

К.Ю. Островська, Е.Х. Петросян

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ДЕТЕКТУВАННЯ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ МІСТА

Анотація. В роботі проведено опис предметної галузі, а саме опис методів машинного навчання та нейронної мережі, а також завдання класифікації. Крім вищепереліченого було проведено огляд наукової літератури та аналогів та опис сімейства нейромережових моделей YOLOv7.

Описано архітектуру нейромережової моделі YOLOV7, її основні частини та їх призначення. Було описано набір даних для навчання та тестування моделі, описано веб-додаток «RoboFlow», в якому виконувалася розмітка зображень. Також було описано алгоритм Deep SORT для відстеження об'єктів у часі.

Реалізовано нейромережну модель для детектування та трекінгу електросамокатів у транспортному потоці. Модель була навчена на зібраному наборі даних. Також було реалізовано веб-додаток для демонстрації роботи нейромережової моделі. Веб-додаток повністю відповідає функціональним та нефункціональним вимогам.

Проведено тестування нейронної мережі, тестування проводилося на різних моделях YOLOV7, найкращий результат показала модель YOLOV7-wb. Також було проведено функціональне тестування веб-програми. Було проведено автоматизоване тестування веб-застосування за допомогою інструменту suppress, веб-додаток було протестовано за допомогою двох видів тестування, компонентного та E2E.

Ключові слова: машинне навчання, YOLOV, тестування, трекінг, електросамокат, deep sort, детекція, веб-додаток.

Вступ. Управління дорожнім рухом вимагає інформації про його стан, виражений параметрами, вимірними за допомогою датчиків. Сукупність значень параметрів як системи детектування транспортних потоків необхідна гнучкого регулювання, розрахунку чи автоматичного вибору програми управління дорожнім рухом.

У сучасному світі використання електросамокатів стало дуже популярним, проте це викликає занепокоєння щодо безпеки інших учасників дорожнього руху. Детектування та відстеження водіїв електросамокатів у транспортному потоці є важливим завданням. Це дозволить у майбутньому збільшити безпеку на дорогах та тротуарах.

Метою роботи є розробка нейромережової моделі детектування та відстеження електросамокатів у транспортному потоці міста.

Для реалізації веб-додатку для детектування та трекінгу водіїв електросамокатів на зображенні або відео були використані мови програмування Python, який використо-

вувався для реалізації нейронної мережі та серверної частини, та TypeScript, який використовувався для реалізації клієнтської частини. Для написання коду використовувалися IDE PyCharm Community Edition та Visual Studio Code.

Основна частина. Особливість сімейства моделей YOLO полягає в тому, що вона застосовує згорткові нейронні мережі на зображення лише один раз на відміну від аналогів.

YOLOv7 перевершує всі відомі детектори об'єктів як за швидкістю, так і за точністю в діапазоні від 5 до 160 кадрів в секунду і має найвищу точність 56,8% AP серед усіх відомих детекторів об'єктів реального часу з частотою 30 кадрів в секунду.

Нейромережева модель YOLOv7 реалізована за допомогою PyTorch.

Архітектура нейромережевої моделі YOLOv7 складається з 3 основних компонентів backbone, neck та head.

Архітектура YOLOv7 представлена на рисунку 1

Backbone. Ця частина архітектури відповідає за початкову підготовку даних для подальшої роботи нейронної мережі. Вхідні зображення проходять через згорткові шари, які відповідають за вилучення ознак із зображень, також зображення проходять через шари пулінгу, які призначені для вирішення проблеми фіксованого розміру карти ознаки. Це дозволяє усунути втрати низькорівневих ознак ранньому етапі.

Neck. Ця частина архітектури відповідає за об'єднання карт ознак, отриманих із попереднього шару.

Head. Ця частина архітектури представлена у вигляді повнозв'язкової нейронної мережі, що складається з трьох шарів.

