличению точности диагнозов, уменьшению нагрузки на врачей и возможности выявления заболеваний на более ранних стадиях по ещё маловыраженным, незримым для человеческого глаза, характеристикам.

Директор института экономики
здравоохранения НИУ ВШЭ *Лариса Попович*
считает:

*"...В мире сейчас не хватает около
13 миллионов врачей — во всех странах, это
общая проблема..."*



Цель и задачи работы

Целью этой работы является исследование возможности детекции аритмии на краткосрочных (10-секундных) ЭКГ в 12-ти отведениях с помощью нейросети.

Постановка задачи:

- Создать программу для определения ЧСС¹ на одной записи ЭКГ для обучения работе с WFDB² данными.
- Изучить статьи и видеоматериалы, связанные с ЭКГ, нейросетями, преимущественно LSTM³ типа, и различными способами оценки качества предсказаний алгоритмов.
- Написать функцию для предобработки данных.
- Написать функции обучения, валидации и оценочных метрик, а также интерфейс, предоставляющий доступ к записям ЭКГ и разметке - диагнозам.
- Написать и обучить модель для бинарной классификации записей.
- Оценить модель на тестовой выборке данных.
- Сделать выводы о дальнейших перспективах исследований.

1 – частота сердечных сокращений

2 - формат данных Waveform Database

3 - Long short-term memory (длинная краткосрочная память)



Анализ существующих решений

Наиболее близкая работа по тематике и содержанию – *Arrhythmia Classification Using Long Short-Term Memory with Adaptive Learning Rate* [1].

В этой работе исследовалось применение нейронной сети на основе LSTM для классификации 3 различных типов сердечных сокращений. Наилучших результатов в статье удалось добиться при таких характеристиках модели:

- Количество слоёв – 3
- Размерность скрытых слоёв – 100
- Использование AdaDelta – да

Достигнутая точность – accuracy 97%

Также аналогом можно считать: *Cardiac arrhythmia detection using deep learning approach and time frequency representation of ECG signals* [5].

Использовались предобученные: AlexNet и ResNet50

Достигнутая точность – accuracy 99.2%, F-score 99.2%



Используемые данные

Массив данных "*A large scale 12-lead electrocardiogram database for arrhythmia study*" [2].

Состоит из 45.152 записей ЭКГ более, чем 10.000 пациентов.

Версия датасета - 1.0.0.

- Длина записей – 10 секунд
- Частота дискретизации - 500 Гц.
- Единица измерения – микровольт

Каждая запись представлена 2 файлами:

- текстовый файл, содержащий информацию о конфигурации отведений, данные о пациенте, а также код, соответствующий диагнозу, поставленному врачом
- Бинарный файл, содержащий оцифрованные данные ЭКГ

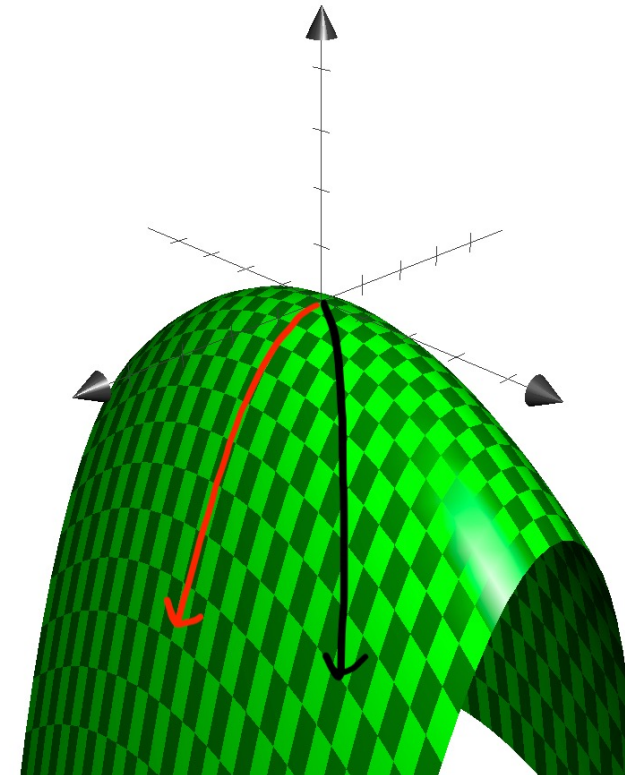
Используемые в работе методы и алгоритмы

