

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ КУРЦІВ У ПОТОКОВОМУ ВІДЕО З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розроблено інформаційну систему для виявлення курців у режимі реального часу на основі аналізу потокового відео. Для навчання моделі створено спеціалізований датасет на платформі Roboflow. Проведено експерименти з використанням моделей YOLO та Roboflow. Найефективнішу модель було інтегровано у мобільний додаток, реалізований мовою Kotlin. Система дозволяє автоматично виявляти випадки куріння у громадських місцях, що може використовуватись у цілях громадського контролю та безпеки.

Ключові слова: виявлення курців, комп'ютерний зір, потокове відео, YOLO, Roboflow, Kotlin, мобільний додаток.

Abstract

An information system for real-time smoker detection from streaming video was developed. A specialized dataset was created on the Roboflow platform, and multiple object detection models, including YOLO and Roboflow, were evaluated. The best-performing model was integrated into a mobile application developed in Kotlin. The system enables automated identification of smoking events in public spaces and can be used for public safety and surveillance purposes.

Keywords: smoker detection, computer vision, video stream, YOLO, Roboflow, Kotlin, mobile application

Вступ

Проблема контролю за курінням у громадських місцях є актуальною як з точки зору охорони здоров'я, так і з міркувань безпеки. Застосування технологій комп'ютерного зору, зокрема нейронних мереж, відкриває нові можливості для автоматичного виявлення таких порушень у відеопотоках. Завдяки розвитку мобільних технологій та ефективних моделей виявлення об'єктів, стало можливим створення портативної системи для виявлення курців у реальному часі.

Результати дослідження

Проблема куріння в заборонених місцях залишається актуальною у багатьох країнах, зокрема в Україні. Порушення норм щодо куріння на зупинках, у закладах освіти, охорони здоров'я та громадських просторах не лише впливає на здоров'я оточуючих, а й ускладнює роботу контролюючих органів. Існуючі системи відеоспостереження, зазвичай, виконують функцію фіксації порушень, однак не мають автоматизованих засобів для виявлення конкретних типів поведінки, як-от акт куріння. Це вимагає постійного залучення персоналу для перегляду відео, що є неефективним і затратним.

У цьому контексті розробка інформаційної системи виявлення курців у потоковому відео з використанням нейромережових моделей виявлення об'єктів є сучасним, інноваційним підходом до автоматизації моніторингу громадських просторів. Система дозволяє виявляти факт куріння безпосередньо під час відеотрансляції, використовуючи методи комп'ютерного зору та попередньо натреновані глибинні моделі об'єктної детекції. Реалізована система працює на основі згорткової нейронної мережі YOLO (You Only Look Once) восьмої версії, яка була попередньо навчена на спеціалізованому датасеті із зображеннями курців. Відеопотік з камери смартфона передається в реальному часі, де кожен кадр аналізується локально на пристрої. У разі виявлення об'єктів, пов'язаних із курінням (цигарка, людина), система фіксує подію, виводить візуальну підказку на екран та за потреби зберігає скріншот.

Ключові переваги системи:

- Автономність: не потребує підключення до серверів — обробка здійснюється локально;
- Мобільність: реалізована як Android-додаток, що працює на більшості сучасних смартфонів;
- Швидкодія: завдяки використанню моделей формату ONNX/TFLite, забезпечено стабільний FPS навіть на середньопродуктивних пристроях;
- Адаптивність: можливість навчання системи на нові патерни поведінки або інші об'єкти.

Таким чином, розроблена система є перспективною платформою для моніторингу дотримання громадських правил і може бути масштабована під інші соціально важливі сценарії — виявлення агресивної поведінки, розпізнавання підозрілих предметів тощо.

Системна архітектура та технології

Для створення інформаційної системи виявлення курців у потоковому відео було обрано технології, орієнтовані на ефективну роботу на мобільних пристроях з операційною системою Android. Основною вимогою було забезпечення локального функціонування без потреби в серверному середовищі, стабільного відеопотоку та можливості інтеграції попередньо натренованої нейромережі без втрати продуктивності.

Клієнтська частина (мобільний застосунок)

Основа реалізації клієнтської частини становить мобільний додаток для Android, створений з використанням таких компонентів:

- **Android Studio + Kotlin** — основне середовище та мова розробки, які забезпечують зручну інтеграцію із системними можливостями Android-пристрою та підтримку сучасних бібліотек.
- **CameraX API** — використовується для доступу до камери пристрою, що дозволяє отримувати відеопотік у режимі реального часу з урахуванням повороту екрана, автофокусу та інших параметрів.
- **TensorFlow Lite (TFLite)** — забезпечує виконання нейромережевої моделі YOLOv8 прямо на Android-пристрої. Модель конвертована у формат .tflite та інтегрована в застосунок для детекції об'єктів (людина, сигарета, рід-система) на кадрах відео.
- **Bitmap API** — для попередньої обробки зображень (масштабування, конвертація у тензори), які подаються на вхід моделі.
- **SurfaceView** — для візуалізації результатів детекції на екрані пристрою у вигляді графічних прямокутників (bounding boxes) та підписів до виявлених об'єктів.