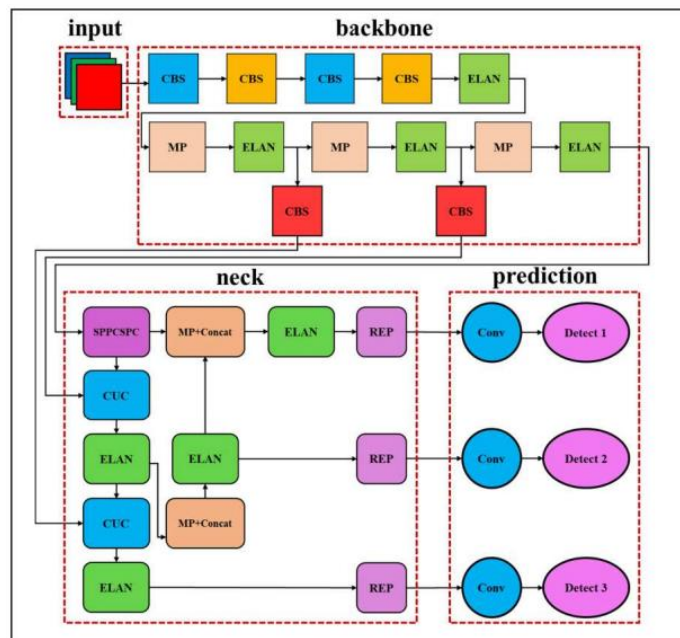


Рисунок 1 – Архітектура нейромережевої моделі YOLOv7

Набір даних. Для навчання та тестування моделі нейронної мережі використовувався набір даних IUPUI-CSRC E-Scooter Rider який містить 10 749 зображень водіїв електросамокатів та 10 705 зображень не водіїв електросамокатів та набір даних

Occluded E-Scooter Rider Detection Dataset загорджених водіїв електросамокатів Приклади зображень із наборів даних представлені на рисунках 2–3.



Рисунок 2 – Приклад зображення з набору даних



Рисунок 3 – Другий приклад зображення з набору даних

Алгоритм відстеження. Після процесу детектування об'єктів за допомогою нейромережевої моделі YOLOV7 необхідно відстежувати об'єкт. Для вирішення задачі відстеження використано алгоритм глибокого сортування (Deep SORT algorithm). Цей алгоритм – це модифікація алгоритму SORT (Simple Online and Realtime Tracking). Алгоритм Deep SORT починає свою роботу з детектування об'єкта за допомогою нейронних мереж для детектування таких як сімейство моделей YOLO або інших. Алгоритм Deep SORT, як і алгоритм SORT містить фільтр Калмана, який необхідний для прогнозування об'єкта на основі таких параметрів як швидкість, позиція і прискорення, завдяки чому фільтр Калмана передбачає становище об'єкта у поточному кадрі.

Діаграма варіантів використання представлена на рисунку 4.

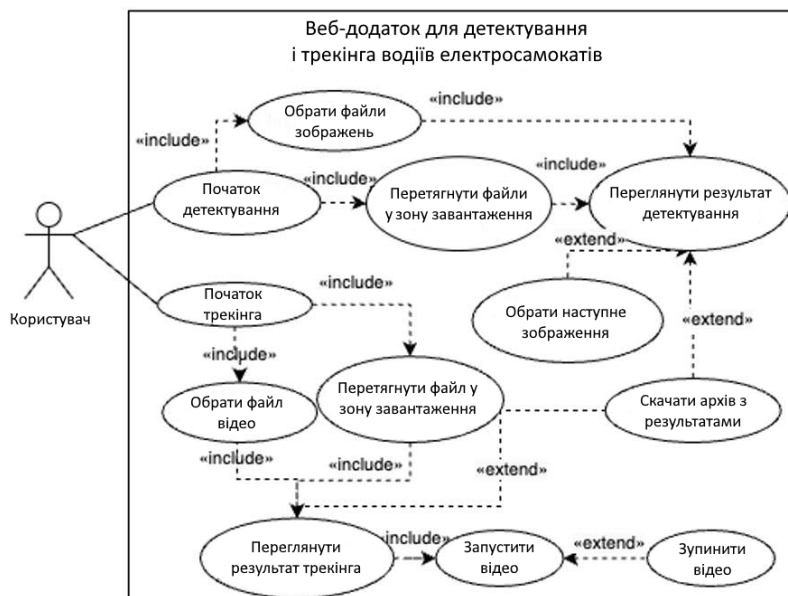


Рисунок 4 – Діаграма варіантів використання

Реалізація та навчання нейромережевої моделі YOLOv7. Для навчання нейромережевої моделі було зібрано набір даних з 3600 зображень і поділений на навчальну (2520 зображень), валідаційну (720 зображень) і тестову (360 зображень) вибірку у співвідношенні 70/20/10.

Навчання нейронної мережі проводилося на хмарній платформі Google Colaborator та GPU Nvidia Tesla T4. Навчання проводилося на 50 епохах, навчання зайняло 3 години.