Для исследования в данной работе была избрана модель типа LSTM,

В совокупности с:

1. алгоритмом Adam¹
2. методом инициализации весов модели – Xavier Initialization[4]
3. алгоритмами предобработки данных (cut_n_fill и normalization)

1 - алгоритмом адаптации скорости обучения

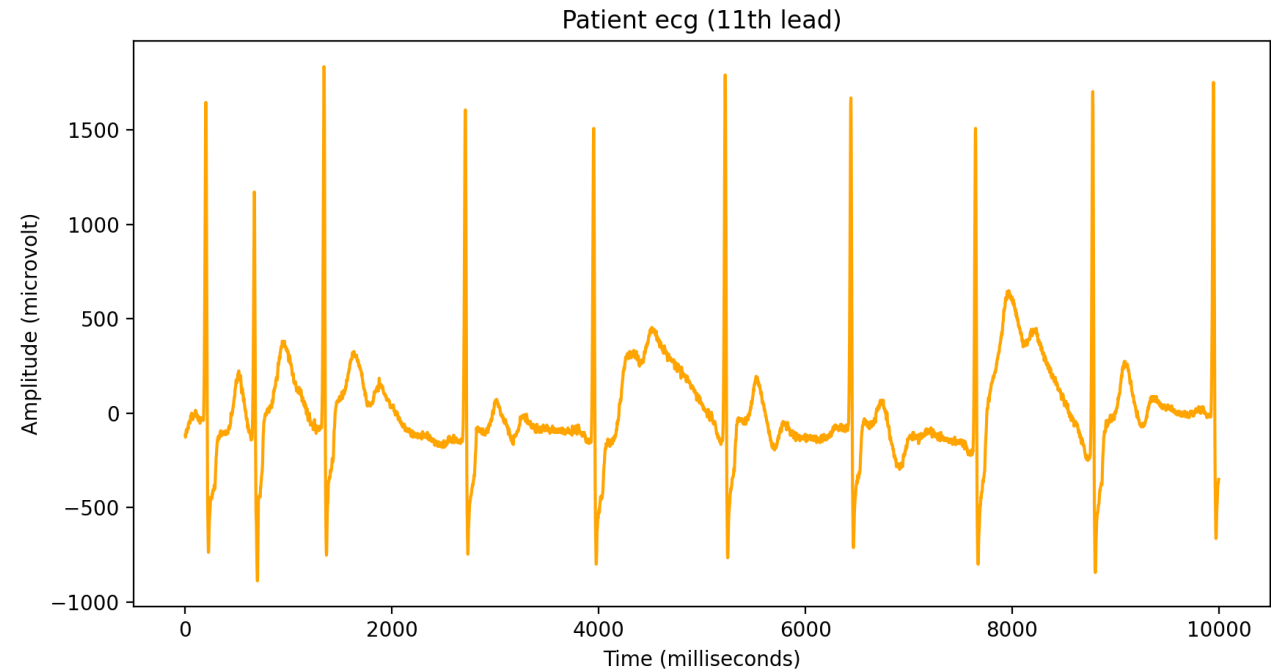


Возможная функция потерь и направления её уменьшения

Алгоритм предобработки данных

1. Загрузка датасета и итерация по нему.
2. Применение функции обрезки и заполнения утрат `cut_n_fill`.
3. Нормализация данных.
4. При получении "излишне странной" записи из предыдущих 2 пунктов, запись удалялась из используемого датасета.
5. Распределение на тренировочную и валидационную часть и сохранение этих массивов данных.

