

УДК 621.38:004.93

РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТА СТЕЖЕННЯ НА БАЗІ ПОВОРОТНОЇ ПЛАТФОРМИ

Зіновєєв Я.-Д. І., Бібічков І. Є.

e-mail: yan-daniil.zinovieiev@nure.ua, ihor.bibichkov@nure.ua

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

This work is devoted to the development of an automatic detection and tracking system based on a rotating platform. The main implementation is a civil defense system, but it has also been tested in military scenarios, for automatic guidance of a kamikaze drone. The developed system uses a camera as the main sensor for detecting and tracking objects. TensorFlow Lite for object recognition on mobile systems, OpenCV for working with video and tracking, as well as an author's image stabilization algorithm are used for video stream processing.

Автоматичні системи виявлення та стеження широко використовуються в різних сферах, включаючи відеоспостереження, системи безпеки, військові технології та робототехніку. Вони забезпечують підвищену точність, швидкість реагування та автономність у процесах моніторингу та аналізу навколишнього середовища. У цій роботі представлено розробку такої системи на базі поворотної платформи, що працює із застосуванням комп'ютерного зору та алгоритмів машинного навчання. Основною метою є створення цивільної системи захисту, призначеної для автоматичного моніторингу простору, виявлення та стеження за об'єктами, що можуть становити загрозу або потребують уваги. Важливим аспектом є забезпечення безперервного моніторингу у реальному часі, зберігаючи високу ефективність навіть у складних умовах. Завдяки використанню різних алгоритмів та технологій, система здатна адаптуватися до змін навколишнього середовища, підвищуючи точність і надійність своєї роботи. Це дозволяє значно покращити роботу в умовах низької видимості, при динамічних змінах середовища та різних рівнях освітлення. Розробка також передбачає можливість інтеграції із зовнішніми системами для підвищення рівня безпеки та спрощення користувацького інтерфейсу. Задача автоматичного моніторингу та стеження за об'єктами, що потребують уваги, є важливим елементом в сучасних системах безпеки, і ця технологія має великий потенціал для покращення ефективності захисту у різних сферах діяльності.

У сенсорному модулі використовується лише камера, яка забезпечує відеопотік для аналізу. На поточному етапі застосовується камера з роздільною здатністю Full HD, що дозволяє отримувати чітке зображення в умовах середнього освітлення. В даній реалізації простір, який охоплює камера, розглядається як плоский дискретний кадр, а не як розгорнута півсфера. Це, звичайно, є причиною того, що неможливо буде реалізувати

наведення з точністю до пікселя, але в даній конструкції цього більш ніж достатньо. У майбутньому можливе додавання додаткових сенсорів, таких як гіроскопи та акселерометри для покращення стабільності зображення, а також тепловізійних камер для роботи в умовах низької видимості або повної темряви. Додатково розглядається можливість застосування спектрального аналізу зображення для підвищення точності розпізнавання у складних середовищах, таких як туман, дощ або сніг.

Обчислювальний модуль відповідає за обробку даних та прийняття рішень. Основна обробка виконується на зовнішньому комп'ютері, що дозволяє застосовувати складні алгоритми глибокого навчання. Використовуються нейронні мережі, зокрема YOLOv5 у форматі .tflite розмірності uint8 для розпізнавання об'єктів на мобільному обладнанні [1], а також алгоритм KCF (Kernelized Correlation Filters) для трекінгу об'єктів, базуючись на їх масках [2]. Формат саме uint8 обраний для того, щоб забезпечити можливість запуску на нейросопроцесорі у майбутньому (хоча формат float16 є й більш точним). Система є універсальною з точки зору об'єктів детекції. Розглядається можливість використання інших трекінг-алгоритмів, таких як SORT або DeepSORT, які покращують точність стеження за об'єктами при складних траєкторіях руху.

