

ДОДАТОК А

Алгоритм роботи основної частини програми



Рисунок А.1 – Алгоритм роботи основної частини програмного забезпечення

ДОДАТОК Б

Апробація результатів роботи

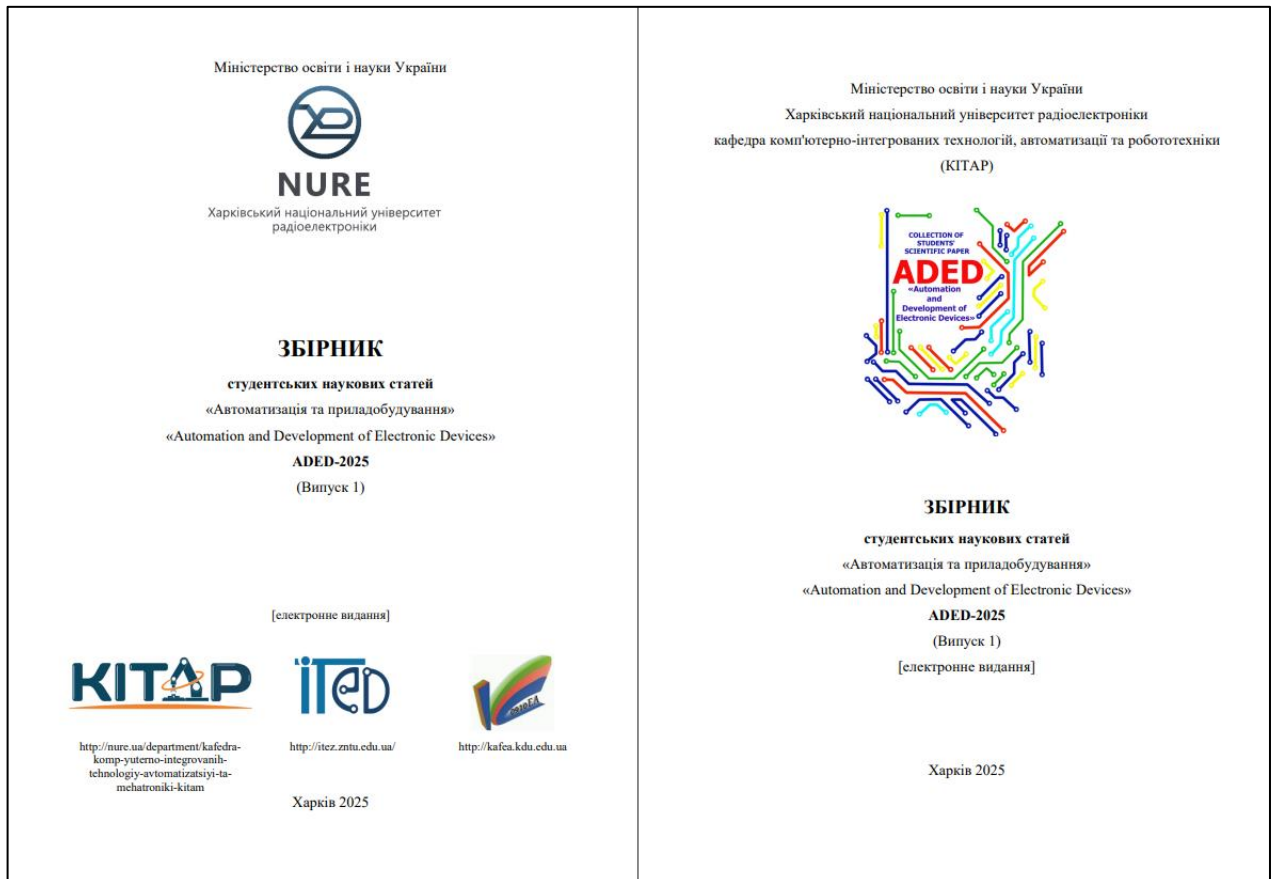


Рисунок Б.1 – Титульний аркуш електронного видання

<p>Головний редактор Невлюдов Ігор Шакирович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p>Редакційна колегія: Фидищенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки. Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки. Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості». Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування. Свиць Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар». Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки. Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, декан факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка». Відповідальний редактор: Свєтль Владислав В'ячеславович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.</p> <p style="text-align: center;">ADED-2025 Part 1.</p>	<p>Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2025) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2025. – Вип. 1. – 262с.</p> <p>Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2025 Part 1 (Key infrastructure 2025) - Kharkiv/ The Editorial: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2025. – 262p with.</p> <p>Рекомендовано рішенням Науково-технічної ради Харківського національного університету радіоелектроніки протокол №6 від 29.11.2018</p> <p>Рекомендовано рішенням Вченої ради факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій Харківського національного університету радіоелектроніки протокол № 5 від 22 травня 2025</p> <p>Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕЗ) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та робототехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.</p> <p style="text-align: right;">©ХНУРЕ, 2025 рік 4</p> <p style="text-align: center;">«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES»</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рисунок Б.2 – Загальна інформація про електронне видання

ЗМІСТ			
<i>Андреев А.С.</i>	Розроблення програмного забезпечення для аналізу вхідної інформації робітника приладобудівного виробництва для видачі завдань на виконання	<i>Хикмет Саркар Огли Садуллаев</i>	Інноваційне оснащення складських приміщень
	8	<i>Горбачов К.Ю.</i>	Інтеграція штучного інтелекту в медіаіндустрію
<i>Тарасов А.А.</i>	Розроблення 3D моделі шевматичного регулятора тиску	<i>Драннік А.С.</i>	Застосування генеративних моделей AI для обробки медіа в реальному часі
<i>Обриво Є.В.</i>	Аналіз методів оптимізації роботи системи дистанційного навчання при навантаженні	<i>Ткаченко І.А.</i>	Автоматизації логістичних процесів виробничого підприємства
<i>Кузьменко О.С.</i>	Аналіз методів і технологій захвату рухів	<i>Фесенко А.О.</i>	GoLang як сучасна мова програмування для Backend частини сайтів
