

УДК 621.37.037

*Якименко И.В.
Каршибоев Ш.А.
Муртазин Э.Р.*

Джизакский политехнический институт

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ
РАДИОЧАСТОТ**

Аннотация: на протяжении многих лет подходы машинного обучения успешно применяются для решения многочисленных задач по обнаружению и классификации — от обработки изображений до разделения голоса и распознавания текста. Однако только недавно подобные методы стали применяться для обработки радиочастотных (РЧ) сигналов и электромагнитной обстановки (ЭМЭ).

Ключевые слова: машинное обучение, радиочастоты, радиоволны, спуфинг, мультисенсорные распределенные системы.

*Karshiboev Sh.A.
Murtazin E.R.*

Jizzakh Polytechnic Institute

SPECIALIZED MACHINE LEARNING FOR RADIO FREQUENCIES

Abstract: Over the years, machine learning approaches have been successfully applied to solve numerous detection and classification problems - from image processing to voice separation and text recognition. However, only recently have similar techniques been applied to radio frequency (RF) signal processing and the electromagnetic environment (EME).

Keywords: machine learning, radio frequencies, radio waves, spoofing, multi-sensor distributed systems

Разработка новых технологий для автоматизированной обработки и анализа радиочастотных данных в режиме реального времени требует специальных знаний, которые охватывают множество организаций и дисциплин [1]. Эта специальная группа по интересам нацелена на создание сообщества машинного обучения (ML) для исследователей радиочастот и проведение серии тематических семинаров, посвященных приложениям и проблемам в этой области.

Стремление к распределенной обработке в режиме реального времени на периферии с меньшим участием человека подталкивает решения к использованию встроенного аппаратного и программного обеспечения. Гибридные вычислительные архитектуры и программно-определяемые радиостанции для приложений машинного обучения быстро развивают области технологий от встроенного управления до автономности и искусственного интеллекта (ИИ) [2]. Тесная связь между аппаратным и программным обеспечением в радиочастотной области и использование специализированных ускорителей глубокого обучения должны быть использованы для удовлетворения будущих требований к поиску и передаче данных, а также соображений SWAP [3]. Для обнаружения сигнала желательно скорректировать количество вложенной энергии, чтобы сделать его пропорциональным уровню интереса к конкретному сигналу, и мы будем стремиться как можно раньше определить, представляет ли сигнал интерес. Многоцелевые радиочастотные датчики с возможностью машинного обучения с использованием встроенного аппаратного и программного обеспечения будут использоваться для обнаружения радиочастотных сигналов, включая Wi-Fi, Bluetooth и сотовую связь, чтобы использовать на порядок больше скорости по сравнению с традиционными методами [4].

В случае нескольких датчиков мы будем стремиться контролировать и адаптировать энергопотребление, параметры и точность каждого датчика, чтобы оптимизировать использование доступной мощности. Появятся возможности для совместного проектирования датчиков, предварительной обработки и нейронных сетей. Мы начинаем видеть, как фреймворки, предназначенные для генерации эффективных ускорителей нейронных сетей, выполняют автоматический перенос архитектур машинного обучения на FPGA. Это имеет множество применений, в частности, для улучшения ситуационной осведомленности [5]. Начинают изучаться стратегии раннего выхода из логического вывода на разных этапах сетевой архитектуры. Внутрисетевые вычисления используются для разгрузки стандартных приложений на сетевые устройства с целью увеличения пропускной способности за счет обработки данных по мере их прохождения по сети. Внутрисетевая обработка данных на беспроводных сенсорных узлах может использоваться для сбора данных в нескольких распределенных источниках и их агрегирования на пути к конечному пункту назначения [6,7]. Существует большой потенциал использования машинного обучения для агрегации данных, оптимизации и распределения ресурсов. Динамическая адаптация аппаратного обеспечения уже позволяет обновлять спутники на орбите и частично перенастраивать их. Автономные беспилотные транспортные средства потребуют автоматического обновления алгоритмов встроенного оборудования в соответствии с изменениями в окружающей среде, кроссплатформенными модификациями и технологическими достижениями, часто на устаревшем оборудовании.

Разработка эффективных решений машинного обучения на небольших платформах требует сокращения моделей, динамического сжатия, компактных представлений и дистилляции знаний с использованием таких

методов, как отсечение сетей, повышение производительности в режимах с более низкой точностью, уменьшение размерности и представления разреженных слоев [8,9]. Мы должны хорошо понимать, когда решения COT подходят для использования по назначению, а когда нам требуется специализированное оборудование. Существует ряд вариантов того, какую обработку следует выполнять в аппаратном обеспечении, что делать в программном обеспечении, где выполнять вычисления на периферии, а когда возвращаться в облако. Ответы на некоторые из этих вопросов во многих случаях тесно связаны с требованиями к безопасности и анонимизации данных [10,11].