На картинке изображен один канал данных, которые подаётся на вход функции предобработки.

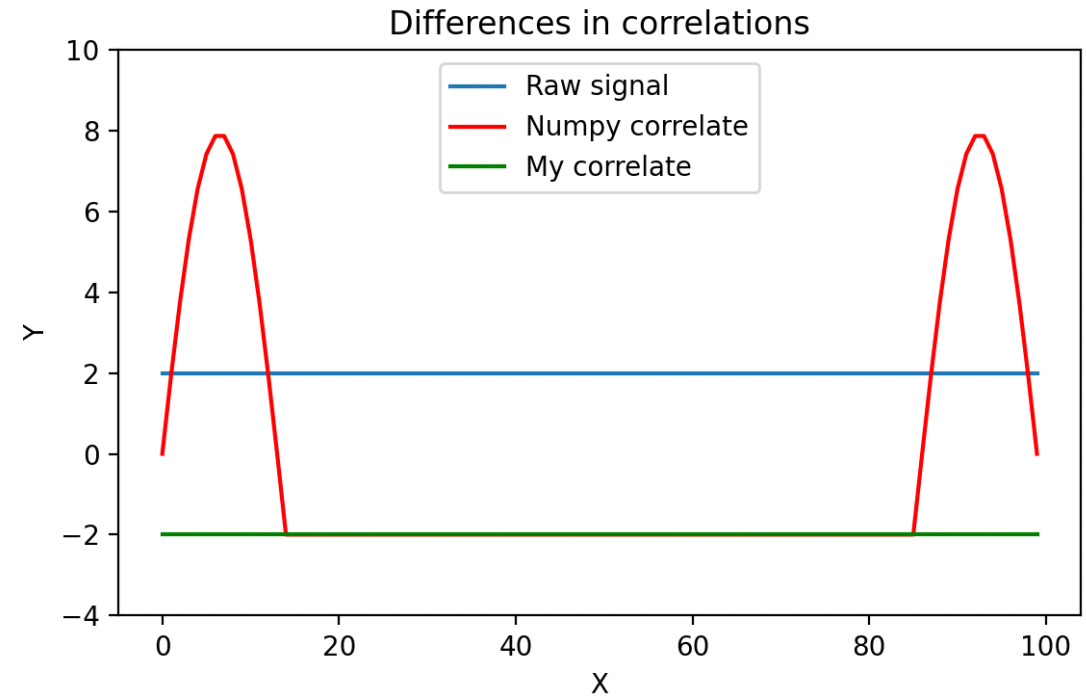




Функция `cut_n_fill`

Одна из ключевых частей функции `cut_n_fill` – обёртка для библиотечной функции `numpy.correlate`₁.

У библиотечной реализации существует недостаток, показанный на графике – нелинейность выходных данных даже для относительно простых входных сигналов.