<i>Ачкан М.С.</i>	Роль Big Data у розумних містах: автоматизовані рішення	<i>Халілін І.О.</i>	Розвиток безпілотних технологій через симуляційне навчання: тенденції та перспективи
<i>Ачкан М.С.</i>	Інтеграція хмарних технологій в сучасні SCADA системи: перспективи та виклики	<i>Халілін І.О.</i>	Інтеграція віртуальної та доповненої у навчальні симуляції для операторів дронів
<i>Борисов А.М.</i>	Функціонування автоматизованої системи пожежної сигналізації спостереження	<i>Б.О. Цапзя</i>	Дослідження методів автоматичної екстракції виробів 3D-принтерів
<i>Дараган В.В.</i>	Веб-інтерфейс для моніторингу та управління роботизованими системами в реальному часі	<i>Шатаєв Р.Р.</i>	Системи прогнозування відмов обладнання на основі аналізу експлуатаційних даних ..
<i>Sofija Driha</i>	Automated Waste Classification for Efficient Recycling Using Machine Learning	<i>Naroditsyn K.O.</i>	Modern Vehicle Access Control Technologies at Industrial Facilities
<i>Іванов М.О.</i>	Актуальність віртуалізації та контейнеризації в сучасному IT	<i>Межезов А.А.</i>	Шляхи досягнення цілей сталого розвитку у сфері гуманітарного розминування із застосуванням робототехнічних комплексів
<i>А.Карпенко</i>	Design of Mine-Detecting Robot Using Yolov8 Object Detection Model	<i>Дерев'яко Д.І.</i>	Розроблення інтелектуальної системи автоматизації дозування хлорагенту для підготовки питної води
<i>Kornienko O.V.</i>	Analysis of Computer Vision Systems for Object Recognition	<i>Срофєєв С.О.</i>	Автоматизовані диспенсери ліків: сучасний стан та напрями розвитку
<i>Іванов М.О.</i>	Розроблення автоматичної системи розумного будинку на Node-Red	<i>Редькін К.С.</i>	Розроблення методу оцінки якості тепlopостачання в центральному тепловому пункті
<i>Литочкін Н.О.</i>	Хмарні середовища для колаборативного проєктування в роботехніці: можливості та обмеження	<i>Берєєв Б.Р.</i>	Дослідження використання гнучких виробничих систем та їх класифікація
<i>Ільєжков Т.О.</i>	Аналіз алгоритмів планування шляху мобільного робота	<i>Діхтенко А.І.</i>	Аналіз сучасних систем моніторингу та аналізу даних на виробництві
<i>Заяць Д.С.</i>	Штучний інтелект та інтелектуальні помічники	<i>Демченко А.В.</i>	Аналіз систем керування мобільних роботів класу Mini Sumo для Battle of Robots
<i>Kotenko V.A.</i>	Advantages and Disadvantages of Surface Robots in Various Fields of Application	<i>Раєнко Т.В.</i>	Аналіз методів підключення пультів керування FPV-дронами до ПК для симуляції польоту
<i>Маслов А.Д.</i>	Інтелектуальна система керування вуличним освітленням з використанням IoT-технологій та алгоритмів машинного навчання	<i>Шахов П.В.</i>	Методи децентралізованого керування групою колаборативних роботів-маніпуляторів у єдиній робочій зоні з людиною
<i>Надьожкіна І.М.</i>	Дослідження систем автоматизації аналізу ґрунту на базі технологій інтернету речей ...		
<i>D. Nienova</i>	Inverse Kinematics In Robotics: Case Of Pick-And-Place Manipulators		
	111		
«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» AED-2025 Part 1.		«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» AED-2025 Part 1.	