У ході навчання зберігалися графіки метрик та функції втрат для навчальної та тестової вибірки набору даних. Графіки метрики навчання представлено на рисунку 5.

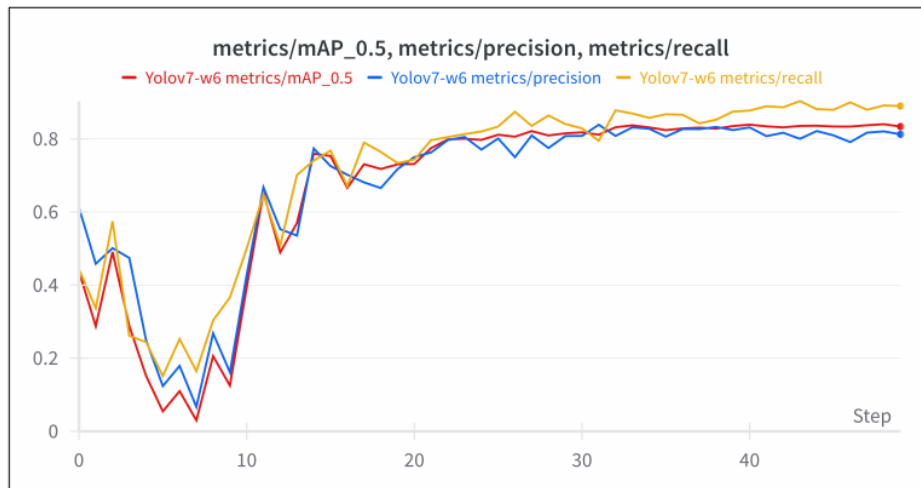


Рисунок 5 - Графік метрик навчання

В результаті навчання різних моделей найкращий результат показала модель yolov7-w6, а саме метрика mAP 84,03%, метрика recall 88,89% і метрика precision 81,26%.

В результаті навчання різних моделей найкращий результат показала модель yolov7-w6, а саме метрика mAP 84,03%, метрика recall 88,89% і метрика precision 81,26% (рисунок 6).

Кількість епох	Модель		
	YOLOv7	YOLOv7x	YOLOv7-w6
Метрика mAP			
15	54,52%	66,06%	75,32%
30	73,6%	76,02%	81,79%
50	79,72%	81,17%	84,03%
Метрика recall			
15	62,95%	65,92%	76,78%
30	72,15%	78,13%	82,88%
50	81,17%	82,88%	88,89%
Метрика precision			
15	55,69%	67,77%	72,57%
30	71,74%	74,76%	80,81%
50	78,64%	79,01%	81,25%

Рисунок 6 – Експерименти з навчанням

Серверна частина веб-програми була написана мовою Python і фреймворком FastApi.

У серверній частині програми є методи API для взаємодії з клієнтською частиною:

- (POST) /images/detect
- (GET) /images/download-zip
- (POST) /video/track
- (GET) /video/download-zip

Клієнтська частина веб-програми була написана мовою Typescript та фреймворком Nest.js. Користувачеві є дві сторінки, одна сторінка для детектування, а інша для трекінгу. Зовнішній вигляд сторінки детектування представлено на рисунку 7.

Якщо користувач завантажив усі файли правильного формату, то після успішної обробки він побачить інтерфейс для перегляду оброблених зображень з результатами детектування, який представлений на рисунку 8.



Рисунок 7 – Сторінка детектування, інтерфейс завантаження

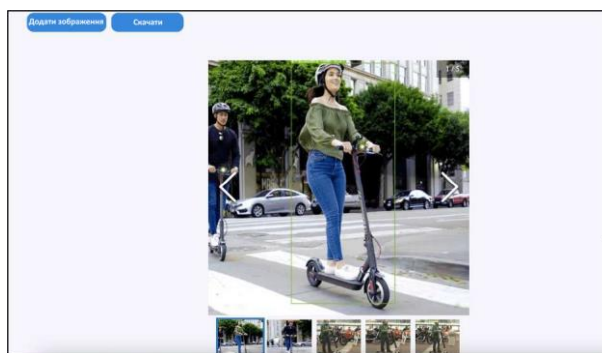


Рисунок 8 – Інтерфейс перегляду оброблених зображень

В інтерфейсі перегляду обробленого відео користувач може переглянути результат трекінгу на відео. Також у користувача з'являється меню дій, за допомогою якого він може завантажити zip архів з результатом або завантажити нове відео для обробки.

