

УДК 621.397.43:004.056

СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ З ФУНКЦІЄЮ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НА ПЛАТФОРМІ RASPBERRY PI

Козирєва А.В.

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

email: alina.kozyrieva@nure.ua

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

The paper substantiates the relevance of introducing object recognition algorithms in security systems. A security system has been developed based on Raspberry Pi4 with built-in YOLOv10n architecture for human recognition. A study was carried out of recognition performance, the probabilities of correct and false recognition at different illumination levels. The efficiency of the designed system is proven and practical recommendations for choosing the input image resolution are given.

Останніми роками системи домашньої безпеки стали невід'ємною частиною повсякденного життя, забезпечуючи захист житла, майна та мешканців. Стандартна реалізація таких систем передбачає використання відеокамер для огляду зони спостереження, датчиків руху, накопичувачів інформації. Але без операторів спостереження неможлива ідентифікація загроз. Швидкий розвиток алгоритмів та методів штучного інтелекту дозволяє перейти на новий рівень розвитку систем безпеки, завдяки розпізнаванню людей [1], тварин та ідентифікації мешканців будинку. Це дозволяє створювати комплексні сценарії автоматизації, безпеки, підвищення комфорту, економії енергії. Основною проблемою при вбудованні алгоритмами розпізнавання різних класів об'єктів є складність цих алгоритмів та вимоги до апаратних платформ. Фактично ці алгоритми потребують використання персональних комп'ютерів з потужними GPU для обробки зображень відеокамер в реальному часі. Тому актуальна задача створення програмно-апаратних рішень та спрощених алгоритмів комп'ютерного зору, що можуть функціонувати на більш простих апаратних платформах, які менше коштують, споживають небагато енергії і, при цьому, не дуже сильно поступаються за характеристиками більш складним алгоритмам. Все це робить такі рішення конкурентно здатними на сучасному ринку систем безпеки.

Raspberry Pi є однією з найпопулярніших і доступних апаратних платформ за високою продуктивністю, компактними розмірами і низьким [2]. На даний момент на ринку одноплатні ПК Raspberry Pi представлені трьома основними моделями: 3B+, 4B і 5, вартістю від 42\$ до 116\$ і об'ємом оперативної пам'яті від 1ГБ до 8 ГБ, з 4-ядерними процесорами із тактовими частотами від 1.4 ГГц до 2.4 ГГц. Починаючи з версії 4B, є можливість підключення апаратних прискорювачів обчислень, наприклад, Google

Coral.

Для реалізації системи та досліджень було обрано Raspberry Pi 4B з обсягом оперативної пам'яті 2 ГБ та модулем камери нічного бачення IR-CUT Camera 5MP OV5647, що підключається через інтерфейс CSI. Для тестування також було використано стандартну Full HD IP-камеру IENUO Dome WiFi Camera із вбудованим сервером RTSP для передачі відеопотоку через WiFi. Однак постійна обробка зображень з усіх камер значно навантажує Raspberry Pi, тому до системи було додано датчики руху TuYa WiFi PIR Motion Sensor, який також передає дані через WiFi. При виявленні руху виконувався аналіз зображення з камери протягом 5 секунд. Структура створеної системи представлена на рисунку 1.