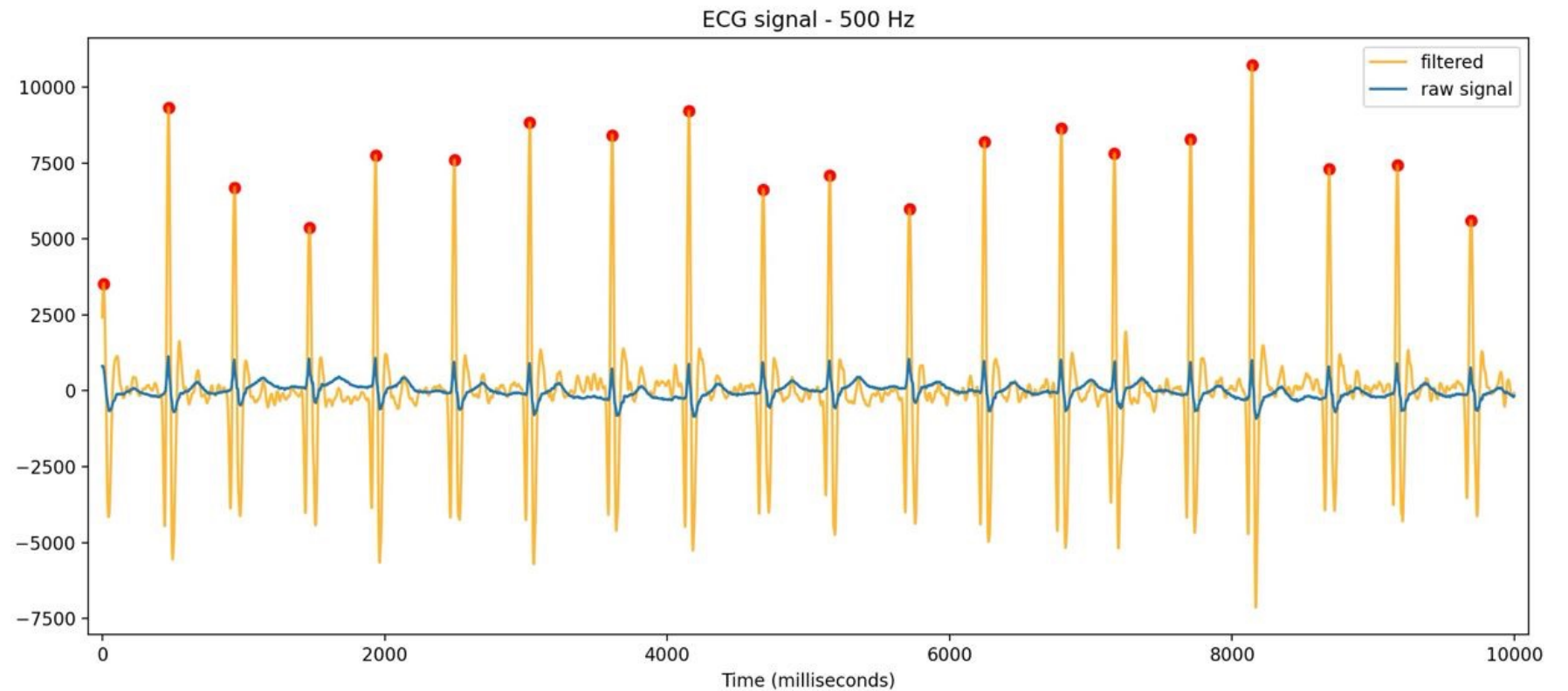


₁ – функция корреляция двух последовательностей



Функция cut_n_fill

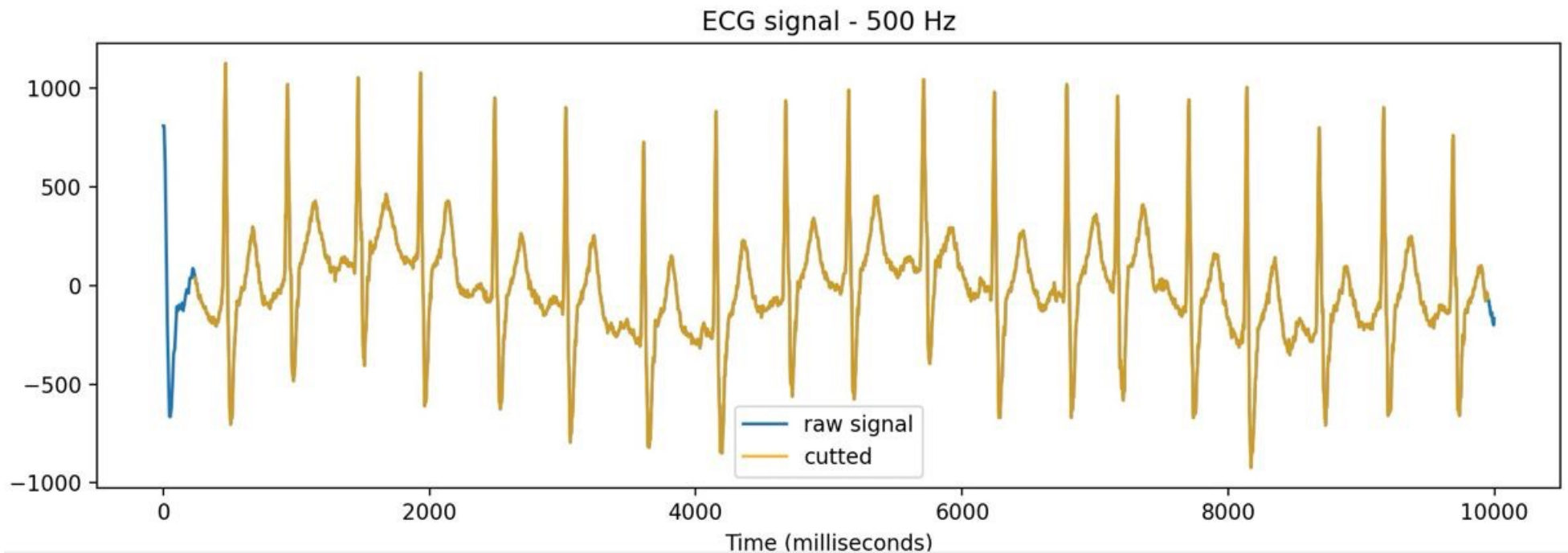
На графике можно увидеть изображённый синим цветом исходный сигнал, жёлтым – сигнал