Рисунок Б.3 – Зміст електронного видання

<p style="text-align: center;">UDC 004.85:504.5 AUTOMATED WASTE CLASSIFICATION FOR EFFICIENT RECYCLING USING MACHINE LEARNING</p> <p>Sofia Driha Kharkiv National University of Radio Electronics Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av. 14 E-mail: sofia.driha@nure.ua</p> <p>Annotation: This article explores the use of machine learning for the automatic classification of small waste items, such as plastic bottle caps, to improve recycling processes. The study demonstrates the potential of using object detection to distinguish between recyclable and non-recyclable materials.</p> <p>Keywords: machine learning, waste recycling, YOLOv8, object detection, sustainable waste management.</p> <p style="text-align: center;">АВТОМАТИЗОВАНА КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ПЕРЕРОБЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ</p> <p>Софія Дрига Харківський національний університет радіоелектроніки Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14 E-mail: sofia.driha@nure.ua</p> <p>Анотація: У статті розглядається використання машинного навчання для автоматичної класифікації дрібних відходів, таких як пластикові кришки від пляшок, з метою покращення процесів переробки відходів. Дослідження демонструє потенціал застосування моделей машинного навчання для розрізнення переробних і непереробних матеріалів.</p> <p>Ключові слова: машинне навчання, переробка відходів, YOLOv8, детекція об'єктів, ефективне управління відходами.</p> <p>Progressive growth of the human population, combined with the popularization of the urbanization tendencies that comes with it, causes a significant increase in pressure on the environment, mostly exerted by human activities. The population growth creates higher demand and therefore serves as the driving force for technological advancement, which, in turn, produces waste with every production output [1]. To address the challenge of managing the waste produced in meeting the needs of a growing population, recycling has been introduced as a key solution. This, however, creates a new challenge: the need to accurately distinguish between recyclable and non-recyclable waste. Machine learning technologies offer a promising approach to solving this problem by enabling automated waste classification and improving the overall efficiency of recycling processes [1]. In this article, a solution to the problem of identification and classification of smaller waste items, such as plastic bottle caps, is proposed through the application of a machine learning-based object detection model.</p> <p>In this work, a real-time object detection system based on convolutional neural networks (CNN) is being used. You Only Look Once (YOLO) applies a single neural network to the full image. This network divides the image into regions and predicts bounding boxes and probabilities for each region. These bounding boxes are weighted by the predicted probabilities, which enables accurate and efficient detection of objects in real-time scenarios, as required from an automated recycling system [2].</p> <p>As for the specific version of the YOLO model, YOLOv8 was selected, mainly because of its relative novelty and the combination of speed and accuracy [3], carefully balanced with the aim for</p> <p style="text-align: center;">«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2025 Part 1. 