Додатково було реалізовано такі можливості:

- Локальне збереження скріншотів при спрацюванні детектора;
- Журнал подій (event log) — у вигляді простого файлового логування;
- Можливість генерації PDF-звітів на основі збережених кадрів (опційно);
- **MJPEG**-стрім через **HTTP**-сервер — для доступу до відео з браузера (альтернативний режим перегляду).

Побудова та підбір моделі

У межах реалізації системи детекції куріння на основі глибинного навчання особливу увагу було приділено етапу формування датасету та вибору архітектури нейронної мережі, здатної забезпечити як високу точність, так і стабільну продуктивність на мобільних пристроях.

Для навчання моделі було створено кастомний датасет, зібраний на платформі Roboflow. Зображення вибірково відбиралися з різних публічних датасетів, що містили приклади людей із сигаретами та нейтральними сцени. Анутовання виконувалося вручну, що дозволило забезпечити високу точність розмітки класів: cigarette, person.

На першому етапі використано полегшену модифікацію YOLOv5 — YOLOv5m, адаптовану для мобільних пристроїв. Модель показала задовільні результати на етапі валідації:

- **mAP@0.5 (bbox): 0,716**
- **mAP@0.5–0.95 (bbox): 0,486**
- **Precision: 0,892**
- **Recall: 0,613**

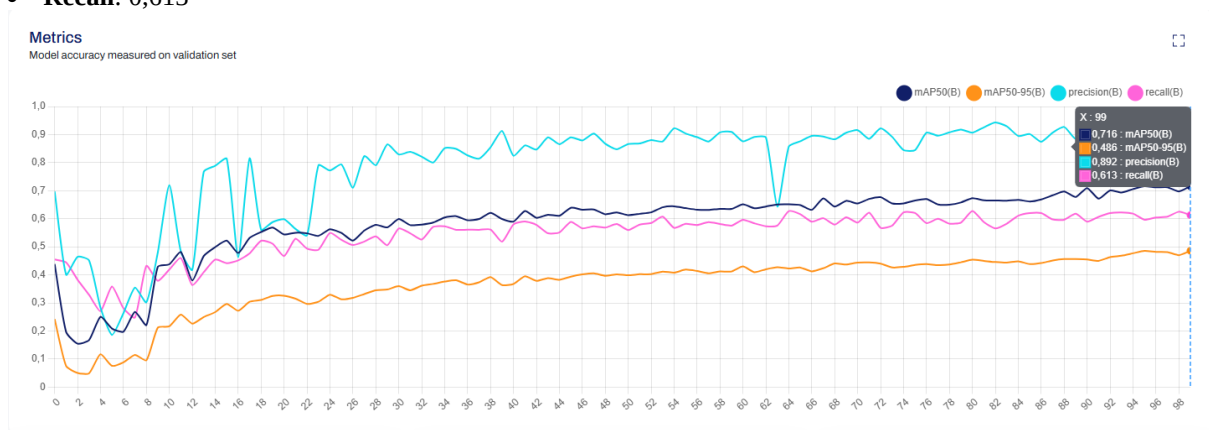


Рис. 1 Метрики YOLOv5m моделі

У подальшій роботі було здійснено перехід на більш сучасну архітектуру YOLOv8s. Ця модель має низку переваг:

- Використання нових блоків C2f та удосконаленого head'a для детекції
- Покращена генералізація на складних фонах
- Оптимізація для експорту в ONNX / TFLite формати

Результати цієї моделі після навчання:

- **mAP@0.5 (bbox): 0,904**
- **mAP@0.5–0.95 (bbox): 0,620**
- **Precision: 0,877**
- **Recall: 0,820**