после функции корреляции и отмеченные красным найденные пики



Функция `cut_n_fill`

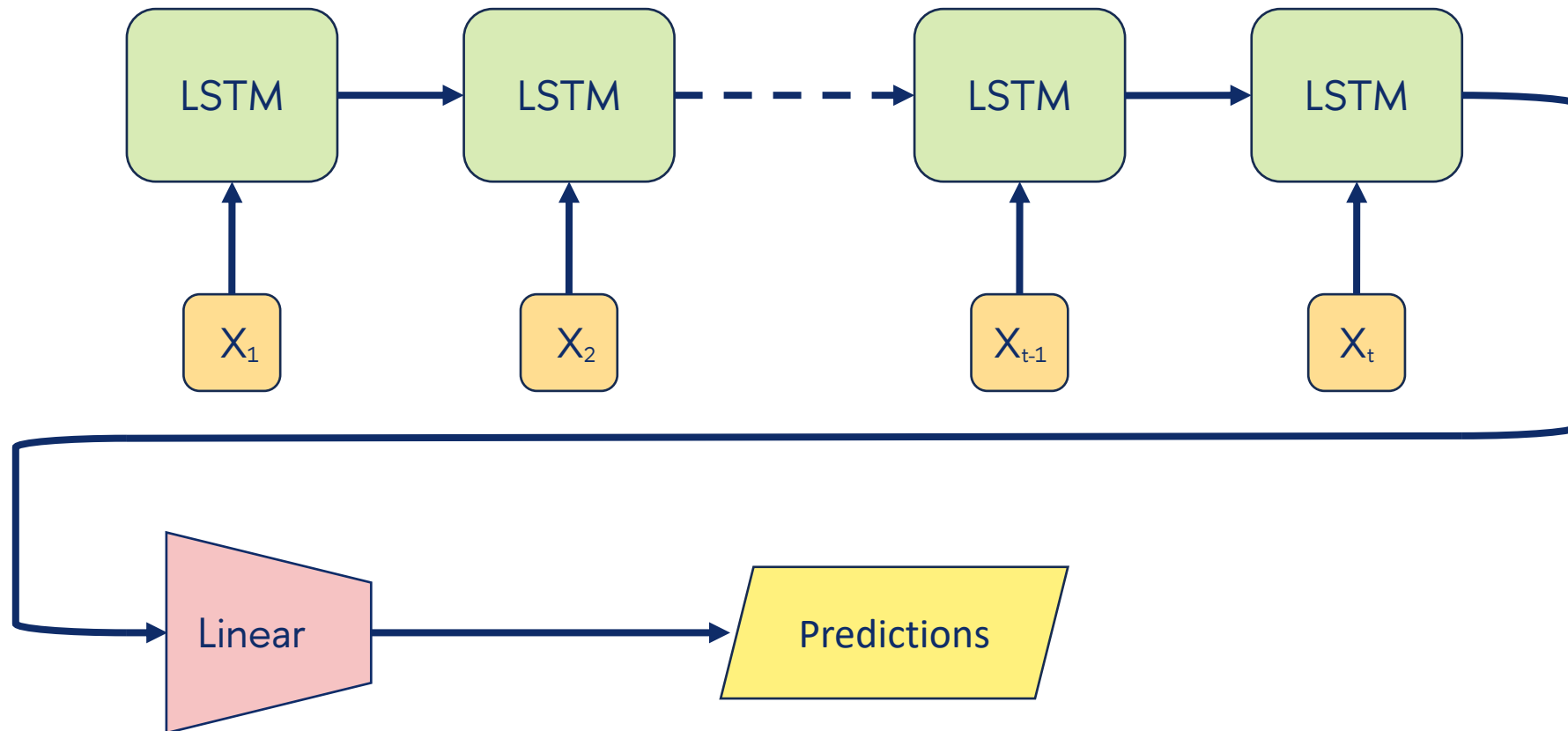
Другая часть рассматриваемой функции - обрезка ударов сердца, находящихся слишком близко или слишком далеко от края.