51</p>	<p>the best performance, in addition to the wide export options and rich set of built-in features YOLOv8 offers. One of the key features of YOLOv8 mentioned are model sizes, as shown in Table 1.</p> <p>Table 1 – YOLOv8 Model Sizes [4]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>Size (px)</th> <th>mAP⁵⁰</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>YOLOv8n</td> <td>640</td> <td>33,7</td> </tr> <tr> <td>YOLOv8s</td> <td>640</td> <td>44,9</td> </tr> <tr> <td>YOLOv8m</td> <td>640</td> <td>50,2</td> </tr> <tr> <td>YOLOv8l</td> <td>640</td> <td>52,9</td> </tr> <tr> <td>YOLOv8x</td> <td>640</td> <td>53,9</td> </tr> </tbody> </table> <p>To meet the project's requirements and considering the size of the datasets used for both training and validation, the YOLOv8s model was selected as the optimal choice due to its efficiency, performance, and suitability for lightweight deployment.</p> <p>The dataset used for the training and validation stages consisted of 380 images, containing objects from five classes: black king, black piece, corner, white king, and white piece. The dataset was split into 75% for training and 25% for validation, resulting in 286 images in the training set and 94 images in the validation set, respectively.</p> <p>For the annotation process, an online service, Roboflow, was used. In order to avoid overfitting, which essentially means creating a model that matches the training set so closely that the model fails to make correct predictions on new data [5], a set of augmentations was inflicted upon the images. For example, 13% of the dataset images were flipped upside down, 20% of the images were taken in darker lighting conditions, and 10% of the images contained different types of obstacles.</p> <p>This way, each of the 380 images was annotated using the bounding box method, as shown in Figure 1.</p> <div data-bbox="1034 987 1305 1200" data-label="Image"> </div> <p>Figure 1 – An example of the bounding box annotation method</p> <p>As a result, Across the five classes, the dataset contained a total of 2,686 annotations, averaging approximately 7,1 annotations per image. A breakdown of the number of annotations per class is presented in Figure 2.</p> <p style="text-align: center;">«AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2025 Part 1. 52</p>	Model	Size (px)	mAP ⁵⁰	YOLOv8n	640	33,7	YOLOv8s	640	44,9	YOLOv8m	640	50,2	YOLOv8l	640	52,9	YOLOv8x	640	53,9
Model	Size (px)	mAP ⁵⁰																	
YOLOv8n	640	33,7																	
YOLOv8s	640	44,9																	
YOLOv8m	640	50,2																	
YOLOv8l	640	52,9																	
YOLOv8x	640	53,9																	

Рисунок Б.4 – Стаття

```

corner 1022
black_piece 632
white_piece 471
black_king 205
white_king 205
    
```

Figure 2 – Overview of the number of annotations for each class in the used dataset

Once the dataset was fully prepared, the model training process began. To train the YOLOv8 model, the Python integrated development environment PyCharm (version 2024.3.4) was used. The following lines of code were executed to initiate the training process with image batches:

```

from ultralytics import YOLO
model = YOLO("yolov8s.pt")
results = model.train(data="data1.yaml", epochs=30),
    
```

To enhance performance and improve results, the pretrained YOLOv8s model (yolov8s.pt) was utilized as a starting point. The number of training epochs was set to 30, primarily due to the relatively small size of the dataset.

