

УДК 621.391:004.056.523

ПОБУДОВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА БАЗІ ESP32-CAM

Легезін К.О.

e-mail: kyryl.lehezin@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н, проф. Зубков О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

The work shows the need to recognize different classes of moving objects in security systems. The hardware capabilities of ESP32-Cam modules for embedding image recognition algorithms in the video stream from the camera are analyzed. The TensorFlow Lite neural network has been implemented in the ESP32-Cam for recognizing people.

Необхідність захисту інформації, людей і їх майна потребує розробки систем безпеки, що відповідають можливостям сучасних технологій та науковим досягненням людства. Однією з ключових технологій, що використовуються в таких системах, є розпізнавання об'єктів на відеозображеннях із камер спостереження. Актуальність цієї теми зумовлена низкою факторів, які роблять впровадження та розвиток таких технологій не лише необхідним, а й неминучим кроком у сфері забезпечення безпеки [1].

Зростання урбанізації ускладнює міську інфраструктуру та підвищує ризик злочинності. Камери спостереження стали невід'ємною частиною міського середовища, однак їх ефективність залежить від здатності швидко й точно розпізнавати загрози. Традиційні методи моніторингу мають обмеження через людський фактор. Автоматизація із застосуванням штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) покращує швидкість і точність виявлення порушників [2].

Сучасні алгоритми МН перевершують людину у точності й швидкості аналізу відео, дозволяючи не лише виявляти загрози, а й прогнозувати їх. Класичні системи безпеки часто неефективні через реагування на тварин, рух гілок чи комах. Комп'ютерний зір розпізнає об'єкти точніше, зосереджуючись на русі людини, однак його висока вартість обмежує масове застосування.

Світовий ринок мікропроцесорів пропонує велику кількість доступних рішень, які дозволяють реалізувати алгоритми розпізнавання порушників за зображенням з відеокамер. Одним із таких пристроїв є WiFi-модуль ESP32-CAM із підключеною камерою, вартість якого стартує від 7\$ разом із простою модифікацією камери [3]. Для цього модуля існують готові програмні рішення для розпізнавання людини на зображенні, проте їх ефективність не була достатньо досліджена [4,5].

Тому метою досліджень стало вивчення застосовності модуля ESP32-CAM у системах безпеки для розпізнавання людей на зображенні з відео-

камери. Модуль ESP32-CAM повинен функціонувати автономно: зчитувати зображення з камери, виявляти людей і надсилати інформацію власнику приміщення у разі виявлення людини.

Модулі ESP32-CAM мають вбудований 32-розрядний двоядерний контролер із тактовою частотою 240 МГц. Стандартна модифікація ESP32-CAM оснащена 520 кБ ОЗП та 4 МБ flash-пам'яті. Потенційно контролер підтримує до 8 МБ ОЗП.

До модуля можна підключати різні камери: OV7670 (роздільна здатність 0.3MP), OV5640 (роздільна здатність 5MP).

Для зберігання зображення шириною w пікселів і висотою h пікселів необхідний обсяг ОЗП V байт:

$$V=3 \cdot w \cdot h$$

де коефіцієнт 3 вказує, що для збереження кольорових складових кожного пікселя потрібно 3 байти.

У нейронних мережах для ефективного розпізнавання об'єктів використовують три основні типи шарів: згорткові (виконують згортку із сукупністю ядер k), шари проріджування (операції MaxPool або AvgPool), повнозв'язні шари (містять велику кількість вагових коефіцієнтів).

Наш досвід створення клієнтських HTTP-застосунків показує, що в результаті компіляції проєкту на реалізацію операційної системи та веб-додаток використовується приблизно 270кБ. Однак для обробки зображень із роздільною здатністю 0.3MP, згортки з 6 ядрами, операції MaxPool та зберігання ваг нейронної мережі потрібно приблизно 7 МБ ОЗП. Це доводить, що ресурси ESP32-CAM є недостатніми для повноцінної обробки зображень.