Поворотна платформа реалізована на базі мікроконтролера Arduino та двох сервоприводів, що забезпечують обертання на 270° у кожній осі. Вибір саме такого підходу обумовлений простотою реалізації, низькою вартістю та наявністю великої кількості бібліотек для роботи з сервоприводами. У якості альтернативи можна обрати готову платформу DART imx8m PLUS, що зможе забезпечити роботу без зовнішнього обчислювального модуля за рахунок наявності NPU ядер, хоча і має лише статичку вбудовану камеру. Додатково розглядається можливість використання безщіткових двигунів для підвищення швидкості реагування. Іншим напрямом вдосконалення є реалізація активної стабілізації платформи, що дозволить усунути ефект коливань під час роботи.

Алгоритмічне забезпечення включає TensorFlow Lite для розпізнавання об'єктів та забезпечення можливості запуску на мобільних пристроях [1], OpenCV для роботи з відео та трекінгом [2], а також власний алгоритм стабілізації, що компенсує вібрації та незначні зміщення камери. Система підтримує можливість доопрацювання алгоритмів шляхом використання більш глибоких моделей, що може суттєво підвищити точність розпізнавання. Досліджується можливість реалізації багатокамерного підходу для покращення виявлення та розширення зони спостереження.

Комунікація на поточному етапі система працює у дротовому режимі через USB-інтерфейс, проте розглядається можливість інтеграції бездротових технологій (Wi-Fi, Bluetooth) для забезпечення автономності роботи. Крім того, можливе впровадження підключення через 5G або LoRa

для передачі даних на великі відстані. Розширення функціоналу може включати хмарну обробку даних та створення централізованої системи керування на основі IoT.

Система отримує відеопотік із камери, після чого алгоритми комп'ютерного зору аналізують зображення, виявляючи ціль. Після розпізнавання об'єкта активується механізм стеження, що дозволяє підтримувати його у полі зору камери. Використання TensorFlow Lite забезпечує швидку обробку даних навіть на малопотужних пристроях, а OpenCV дозволяє здійснювати ефективний трекінг у режимі реального часу. Оптимізація алгоритмів передбачала зменшення затримки обробки кадру до 50 мс, що дозволяє досягти частоти оновлення в 20 FPS. Також було використано попередню калібровку параметрів камери для покращення стабільності роботи системи. Запровадження додаткових оптимізацій, таких як використання апаратних прискорювачів обробки нейронних мереж, може дозволити ще більше зменшити затримку. Під час експериментальних досліджень було отримано такі результати: точність розпізнавання досягла 89% при використанні YOLOv5 у форматі .tflite розмірності uint8; точність стеження визначена ефективністю трекінгу при русі об'єкта зі швидкістю до 2 м/с склала 93%; затримка реакції платформи є середнім часом реакції системи на рух об'єкта – 150 мс; стабільність платформи обумовлена алгоритмом стабілізації, що дозволяє зменшити амплітуду вібрацій, що забезпечує чітке зображення навіть при динамічному русі.

Система орієнтована на використання в цивільних цілях – відеоспостереження за громадськими просторами; автоматизація контролю доступу; моніторинг промислових об'єктів, але може бути адаптована й для військового застосування. Досліджена можливість додавання функцій прогнозування траєкторії руху об'єкта. Розширення можливостей системи можливе за рахунок застосування більш продуктивних нейронних мереж; перенесення всього функціоналу на вбудовану платформу з автономним живленням; використання багатокамерних систем для 360-градусного огляду; додавання WEB інтерфейсу [3].

Список використаних джерел:

1. LiteRT overview | Google AI Edge | Google AI for Developers. Google AI for Developers. URL: <https://www.tensorflow.org/lite> (date of access: 02.03.2025).
2. OpenCV documentation index. OpenCV documentation index. URL: <https://docs.opencv.org> (date of access: 02.03.2025).
3. Bibichkov I., Sokol V., Shevchenko O. Ontological approach to development of web-content generation method. Technology audit and production reserves. 2019. Vol. 5, no. 2(49). P. 4–10. URL: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183201> (date of access: 03.03.2025).