After 30 epochs of training, the model was evaluated on the validation set consisting of 94 images and 632 annotated instances. The results demonstrated high performance, with a precision of 0.962, recall of 0.97, mAP50 of 0.985, and mAP50-95 of 0.81. A more detailed overview of the model's performance is presented in Figure 3.

Class	Image	Instances	prec	rec	mAP50	mAP50-95
all	94	632	0.962	0.97	0.985	0.81
black_king	44	81	0.924	0.951	0.984	0.872
black_piece	54	105	0.942	0.971	0.981	0.888
corner	94	317	0.937	0.937	0.969	0.7
white_king	21	41	0.918	1	0.995	0.991
white_piece	43	68	0.958	0.959	0.988	0.854

Figure 3 – The model performance on the validation set

As shown in Figure 3, the overall performance of the model remains at a high level. To further reinforce this conclusion, a confusion matrix (Figure 4) was analyzed during the testing stage. The confusion matrix provides a grid that displays the number of True Positives (TP), False Positives (FP), True Negatives (TN), and False Negatives (FN) [6], offering deeper insight into the model's classification performance.

Figure 4 – Confusion matrix

As it shows, the overall performance of the model is high; however, certain confusion with the corner class remains. While the said class has high scores over most of the evaluation criteria, the mAP50-95 criteria remain at 0.5. This suggests that while the model can identify corners, the bounding boxes it predicts may not be as accurate or precise compared to other classes, leading to a lower score in stricter evaluations.

To conclude the evaluation of the model, the overall results across all loss functions are presented in Figure 5. These results highlight that the model performs exceptionally well across various metrics, with strong precision and recall values, particularly for most classes. As the loss functions metrics gradually fall, precision, recall, mAP50 and mAP50-95 continue to grow.

Figure 5 – Overall results

Рисунок Б.5 – Стаття

As shown in Figure 5, the loss function metrics gradually decrease, while precision, recall, mAP50, and mAP50-95 continue to improve, demonstrating that the model has been learning effectively and refining its ability to detect objects more accurately over time.

Thus, the proposed model can be effectively integrated into industrial automation systems, such as pick-and-place robotic manipulators, to create fully automated waste sorting lines. This integration would allow not only the real-time detection of recyclable materials but also their precise physical handling and sorting [7].

CONCLUSION. As a result of the conducted research, a model was developed and evaluated for the automatic classification of smaller waste items, such as plastic bottle caps, using a machine learning-based object detection approach with the YOLOv8 model. The model demonstrated high accuracy, with precision and recall values consistently above 90%, and mAP50 score of 0,985. The practical value of this research lies in its potential to improve recycling processes by automating the classification of waste items, thus increasing the efficiency of waste management and reducing human error. The ability to distinguish between recyclable and non-recyclable waste offers a promising solution to the growing waste management challenges, especially in urban areas where waste generation is increasing due to population growth and industrial activity.

REFERENCES

1. Applying machine learning approach in recycling / M. Erkinay Ozdemir et al. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2021. Vol. 23, no. 3. P. 855–871. URL: <https://doi.org/10.1007/s10163-021-01182-y>.
2. Contributors to Wikimedia projects. You Only Look Once - Wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/You_Only_Look_Once.
3. Keylabs. Under the Hood: YOLOv8 Architecture Explained | Keylabs. *Keylabs: latest news and updates*. URL: <https://keylabs.ai/blog/under-the-hood-yolov8-architecture-explained/>.
4. YOLOv8: State-of-the-Art Computer Vision Model. *YOLOv8: State-of-the-Art Computer Vision Model*. URL: <https://yolov8.com/>.
5. Walia M. Overfitting in Machine Learning and Computer Vision. *Roboflow Blog*. URL: <https://blog.roboflow.com/overfitting-machine-learning-computer-vision/>.
6. Gallagher J. What is a Confusion Matrix? A Beginner's Guide. *Roboflow Blog*. URL: <https://blog.roboflow.com/what-is-a-confusion-matrix/>.
7. Neviudov L, Novoselov S., Sychova O., Mospan D. Multithreaded Software Control of Industrial Manipulator Movement. *IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005675.

