

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ
по научно-исследовательской работе
Тема: Разработка нейро-нечеткой модели приборов учета
энергоресурсов

Студент гр. 8310

Михальченков К.Ю.

Руководитель

Морозов С.М.

Санкт-Петербург

2023

ЗАДАНИЕ НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ

Студент Михальченков К.Ю.

Группа 8310

Тема практики: Разработка нейро-нечеткой модели приборов учета
энергоресурсов

Задание на НИР:

1. Провести анализ ANFIS, S-ANFIS-PyTorch, AnfisTensorflow2.0
2. Провести анализ STM32CubeMX и STM32CubeMX AI

Сроки прохождения практики: 01.09.2023 – 20.12.2023

Дата сдачи отчета: 20.12.2023

Дата защиты отчета: 27.12.2023

Студент	_____	Михальченков К.Ю.
---------	-------	-------------------

Руководитель	_____	Морозов С.М.
--------------	-------	--------------

АННОТАЦИЯ

Исследование, обучение и встраивание в микроконтроллер нейро-нечеткой модели в контексте учета энергоресурсов является актуальной задачей. В данной работе исследуются и описываются доступные нейро-нечеткие модели для решения задачи учета энергоресурсов, описываются дополнительные программные средства и предполагаемый метод решения.

SUMMARY

The research, training, and embedding of a neuro-fuzzy model into a microcontroller in the context of energy resource accounting is a relevant task. This study explores and describes available neuro-fuzzy models for the energy resource accounting problem, outlines additional software tools, and proposes a potential solution method.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	5
1.	Постановка задачи	6
2.	Результаты работы в осеннем семестре	7
2.1.	План весеннего семестра	7
2.2.	Краткое описание обзора	7
2.3.	Обзор нейро-нечетких моделей	7
2.4.	Обзор STM32CubeMX и STM32CubeMX AI	8
3.	Описание предполагаемого метода решения	10
4.	План на весенний семестр	11
	Заключение	12
	Список использованных источников	13

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество сталкивается с растущим спросом на энергоресурсы, что влечет за собой необходимость эффективного и точного учета энергопотребления. В этом контексте необходимым является разработка новых методов учета и оптимизации использования энергоресурсов. Одним из перспективных направлений в этой области является применение нейронных сетей и нечеткой логики для разработки моделей, способных учесть множество факторов и прогнозировать энергопотребление с высокой точностью.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Актуальность:

В современном мире для автоматизации учета энергоносителей, а в частности электроэнергии, тепловой энергии и газовой энергии используются приборы коммерческого и промышленного учета. Их принцип работы основан на считывание различными датчиками потреблённой энергии. Улучшить точность вычислений энергоносителей можно, используя технологии искусственного интеллекта. В частности, этого можно достичь благодаря использованию нейро-нечеткой логики.

Проблема:

Современные системы сбора и учета данных о расходе энергоресурсов не обладают возможностями предсказания расходов, что должно помочь увеличить эффективность использования энергоресурсов.

Цель:

Итоговой целью данной работы является разработка нейро-нечеткой модели приборов учета энергоресурсов, которая бы позволила существенно улучшить точность и надежность учета энергопотребления на предприятиях.

Задачи:

Актуальными задачами для достижения цель являются:

- Изучение модели S-ANFIS-PyTorch, AnfisTensorflow2.0
- Изучение программных средств STM32CubeMX и STM32CubeMX AI
- Разработка и описание метода решения глобальной задачи

2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ В ОСЕННЕМ СЕМЕСТРЕ

2.1. План весеннего семестра

1. Провести анализ нейро-нечеткой аппроксимации на основе использования приборов учета
2. Изучить дополнительные фреймворки для разработки моделей
3. Составить работоспособный каркас итоговой модели

2.2. Краткое описание обзора

Задачи анализа нейро-нечеткой аппроксимации сдвинулась в сторону изучения нейро-нечетких моделей, которые будут представлять собой некий фреймворк или каркас.

Будет проведен небольшой обзор нейро-нечетких моделей – S-ANFIS, реализованной на PyTorch и Anfis, реализованной на TensorFlow2. Так же необходимо посмотреть в сторону STM32CubeMX и плагина, который переносит обученные модели в код – STM32CubeAI.

2.3. Обзор нейро-нечетких моделей

Сами по себе нейро-нечеткие системы являются объединением систем нечеткой логики и нейронных сетей. Нейронные сети выполняют аппроксимацию на основе машинного обучения, системы нечеткой логики описывают правила сами правила аппроксимации. Таким образом получается система нечеткого вывода, правила которой формируются нейронной сетью.

Первая разновидность нейро-нечетких систем называется ANFIS (адаптивная система нейро-нечеткого вывода). ANFIS обычно используется для аппроксимации сложных нелинейных функций и моделирования нечетких систем. Она обладает способностью автоматического обучения и адаптации к изменяющимся условиям.

Следующая разновидность представляет собой модель S-ANFIS (State-ANFIS), что в целом является расширением классической модели ANFIS.