Для ESP32-CAM існує два основних підходи до вбудовування нейронних мереж:

TensorFlow.js – зображення передається в браузер, де здійснюється розпізнавання.

TensorFlow Lite – спрощена нейронна мережа, що працює автономно на пристрої.

TensorFlow Lite потребує близько 250 кБ ОЗП, обробляє зображення у градаціях сірого з роздільною здатністю 96×96 пікселів і дозволяє розпізнавати до 1000 класів об'єктів, включаючи людину.

В проведених експериментах була використана камера OV2640 з кутом огляду 66°. Її встановили на висоті 1,5 м у приміщенні довжиною 5 м. Оцінювалось значення імовірності вірного розпізнавання при різних відстанях між людиною та камерою. Результати дослідження представлені на рисунку 1 у вигляді залежності імовірності вірного розпізнавання від відносного розміру людини у відеокадрах.

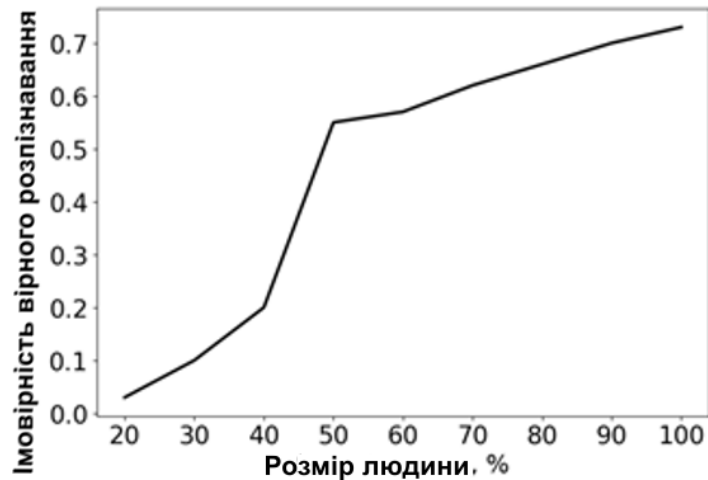


Рисунок 1. – Залежність імовірності вірного розпізнавання від розміру людини відносно розміру зображення

Висновки. Випробування показали гарні результати коли зображення людини представляє з себе великий об'єкт. Точність розпізнавання значно знижується, якщо людина займає менше 50% висоти кадру. Популярні модулі ESP32-CAM дозволяють отримувати зображення та передавати відео-потік, але їх обмежений обсяг пам'яті не дозволяє обробляти зображення з високою роздільною здатністю. Технологія TensorFlow Lite дає змогу працювати з 96×96 пікселями, що знижує точність розпізнавання на 12-50% відносно інших повноцінних архітектур нейронних мереж.

Список використаних джерел:

1. Doohan N.V., Kadam S., Phursule R., Wadne V.S., Junnarkar A. Implementation of AI based Safety and Security System Integration for Smart City. Vol.10, Iss.3, 2022. pp.518-522
2. Raghupathy R., Akash M., Dinesh K. C., Hariharan N. Real Time Security System using Yolo Technology. International Journal of Innovative// Technology and Exploring Engineering. 2022. Vol. 11, Iss. 8. pp. 9-13
3. Salikhov R.B., Abdrakhmanov V.Kh., Safargalin I.N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM// Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2096. International Conference on Automatics and Energy (ICAE 2021). doi:10.1088/1742-6596/2096/1/012109
4. Kashyap A., Srivastava H., Yadav D., Nishad A., Verma S., Shahi A. Object Detection Using Tensorflow Lite// International Journal of Research Publication and Reviews. 2023. Vol. 4. No. 5. PP 3093-3097
5. Gerard, C. Practical Machine Learning in JavaScript. Apress, Apress:Berkeley, CA. 2021. 374p. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6418-8_2