Scientific adviser: Sychova Oksana Volodymyrivna, associate professor, candidate of technical sciences, associate professor of department of CITAR, Kharkiv National University of Radio Electronics

Рисунок Б.6 – Перелік джерел посилання, використаних в статті

ДОДАТОК В
Демонстраційний матеріал

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КІТАР

Харків 2025

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ВИРОБІВ НА СОРТУВАЛЬНІЙ ЛІНІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Підготувала: студ. гр. АКТАКІТ-21-1 Дріга С. І.
Керівник: доц. каф. КІТАР Сичова О. В.

АКТУАЛЬНІСТЬ

01/15

Актуальність Машинного Навчання:

- Машинне навчання – перспективна галузь, що стрімко розвивається;
- Надає перспективи досягнення вищого ступеню автоматизації шляхом зменшення людського втручання в виробничих процесах.

Актуальність Обраної Тематики Кваліфікаційної Роботи:

- Обрана тематика відповідає поставленим Цілям сталого розвитку (№12, п. 12.5);
- Кваліфікаційна робота пропонує реалізацію автономної системи аналізу та прийняття рішень в умовах роботи в реальному часі;
- В роботі реалізується приклад успішної інтеграції штучного інтелекту для автоматизації процесу сортування малогабаритних виробів.

Рисунок В.1 – Титульний аркуш та актуальність роботи

<p data-bbox="1396 405 1452 432" style="text-align: right;">02/15</p> <h2 data-bbox="338 506 660 546"><u>МЕТА РОБОТИ</u></h2> <p data-bbox="338 595 1305 678">Покращення функціоналу макета робота-маніпулятора за рахунок створення програмного забезпечення комп'ютерного зору із використанням моделі машинного навчання.</p>
<p data-bbox="1396 1137 1452 1164" style="text-align: right;">03/15</p> <h2 data-bbox="338 1238 579 1279"><u>ЗАВДАННЯ</u></h2> <ol data-bbox="338 1328 1305 1659" style="list-style-type: none">1) виконати аналіз наявних підходів й алгоритмів комп'ютерного зору на основі машинного навчання, які застосовуються для виявлення та розпізнавання об'єктів у виробничому середовищі;2) визначити вимоги до проектування моделі комп'ютерного зору з врахуванням особливостей та специфіки виробничого процесу;3) підготувати навчальний датасет та здійснити навчання моделі на основі обраного алгоритму машинного навчання;4) розробити структуру програмного забезпечення для реалізації та функціонування моделі комп'ютерного зору.

Рисунок В.2 – Мета роботи та завдання

04/15

1. Машинне навчання у виробництві
2. Приклади застосування CNN у задачах сортування
3. Вимоги до програмного забезпечення
4. Технічні засоби
5. Апаратна частина
6. Тренування моделі YOLOv8s
7. Тренування моделі YOLOv8s (розширений датасет)
8. Порівняння моделі з попередньо розглянутими
9. Приклад роботи програмного забезпечення (відео)
10. Висновки

ЗМІСТ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

05/15

МАШИННЕ НАВЧАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ

```
graph TD; A[Smart Manufacturing & Industry 4.0] --> B[Використання ШІ у виробничій сфері]; B --> C[Проблема переробки малогабаритних виробів]; B --> D[Роль машинного навчання в досягненні ЦСР]; B --> E[Застосування CNN* для автоматизації сортування];
```

* CNN – convolutional neural network; укр. Згорткова нейронна мережа

Рисунок В.3 – Зміст презентації та аналіз літератури

ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ CNN У ЗАДАЧАХ СОРТУВАННЯ

Розглянуті наукові дослідження:

УНІВЕРСИТЕТ UNIMAP, МАЛАЙЗІЯ

- Модель: ResNet-50;
- Об'єкт(-и): малогабаритні металеві деталі;
- Класів: 5;
- F1-score: 0,86.



ВРОЦЛАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ Й ТЕХНОЛОГІЙ

- Модель: YOLOv5;
- Об'єкт(-и): поширені типи виробничих відходів різного розміру та матеріалу;
- Класів: 6;
- F1-score: 0,9.



06/15

07/15

ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

- висока точність виявлення та класифікації об'єктів в межах робочої зони;
- можливість отримання й обробки зображень у реальному часі з мінімальною затримкою;
- стійкість до змін зовнішніх умов освітлення та/або фонового шуму;
- можливість інтеграції з системою керування маніпулятором.

Рисунок В.4 – Приклади застосування CNN та вимоги до ПЗ

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

08/15

- Мова програмування: C#;
- Середовище розробки: Visual Studio 2022 (версія 17.13.6);
- Обробка кадрів в реальному часі: бібліотека EmguCV*;
- Модель машинного навчання: YOLO (YOLOv8s);
- Підготовка датасетів: платформа штучного інтелекту Roboflow;
- Середовище розробки, використане для навчання моделі: PyCharm (версія 2024.3.4).

* *EmguCV* – .NET обгортка для бібліотеки обробки зображень *OpenCV*

АПАРАТНА ЧАСТИНА

09/15

ВИМОГИ:

- а) наявність надійного захоплювального механізму (хвату);
- б) достатня вантажопідйомність для переміщення дрібних об'єктів;
- в) висока маневреність і точність позиціонування;
- г) можливість інтеграції з системою комп'ютерного зору для коректного розпізнавання й захоплення об'єктів.

ОБРАНИЙ РОБОТ-МАНІПУЛЯТОР

Робот-маніпулятор має хват для захвату й переміщення деталей, можливість обертання навколо своєї осі та два рухомих суглоби.



Рисунок В.5 – ТЗ та апаратна частина

ТРЕНУВАННЯ МОДЕЛІ YOLOV8S

10/15

Розмір датасету: 380 зображень;

Класи: 4 основних класи, 1 додатковий*

Параметри аугментації: 13% відзеркалені зображення (горизонтально/вертикально), 20% в умовах зниженого освітлення, 15% з жовтим світловим відтінком, 10% зображень з візуальними перешкодами;

Кількість анотацій: 2686 серед 5 класів; $\approx 7,1$ анотація на одне зображення;

Співвідношення датасету (навчання/валідація): 75/25;

Кількість епох: 30.

mAP@50: 0,985 \approx 98%;

mAP@50-95: 0,81 \approx 81%;

F1-score: 0,96 \approx 96%.



*Додатковий клас *corners* для виявлення контрольних точок робочої поверхні

ТРЕНУВАННЯ МОДЕЛІ YOLOV8S (РОЗШИРЕНИЙ ДАТАСЕТ)

11/15

Розмір датасету: 950 зображень;

Класи: 4 основних класи, 1 додатковий*

Параметри аугментації: перетворення в градації сірого застосовано до 5% зображень; додана зміна яскравості в діапазоні від -10% до +10%; додане розмиття до 2 пікселів; додано шум до 0,5% пікселів на зображенні;

Кількість анотацій: 6720 серед 5 класів; $\approx 7,1$ анотація на одне зображення;

Співвідношення датасету (навчання/валідація): 75/25;

Кількість епох: 30.

mAP@50: 0,989 \approx 99%;

mAP@50-95: 0,828 \approx 83%;

F1-score: 0,97 \approx 97%.