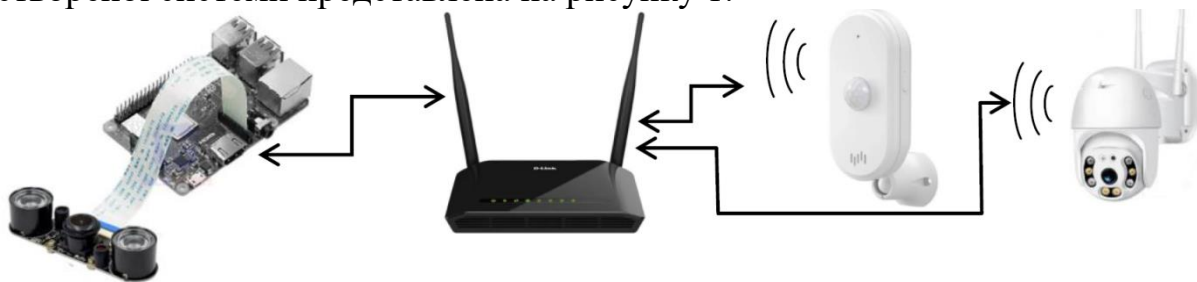


Рисунок – Функціональна схема системи безпеки на базі Raspberry Pi

Сучасні алгоритми комп'ютерного зору використовують згорткові мережі глибокого навчання для класифікації зображень і визначення місцезнаходження знайденого об'єкта на зображенні. Виділяють три основні групи таких алгоритмів: двопрхідні (RCNN, Fast RCNN, Faster RCNN), які виконують класифікацію та локалізацію об'єкта у два етапи обробки [3], однопрхідні, такі як SSD і YOLO [4], що забезпечують вищу швидкодію завдяки одночасному виконанню класифікації та локалізації. Найвищу швидкість при незначному погіршенні точності розпізнавання забезпечує алгоритм YOLO. Для дослідження було обрано версію YOLOv10n цього алгоритму, оскільки вона має на 25% менше параметрів, ніж будь-яка з попередніх версій, а також на 46% менші затримки і точність розпізнавання 89%.

Для проведення досліджень на Raspberry Pi було встановлено бібліотеки: ultralytics, OpenCV, PiCamera2, Flask. Бібліотека PiCamera2 забезпечує захват зображення з камери через інтерфейс CSI, OpenCV забезпечує захват зображень із RTSP-сервера IP-камери. За допомогою бібліотеки вебсервера Flask вирішуються одразу дві задачі: прийом інформації від датчиків руху, а також реалізація вебсервера з трансляцією відеозображення з камер. Крім того, безпосередньо до Raspberry Pi було підключено цифровий датчик вимірювання освітленості BH1750FVI для оцінки рівня освітленості під час відеозйомки у денний, вечірній та нічний час.

Основними вимірюваними параметрами були: час, необхідний для розпізнавання одного зображення, ймовірність правильного розпізнавання.

При розмірі вхідного зображення 320 пікселів час обробки одного кадру становив 320 мс, при розмірі 640 пікселів – 975 мс. Результати вимірювань імовірності вірного розпізнавання людини наведені у таблиці 1. При цьому значення хибного розпізнавання становило приблизно 0.006.

Таблиця 1 – Імовірності вірного розпізнавання людини

Інтенсивність освітлення	Імовірність вірного розпізнавання	
	Розмір зображення 320 пікселів	Розмір зображення 640 пікселів
2000	0.94	0.97
500	0.9	0.92
100	0.7	0.77
17	0.3	0.41

Висновки. Архітектура YOLOv10n забезпечує високу достовірність виявлення людини за відеопотоком – до 0.97 у денний час та не нижче 0,7 в умовах інфрачервоного підсвічування. Швидкість обробки зображень становить 3 кадри/с при роздільній здатності 320 пікселів. Збільшення розміру вхідного зображення до 640 пікселів дозволяє підвищити ймовірність розпізнавання на 11%. Особливо цей ефект помітний при низькій освітленості, що пояснюється збереженням більшої кількості деталей в зображенні. Однак збільшення розміру зображення вдвічі призводить до триразового зниження швидкості обробки кадрів. Тому використання високої роздільної здатності без апаратних прискорювачів недоцільне. Запропонована конфігурація мережі камер показала високу ефективність роботи та швидкодію.

Список використаних джерел:

1. Taiwo O. and others. Enhanced Intelligent Smart Home Control and Security System Based on Deep Learning Model. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Vol. 2022, 2022. pp.1-22
2. Al-Rawi M., Abdulhamid M.. Design of Security System Based on Raspberry-PI. *Scientific Bulletin of the Electrical Engineering Faculty*. No.2. 2019. pp. 56-61
3. Hassam T., Muhammad S. K., Muhammad O. T. Performance Analysis and Comparison of Faster R-CNN, Mask R-CNN and ResNet50 for the Detection and Counting of Vehicles. 2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems, Greater Noida, India, 19-20 February 2021. Piscataway, NJ: IEEE, 2021. P. 587–594.
4. Muhammad H. YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection. *Machines*. 2023. Vol. 11, Issue. 7. P. 1–25.