Данная модель разработана на базе PyTorch, что позволяет сохранять обученные модели в файл для последующего применения. А в рамках общей задачи работы, необходимо не только получить и обучить модель, но и попробовать встроить в микроконтроллер (пусть даже и эмуляцию). Технически, S-ANFIS использует два набора входных переменных, в отличие от классической модели ANFIS, которая использует один набор, что может ограничивать возможности в рамках точности аппроксимации. В рамках репозитория проекта лежит базовая модель S-ANFIS, которая требует доработок и обучения на подготовленном датасете.

Еще одна из рассмотренных моделей – ANFIS на базе Tensorflow 2.0, но данная модель была исключена по причине ее статуса “Work in progress” на момент выбора моделей.

2.4. Обзор STM32CubeMX и STM32CubeMX AI

STM32CubeMX — это интуитивно понятная интегрированная среда разработки, предназначенная для настройки микроконтроллеров STM32 от компании STMicroelectronics и генерации начального кода для различных периферийных устройств. Программа предоставляет удобный графический интерфейс для конфигурации таких параметров, как настройка тактирования, инициализации периферийных устройств, выбора и настройки системных компонентов и т. д. STM32CubeMX позволяет существенно ускорить процесс разработки и повысить эффективность работы благодаря автоматической генерации исходного кода, который может быть использован в средах разработки, таких как Keil, IAR, или TrueSTUDIO. Результатом использования STM32CubeMX является существенное сокращение времени настройки конфигурации микроконтроллера и уменьшение времени на разработку приложений для встраиваемых систем на базе микроконтроллеров STM32.

STM32CubeMX AI – это плагин для интегрированной среды разработки STM32CubeMX, разработанный компанией STMicroelectronics для автоматизации процесса проектирования встроенных систем на

микроконтроллерах STM32. Плагин использует искусственный интеллект и машинное обучение для предсказания и оптимизации конфигурации микроконтроллера, предлагая разработчикам оптимальные настройки и параметры для их проектов. STM32CubeMX AI значительно сокращает время проектирования, повышает эффективность разработки и улучшает качество конечного продукта.

Данные программные средства позволяют загрузить полученную S-ANFIS модель во встраиваемую среду, предварительно экспортировав модель в формат ONNX.

3. ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ

Для решения задачи в первую очередь необходимо адаптировать базовую модель S-ANFIS из репозитория под задачу учета энергоресурсов. Необходимо продумать входные данные, а также протестировать как на разном количестве нечетких множеств будет вести себя точность аппроксимации.

Во вторую очередь необходимо адаптировать предоставленный датасет для обучения модели, а именно – рассмотреть его параметры и их точность. В случае необходимости обращения к эталонным данным, можно обратиться к программному обеспечению WaterStreamPro, в котором реализован расчет свойств воды, водяного пара, газов и смесей газов.

В третью очередь необходимо обучить модель на предоставленном и ранее обработанном датасете. Вероятнее всего модель будет тяжелой в процессе обучения, из-за чего имеет смысл рассмотреть возможности ускорения обучения через NVIDIA CUDA или AMD ROCm, фреймворки для параллельных вычислений на графических процессорах (GPU) для обучения нейронных сетей.

В последнюю очередь необходимо поработать с полученной моделью, которая сохранена в файл .pt(.pth) (реализация от PyTorch). Так как предполагается загрузка модели в модуль искусственного интеллекта микроконтроллера через STM32CubeMX и плагина STM32CubeMX AI необходимо преобразовать модель в формат ONNX (Open Neural Network Exchange), который уже можно пробовать импортировать в модуль микроконтроллера.

4. ПЛАН НА ВЕСЕННИЙ СЕМЕСТР

1. Адаптировать базовую модель S-ANFIS под задачу, адаптировать датасет
2. Протестировать влияние количества нечетких множеств на точность аппроксимации
3. Обучить модель, при необходимости изучить и включить в цикл обучения модели NVIDIA CUDA или AMD ROCm
4. Полученную модель перевести в формат ONNX и попробовать интегрировать в модуль ИИ микроконтроллера через STM32CubeMX

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения научно-исследовательской работы (НИР) был осуществлен пересмотр нужных фреймворков, в частности отказ от ML.NET и прочих, в связи с их ограниченными возможностями в контексте нечетной логики.

Можно отметить, что за семестр сформировался полный (вероятно, конечный) набор необходимых инструментов для реализации задачи разработки нейро-нечеткой модели учета энергоресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Морозов С. М. Нейро-нечеткие вычисления энтальпии для учета потребления тепла // Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. - 2023. - С. 35.
2. Jang J.-S. R. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1993. Vol. 23, no. 3. P. 665–685
3. Lenhard G., Maringer D. State-ANFIS: A generalized regime-switching model for financial modeling // IEEE Symp. on Computational Intelligence for Financial Engin. and Econ. (CIFEr). Helsinki, Finland, 2022. P. 1–8
4. S-ANFIS-PyTorch // GitHub URL: <https://github.com/gregorLen/S-ANFIS-PyTorch> (дата обращения: 19.12.2023).
5. STM32Cube initialization code generator // STMicroelectronics URL: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html> (дата обращения: 19.12.2023).
6. AI expansion pack for STM32CubeMX // STMicroelectronics URL: <https://www.st.com/en/embedded-software/x-cube-ai.html> (дата обращения: 19.12.2023).