Порівняння моделей



*Додатковий клас *corners* для виявлення контрольних точок робочої поверхні

Рисунок В.6 – Тренування моделей

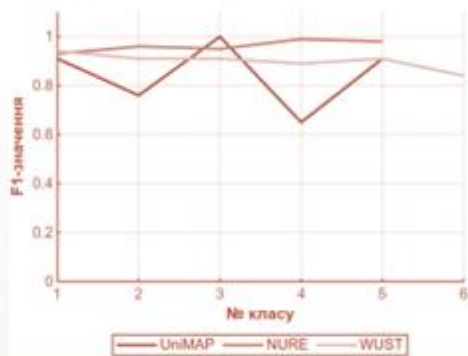
ПОРІВНЯННЯ МОДЕЛІ З ПОПЕРЕДНЬО РОЗГЛЯНУТИМИ

12/15

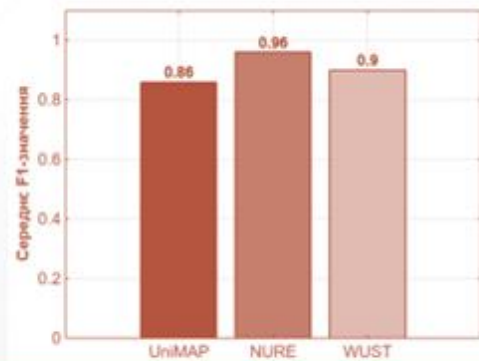
НАЗВИ МОДЕЛЕЙ:

- UniMAP – модель, представлена в науковій роботі при університеті UniMAP;
- NURE – модель, представлена в даній роботі;
- WUST – модель, представлена в науковій роботі при Вроцлавському університеті науки й технологій.

Порівняння F1-метрики за класами:



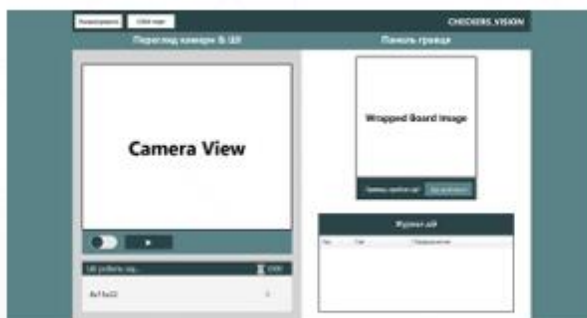
Порівняння середніх значень F1-метрики:



ПРИКЛАД РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ (ВІДЕО)

13/15

Взаємодія з UI для початку роботи:



Фрагмент гри:

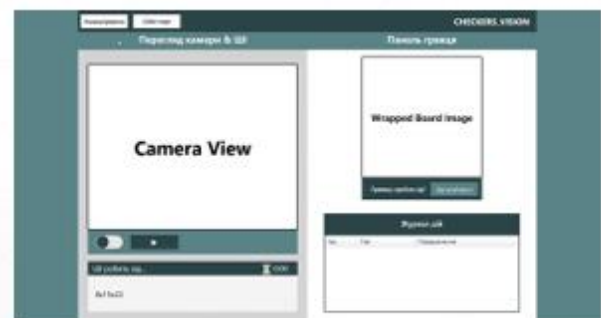


Рисунок В.7 – Порівняння моделей та приклад роботи ПЗ

14/15

Таким чином, в роботі було проаналізовано сучасні методи застосування машинного навчання в системах автоматизації виробничих процесів, зокрема для виявлення, класифікації та сортування об'єктів, проведено тренування двох моделей YOLOv8 з врахуванням розглянутих прикладів моделей машинного навчання, адаптованих для задач розпізнавання об'єктів малих габаритів у реальному часі, розроблено та реалізовано програмне забезпечення комп'ютерного зору, яке забезпечує точне виявлення об'єктів і їхню передачу до системи керування робота-маніпулятора.

Модель машинного навчання, отримана в результаті проведеного навчання, досягла значення 0,96 показника метрики F1, середня точність mAP@50 склала 0,985, тоді як середня точність у діапазоні IoU від 0,5 до 0,95 (mAP@50-95) склала 0,81. Отримані результати свідчать про високу ефективність виявлення та класифікації об'єктів, а також про придатність моделі для застосування в умовах роботи системи в реальному часі.

ВИСНОВКИ

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Рисунок В.8 – Висновки

