

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

Кафедра информационной безопасности

Мирпулатов Исломбек Пулат-угли

Воспроизведение графика ВАХ

Нейроморфные системы

Лабораторная работа 1

Москва, 2023

1 Постановка задачи

Экспериментальные данные для обучения и тестирования моделей, необходимо получить путем поточечного переноса графика экспериментальной ВАХ мемристора из [1]. Таким образом, необходимо получить 774 точки.

Необходимо программно реализовать (Python) различные математические модели ВАХ и оконные функции. Далее, с целью улучшения результатов моделирования необходимо построить комбинированную модель. Для решения уравнений, описывающих состояние мемристора с нелинейной зависимостью от напряжения использовать метод Эйлера.

Попробовать аппроксимировать данные при помощи моделей машинного обучения.

Оконные функции:

- Биолек

$$f_B(x, v) = 1 - (x - 1)^{2p}, \quad v \leq 0$$

$$f_B(x, v) = 1 - x^{2p}, \quad v > 0$$

- Модифицированный Биолек

$$f_{BM}(x, v) = 1 - (x - 1)^{2 \operatorname{round}\left(\frac{b}{|v|+c}\right)}, \quad v \leq 0$$

$$f_{BM}(x, v) = 1 - x^{2 \operatorname{round}\left(\frac{b}{|v|+c}\right)}, \quad v > 0$$

- Джоглекар

$$f_J(x) = 1 - [2x - 1]^{2p}$$

- Модифицированный Джоглекар

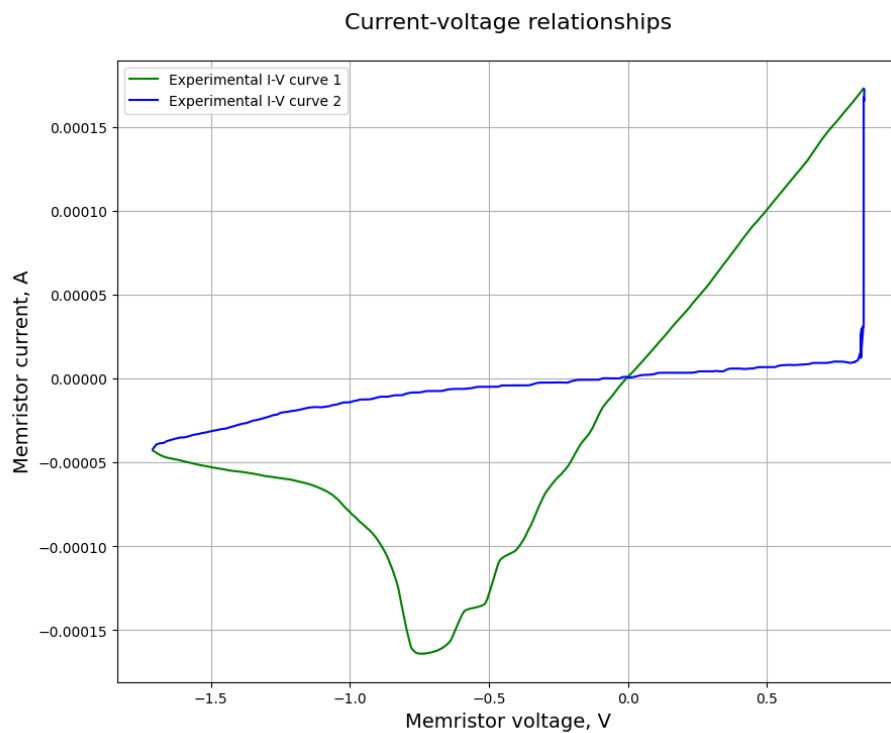
$$f_{MOD}(x) = \frac{d \times f_J(x) + g \times \sin^2(\pi x)}{d + g}$$