Машинное обучение для радиочастот охватывает широкий диапазон масштабов с точки зрения расстояний, частот и областей применения. Небольшие пассивные системы используются для мониторинга здоровья, а в мире COVID и за его пределами беспроводные технологии Интернета вещей доминируют в нашей повседневной домашней жизни. Специалисты по радиотехнической разведке, радиоэлектронной борьбе и связи все чаще сталкиваются с необходимостью разработки новых подходов к автоматизации обнаружения, классификации и идентификации сигналов, от аналитики городского масштаба до перехвата сигналов в более крупном масштабе на бортовых платформах для ситуационной осведомленности [12,13]. В масштабе наблюдения Земли используется Интерферометрический радар с синтезированной апертурой (InSAR) для автоматического извлечения признаков разницы фаз между спутниками. Он используется для обнаружения землетрясений, мониторинга оседания и отслеживания потоков льда для мониторинга последствий изменения климата. Все эти процессы охватывают диапазон частот от колебаний в масштабе атома до размеров футбольного поля [14,15,16]. Наша способность успешно разворачивать

алгоритмы машинного обучения в таком широком диапазоне масштабов зависит от нашей способности успешно адаптировать решения к конкретным предметным приложениям.

Использованные источники:

1. Mustofoqulov, J. A., & Bobonov, D. T. L. (2021). “MAPLE” DA SO’NUVCHI ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNING MATEMATIK TAHLILI. *Academic research in educational sciences*, 2(10), 374-379.

2. Mustofoqulov, J. A., Hamzaev, A. I., & Suyarova, M. X. (2021). RLC ZANJIRINING MATEMATIK MODELI VA UNI “MULTISIM” DA HISOBLASH. *Academic research in educational sciences*, 2(11), 1615-1621.

3. Иняминов, Ю. А., Хамзаев, А. И. У., & Абдиев, Х. Э. У. (2021). Передающее устройство асинхронно-циклической системы. *Scientific progress*, 2(6), 204-207.

4. Каршибоев, Ш. А., Муртазин, Э. Р., & Файзуллаев, М. (2023). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ. *Экономика и социум*, (4-1 (107)), 678-681.

5. Мулданов, Ф. Р., Умаров, Б. К. У., & Бобонов, Д. Т. (2022). РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЙ, АЛГОРИТМА И ЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 13-16.

6. Мулданов, Ф. Р., & Иняминов, Й. О. (2023). МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ РОБОТА-АНАЛИЗАТОРА В ВИДЕОТЕХНОЛОГИЯХ. *Экономика и социум*, (3-2 (106)), 793-798.

7. Ирисбоев, Ф. Б., Эшонкулов, А. А. У., & Исломов, М. Х. У. (2022). ПОКАЗАТЕЛИ МНОГОКАСКАДНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 5-8.

8. Zhabbor, M., Matluba, S., & Farrukh, Y. (2022). STAGES OF DESIGNING A TWO-CASCADE AMPLIFIER CIRCUIT IN THE “MULTISIM” PROGRAMM. *Universum: технические науки*, (11-8 (104)), 43-47.

9. Каршибоев, Ш. А., & Муртазин, Э. Р. (2021). Изменения в цифровой коммуникации во время глобальной пандемии COVID-19. *Молодой ученый*, (21), 90-92.

10. Каршибоев, Ш., & Муртазин, Э. Р. (2022). ТИПЫ РАДИОАНТЕНН. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 9-12.

11. Омонов С.Р., & Ирисбоев Ф.М. (2023). АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ЭМС НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ R&S ELEKTRA. *Экономика и социум*, (5-1 (108)), 670-677.

12. Саттаров Сергей Абудиевич, & Омонов Сардор Рахмонкул Угли (2022). ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА FPC1500. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 17-20.

13. Абдиев, Х., Умаров, Б., & Тоштемиров, Д. (2021). Структура и принципы солнечных коллекторов. In *НАУКА И СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ* (pp. 9-13).

14. Раббимов, Э. А., & Иняминов, Ю. О. (2022). ВЛИЯНИЕ ОКИСНОЙ ПЛЕНКИ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ РАСПЫЛЕНИЯ КРЕМНИЯ. *Universum: технические науки*, (11-6 (104)), 25-27.

15. Mustafaqulov, A. A., Sattarov, S. A., & Adilov, N. H. (2002). Structure and properties of crystals of the quartz which has been growth up on neutron irradiated seeds. In *Abstracts of 2. Eurasian Conference on Nuclear Science and its Application*.

16. Раббимов, Э. А., Жўраева, Н. М., & Ахмаджонова, У. Т. (2020). Влияние окисной пленки на коэффициенты распыления кремния. *Экономика и социум*, (6-2 (73)), 187-189.