Висновки. Згідно з метою даної роботи була розроблена нейромережева модель для розпізнавання та відстеження електросамокатів у транспортному потоці.

Для покращення роботи нейромережевої моделі можна зробити такі дії: збільшити набір даних, додати більше різноманітності даних, донавчити нейромережну модель, змінити топологи моделі, спробувати підібрати параметри, з якими модель видасть кращі результати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вьюгін В.В. Математичні основи теорії машинного навчання та прогнозування. // К.: 2013. - 387 с.
2. Барський А.Б. Нейронні мережі: розпізнавання, керування, прийняття рішень. // К.: Фінанси та статистика, 2004. - 176 с.
3. Воронін В.В. Теорія та практика машинного навчання: навчальне посібник. / В.В. Вороніна, А.В. Міхєєв, Н.Г. Ярушкіна, К.В. Святков // До, 2017. - 290 с.

4. Gawande U., Hajari K., Golhar Y. Real-time deep learning approach для pedestrian detection i suspicious activity recognition. // Procedia Computer Science, 2023. - Т. 218 - С. 2438-2447.
5. Tang F., Yang F., Tian X. Long-distance person detection based on Yolov7. // Electronics, 2023. - Т. 12, № 6. - С. 1502-1516.
6. Wang C.-Y., Bochkovskiy A., Liao H.-Y. M. YOLOV7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors.// 2022 -15 с.

REFERENCES

1. Viuhin V.V. Matematychni osnovy teorii mashynnoho navchannia ta prohnozuvannia. // K.: 2013. - 387 s.
2. Barskyi A.B. Neironni merezhi: rozpiznavannia, keruvannia, pryiniattia rishen. // K.: Finansy ta statystyka, 2004. - 176 s.
3. Voronin V.V. Teoriia ta praktyka mashynnoho navchannia: navchalne posibnyk. / V.V. Voronina, A.V. Mikhieiev, N.H. Yarushkina, K.V. Sviatov // Do, 2017. - 290 s.
4. Gawande U., Hajari K., Golhar Y. Real-time deep learning approach для pedestrian detection i suspicious activity recognition. // Procedia Computer Science, 2023. - Т. 218 - С. 2438-2447.
5. Tang F., Yang F., Tian X. Long-distance person detection based on Yolov7. // Electronics, 2023. - Т. 12, № 6. - С. 1502-1516.
6. Wang C.-Y., Bochkovskiy A., Liao H.-Y. M. YOLOV7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors.// 2022 -15 с.

Received 14.01.2025.
Accepted 17.01.2025.

Neural network model of detection and tracking in the city traffic

The paper describes the subject area, namely the description of machine learning methods and neural networks, as well as the classification task. In addition to the above, a review of scientific literature and analogues and a description of the YOLOv7 family of neural network models were conducted.

The architecture of the YOLOV7 neural network model, its main parts and their purpose were described. The dataset for training and testing the model was described, the web application "RoboFlow" was described, in which image marking was performed. The Deep SORT algorithm for tracking objects in time was also described.

A neural network model for detecting and tracking electric scooters in the traffic flow was implemented. The model was trained on the collected dataset. A web application was also implemented to demonstrate the operation of the neural network model. The web application fully meets the functional and non-functional requirements.

Neural network testing was carried out, testing was carried out on different YOLOV7 models, the best result was shown by the YOLOV7-w6 model. Functional testing of the web program was also carried out. Automated testing of the web application was carried out using the cypress tool, the web application was tested using two types of testing, component and E2E.

According to the purpose of this work, a neural network model was developed for recognizing and tracking electric scooters in traffic.

To improve the performance of the neural network model, the following actions can be taken: increase the data set, add more data diversity, train the neural network model, change the model topologies, try to choose parameters with which the model will give the best results.

Keywords: machine learning, YOLOV, testing, tracking, electric scooter, deep sort, detection, web application.

Островська Катерина Юріївна – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій і систем ННІ «ДМетІ» УДУНТ.

Петросян Едгар Хачатурович - магістр кафедри Інформаційних технологій і систем ННІ «ДМетІ» УДУНТ.

Ostrovska Kateryna – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Systems of the Scientific Research Institute "DMetI" UDUNT.

Petrosyan Edgar - Master of the Department of Information Technologies and Systems of the Scientific Research Institute "DMetI" UDUNT.