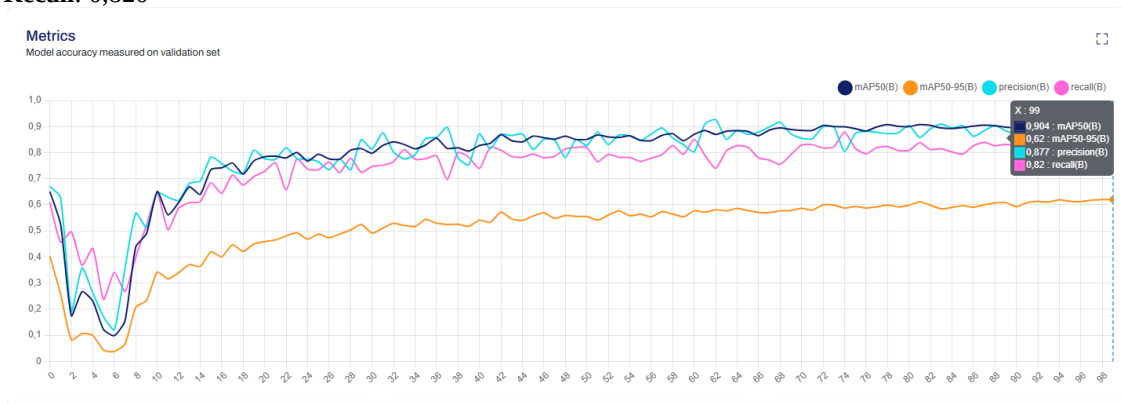


Рис. 2 Метрики YOLOv8s моделі

Таким чином, перехід на модель YOLOv8s дозволив суттєво підвищити точність виявлення куріння, зменшити кількість хибних спрацьовувань і забезпечити стабільну роботу навіть в умовах зі складним фоном або слабким освітленням. Навчання моделі проводилось у середовищі Kaggle Notebooks, що дало змогу безкоштовно використовувати GPU-потужності для ефективного тренування. Для реалізації самого процесу навчання застосовувалась бібліотека Ultralytics (ultralytics), яка забезпечує простий та зручний інтерфейс для ініціалізації моделі, підготовки датасету, запуску тренування, моніторингу метрик та експорту результатів у формати ONNX та TFLite.

Алгоритм роботи з застосунком

Після запуску мобільного застосунку на Android-пристрої система автоматично активує камеру та розпочинає відеопотік у реальному часі з обробкою кожного кадру за допомогою нейронної мережі. На головному екрані користувач бачить стрім із камери, підсвічування виявлених об'єктів (bounding boxes), журнал подій із таймштампами та елементи керування: запуск/зупинка стріму, збереження скріншоту й формування звіту. У разі виявлення куріння система виділяє об'єкт на відео, зберігає кадр, реєструє подію у лог-файлі та, за потреби, виводить сповіщення у браузері через локальний сервер.

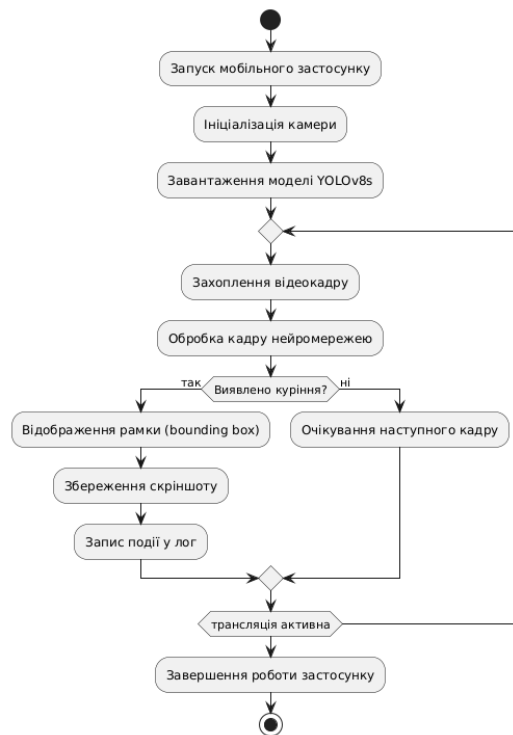


Рис. 3 Структура роботи застосунку

Висновки

Проектування інформаційної системи є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності моніторингу громадських просторів та виявлення порушень, пов'язаних із курінням у заборонених місцях. Реалізація такої системи з використанням мобільних технологій та неймережевих моделей виявлення об'єктів дозволяє автоматизувати процес відеоспостереження без залучення людського ресурсу. Використання сучасних інструментів, таких як Android Studio, CameraX, ONNX Runtime або TensorFlow Lite, забезпечує високу продуктивність навіть на мобільних пристроях. Це дозволяє застосовувати систему у реальному часі без потреби у підключенні до серверів або хмарних сервісів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ultralytics YOLOv8 Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.ultralytics.com/modes/train/#multi-gpu-training>
2. TensorFlow Lite Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ai.google.dev/edge/litert/models/convert_pytorch
3. Android Developers – CameraX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.android.com/media/camera/camerax?authuser=1>
4. Ultralytics Python Package [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pypi.org/project/ultralytics/>
5. Android Developers – Kotlin Language Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.android.com/kotlin/>
6. Reis, D., Kupec, J., Hong, J., & Daoudi, A. (2023). Real-Time Flying Object Detection with YOLOv8: <https://arxiv.org/abs/2305.09972>

Знаміровський Артем Русланович – студент групи 2ІСТ-21б, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Лосенко Арсен Володимирович – PhD, асистент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Znamirovskiy Artem R. – student of group 2IST-21b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Losenko Arsen V. – PhD, assistant of the Department of System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.