2 Решение

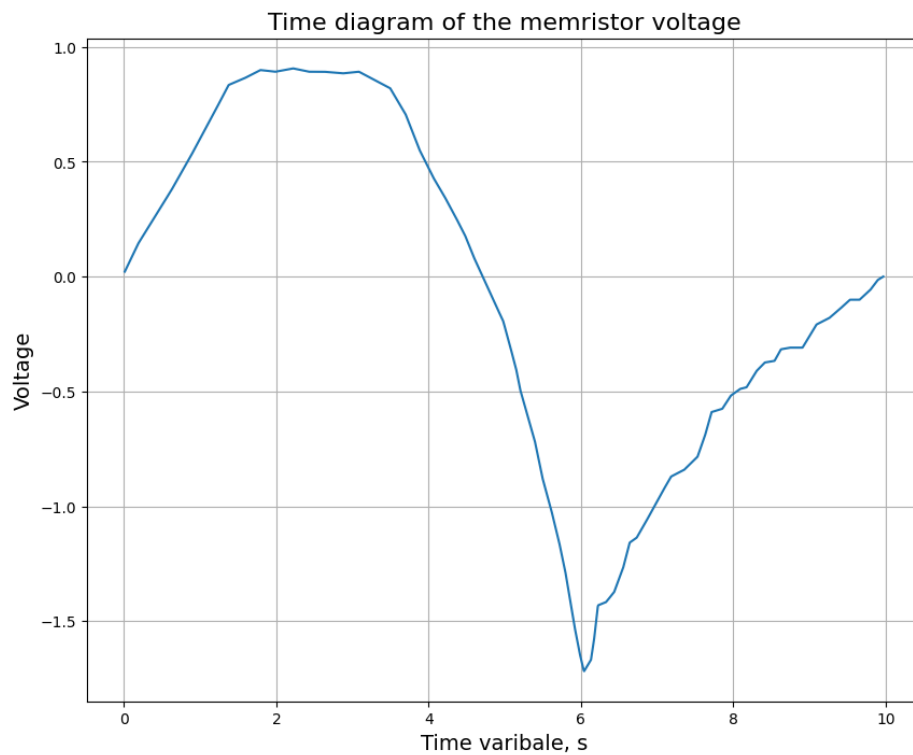
- Точки были перенесены при помощи инструмента:

<https://apps.automeris.io/wpd/>

- Было перенесено 1667 точек.
- График при этом был разделен на две части 800 и 867 точек.

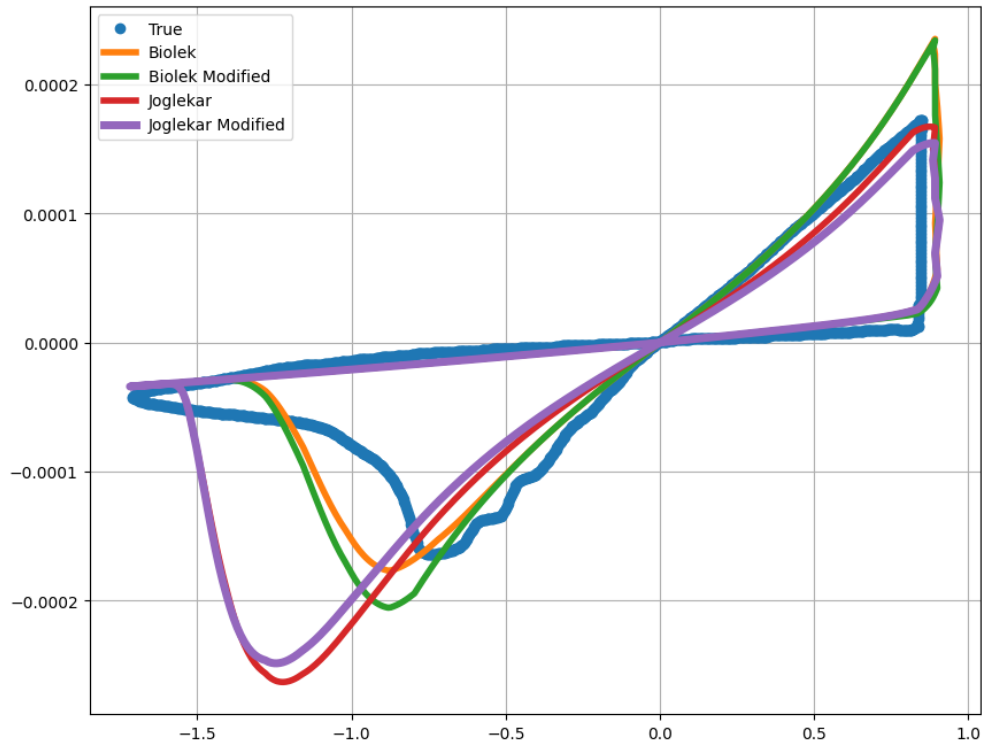


Также из [1] была получена зависимость напряжения от времени:

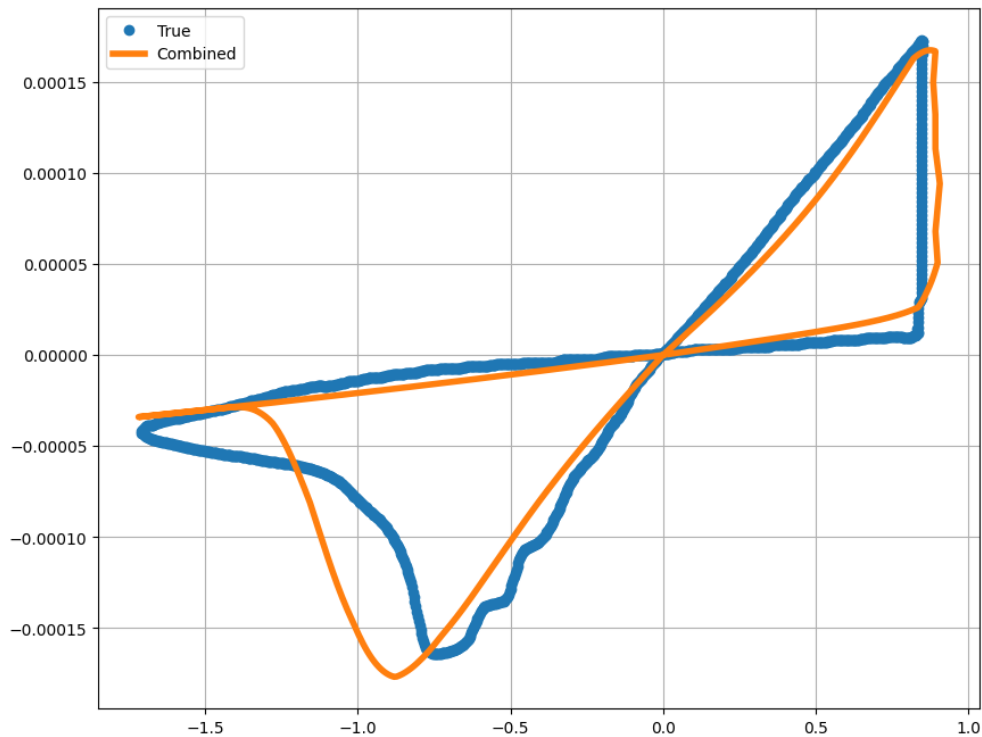


Различные функции были разделены на отдельные модули для большего удобства чтения и проверки кода на ошибки. Все параметры, используемые в коде, были взяты из [1], и были масштабированы в соответствии с использованными в [1] величинами. Значения параметра переключения x были зафиксированы в интервале $[0,1]$. В случае если x был ниже 0, его значение приравнялось к 0, если был больше 1 – приравнялся к 1.

Далее представлен график полученных моделей:

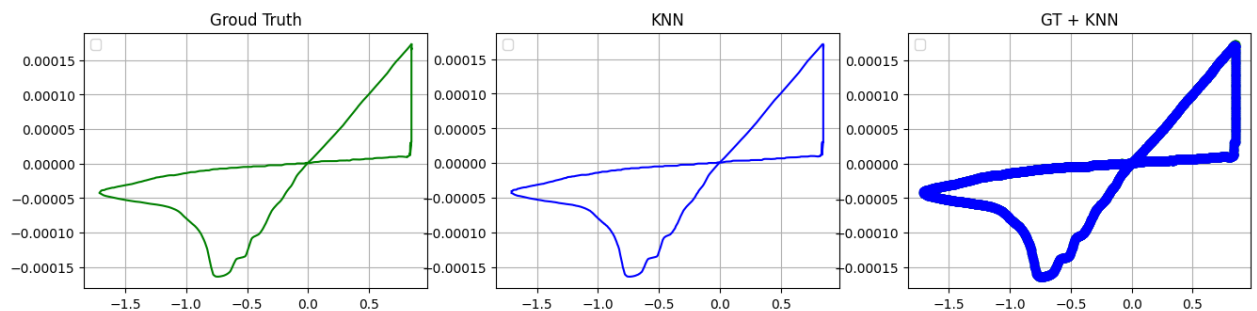


На каждом участке выбиралась модель с наиболее близкими значениями к перенесенным из [1]. Далее представлен график комбинированной модели:

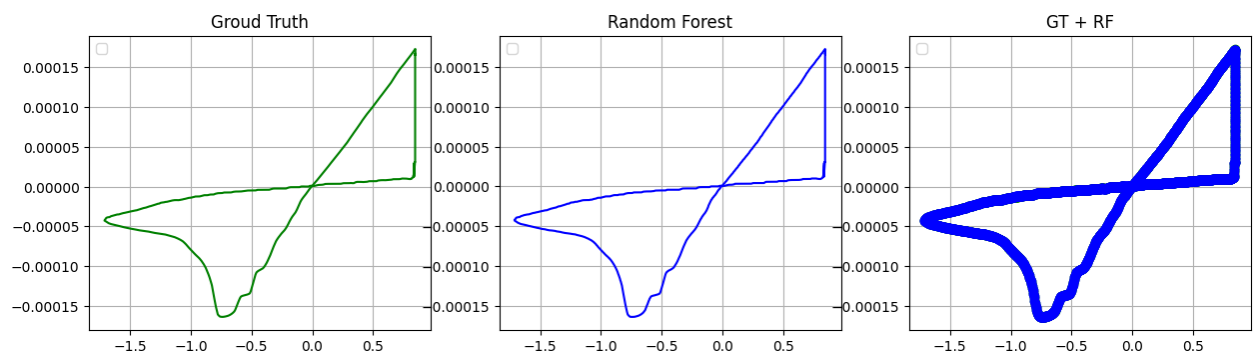


Далее представлены графики аппроксимации моделями машинного обучения:

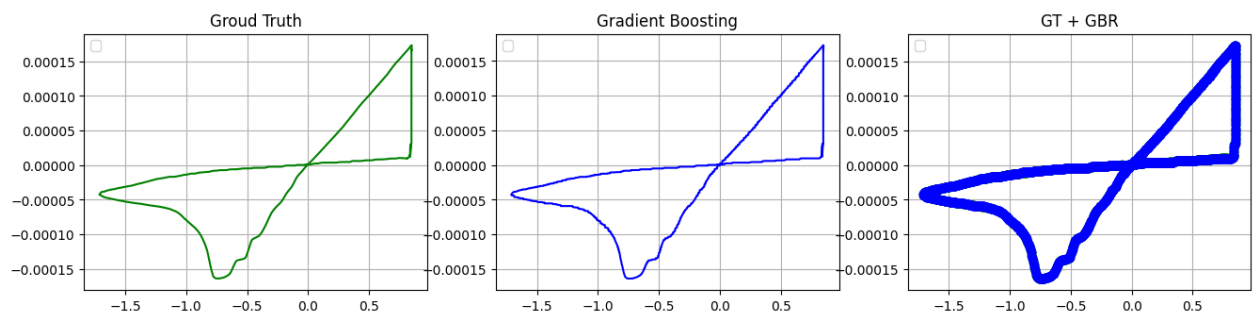
Регрессия К-ближайших соседей



Регрессия случайным лесом



Регрессия градиентным бустингом



Вывод: Очевидно, что наилучшее приближение получается при помощи моделей машинного обучения довольно внушительных размеров. А наилучшее приближение классическими методами было получено только при их комбинации.

Литература:[1] Mladenov V. Analysis of Memory Matrices with HfO2 Memristors in a PSpice Environment // Electronics, 8(4), 383, March 2019, p. 16.