

УДК 004.89

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ У МІКРОКОНТРОЛЕРАХ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

Куцик В.В. – гр. БКІ-23, бакалавр, kucykviktor8@gmail.com

Федоренко О.О. – асистент, fedorenko300864@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну

Актуальність теми. Розвиток вбудованих систем та штучного інтелекту (ШІ) привів до активного впровадження нейронних мереж у малопотужні пристрої, зокрема мікроконтролери. Це дозволяє реалізовувати розпізнавання образів без підключення до хмарних сервісів, що забезпечує автономність, зниження затримок та підвищення рівня безпеки даних.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка, оптимізація та аналіз ефективності використання нейромереж у мікроконтролерах для розпізнавання образів. Це включає:

1. Дослідження сучасних методів машинного навчання, придатних для впровадження у малопотужні пристрої.
2. Аналіз різних архітектур мікроконтролерів і їхніх можливостей для глибокого навчання.
3. Розробку та тестування оптимізованих нейромережевих моделей для виконання розпізнавання образів у реальному часі.
4. Визначення сфер застосування таких технологій, зокрема в Інтернеті речей (IoT), автоматизації, системах безпеки тощо.
5. Оцінку продуктивності, енергоефективності та обмежень мікроконтролерних систем, що працюють із нейромережами.

Основні положення. Архітектура нейромереж у мікроконтролерах: використання легковагових моделей (MobileNet, TinyML, TensorFlow Lite). Порівняння різних платформ (ESP32, STM32, Raspberry Pi).

Методи оптимізації. Квантування та зменшення розмірності моделей.

Використання спеціалізованих акселераторів, таких як Google Edge TPU та ARM Cortex-M.

Сфери застосування. Інтелектуальні камери та системи відеоспостереження, біометричні системи автентифікації, моніторинг об'єктів у промислових системах.

Виклики та обмеження. Обмежена обчислювальна потужність та енергоефективність. Використання ефективних алгоритмів передобробки зображень. Проблеми з точністю через обмежену ємність пам'яті.

Висновки. Впровадження нейромереж у мікроконтролери є перспективним напрямом розвитку автономних інтелектуальних систем. Завдяки сучасним методам оптимізації (квантуванню, компресії моделей, використанню апаратних прискорювачів) стало можливим запускати нейронні мережі навіть на пристроях із низькою обчислювальною потужністю. Розпізнавання образів на мікроконтролерах відкриває нові можливості у сфері IoT. Зокрема, це стосується інтелектуальних систем спостереження, розпізнавання облич, контролю якості на виробництві, біометричних систем доступу, смарт-камер і носимих пристроїв. Оптимізація моделей має ключове значення для продуктивності. Використання TensorFlow Lite, MobileNet, та спеціалізованих нейронних процесорів (Google Edge TPU, ARM Cortex-M) дозволяє значно зменшити енергоспоживання та прискорити обчислення.

Основні виклики включають обмежену продуктивність і пам'ять мікроконтролерів. Для ефективної роботи нейромереж потрібно адаптувати алгоритми та архітектуру моделей, а також використовувати комбіновані методи зменшення розміру моделі без значного зниження точності. Майбутні дослідження мають бути спрямовані на покращення ефективності та інтеграцію нових технологій. Подальший розвиток спеціалізованих мікросхем (нейроморфних процесорів), удосконалення алгоритмів компресії та розширення сфери застосування автономних нейромереж можуть значно покращити якість та доступність технологій.

Л і т е р а т у р а

1. Глебов, О. В., & Шиманська, В. П. (2022). Застосування нейромережевих технологій у вбудованих системах на базі STM32. Вісник Технічного Університету.
2. Мартинюк, І. М. (2021). Інтелектуальні системи обробки інформації в мікроконтролерах: сучасні підходи та перспективи. Науковий журнал "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія".
3. TinyML Talks: Enabling on-device learning on STM32 microcontrollers: Відео-презентація про навчання нейромереж безпосередньо на пристроях з мікроконтролерами STM32.
4. Шаруєв Р. Д., Попович П. В. (2023). Порівняння ефективності нейронної мережі для розпізнавання зображень на мікроконтролерах. Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Мікро- та нанoeлектроніка, 29(2).