На графике синем изображён исходный сигнал, а жёлтым – обрезанный.





Модель LSTM





Результат

На тестовой выборке:

TP - 89.4% - вероятность верного определения аритмии, при условии её наличия.

TN - 77.2% - вероятность верного определения нормы, при условии здоровья пациента.

Accuracy – 87.8%

В процессе исследования была достигнута и большая точность (91.8% и 83.8% соответственно), но состояние модели, их показывающей, было утеряно.



Выводы

Из представленных результатов работы можно сделать вывод, что LSTM подходит для диагностирования аритмии на краткосрочных ЭКГ в 12 отведениях.

Также необходимы дальнейшие исследования для увеличения значений точности предсказаний.



Перспективы дальнейшей разработки

Использование Nadam – улучшенный метод адаптации скорости обучения модели.

Увеличение количества слоёв нейронной сети, поскольку в схожих задачах такие сети показывали высокие характеристики точности.

Поиск большего количества записей нормальных ЭКГ для более сбалансированных классов данных.



Список источников

1. Hilmy Assodiky, Iwan Syarifl, Tessy Badriyah Arrhythmia Classification Using Long Short-Term Memory with Adaptive Learning Rate // ResearchGate. - 2018. - 07. - Ст. DOI: 10.24003/emitter.v6i1.265
2. Jianwei Zheng , Hangyuan Guo , Huimin Chu A large scale 12-lead electrocardiogram database for arrhythmia study // PhysioNet URL: <https://www.physionet.org/content/ecg-arrhythmia/1.0.0/WFDBRecords/01/010/#files-panel> (дата обращения: 23.01.2024).
3. Konyagin Egor DL-EGOR // Яндекс Диск URL: <https://disk.yandex.ru/d/6BkVj6Dy5XC0PQ>. (дата обращения: 3.01.2024).
4. Phillip Lippe Tutorial 4: Optimization and Initialization // UvA Deep Learning Tutorials! URL: https://uvadlc-notebooks.readthedocs.io/en/latest/tutorial_notebooks/tutorial4/Optimization_and_Initialization.html (дата обращения: 22.04.2024).
5. Yared Daniel Daydulo, Bheema Lingaiah Thamineni, Ahmed Ali Dawud Cardiac arrhythmia detection using deep learning approach and time frequency representation of ECG signals // BMC Medical Informatics and Decision Making. - 2023. - №23. - Article number. 232.



