

БАСИСТЮК ОЛЕГНаціональний університет "Львівська політехніка"
<https://orcid.org/0000-0003-0064-6584>
e-mail: oleh.a.basystiuk@gmail.com**РИБЧАК ЗОРЯНА**Національний університет "Львівська політехніка"
<https://orcid.org/0000-0002-5986-4618>
e-mail: zorianan.l.rybchak@lpnu.ua**БУРАВЕНКО ОЛЕГ**Національний університет "Львівська політехніка"
<https://orcid.org/0009-0008-7014-5586>
e-mail: oleh.buravenko.knm.2020@lpnu.ua

ЛОКАЛІЗАЦІЯ ТЕХНІКИ ТА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД НА ЗОБРАЖЕННІ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

В роботі наведено результати досліджень локалізації військової техніки, а також фортифікаційних споруд і об'єктів на зображенні з БПЛА, за допомогою засобів штучного інтелекту, а саме методу YOLO.

Ключові слова: локалізація, маркування, комп'ютерний зір, згортова нейронна мережа, аналіз зображень, YOLO.

BASYSTIUK OLEH, RYBCHAK ZORIANA, BURAVENKO OLEH
Lviv Polytechnic National University

VEHICLES AND FORTIFICATIONS LOCALIZATION ON THE IMAGE BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

Warfare, especially defensive warfare, is based not only on strategy and tactics, but also on the ability to quickly analyze the situation and adapt to constantly changing conditions. The effective use of intelligence data, including the accurate identification of enemy positions, is crucial for the successful planning and execution of defensive or offensive operations. Therefore, the development of advanced image analysis methods capable of automatically localizing military objects is becoming one of the priority areas of modern military engineering.

Developing a model that identifies objects through a UAV camera lens, especially for military purposes, poses some challenges and nuances that need to be overcome. One possible problem is the lack of data for quality model training, as previously described, although significant, it is not the only one. Initial task for the research will be to collect dataset of images from UAV of vehicles and fortification structures. This paper presents the results of research on the localization of military equipment, as well as fortifications and objects in UAV images, using artificial intelligence tools, namely the YOLO method. The main goal of the study is to achieve high accuracy and efficiency of object segmentation in combat conditions. To ensure optimal speed and accuracy of detection, the YOLOv8 model is used, which allows to effectively classify equipment and fortifications in images. The object of research is the processes of localization of military equipment and fortifications using artificial intelligence. The subject of the study is the methods and algorithms used to localize objects in the image from UAV.

The study introduces a novel application of artificial intelligence, specifically leveraging YOLO technology, for the detection of military equipment and fortifications in UAV imagery. This approach integrates advanced deep learning techniques with innovative algorithms to enhance the precision and dependability of identifying and categorizing military objects.

Keywords: localization, labeling, computer vision, convolutional neural network, image analysis, YOLO.

Постановка проблеми

Основою ведення війни, зокрема оборонної, є не лише стратегія та тактика, але й здатність до швидкого аналізу ситуації та адаптації до умов, що постійно змінюються. Ефективне використання розвідувальних даних, включаючи точне визначення ворожих позицій, є критично важливим для успішного планування та проведення оборонних або наступальних операцій [1]. Тому розробка передових методів аналізу зображень, які можуть автоматично локалізувати військові об'єкти, стає одним із пріоритетних напрямків у сучасній військовій інженерії.

Ця робота спрямована на покращення якості аеророзвідки та збільшення шансів успішного виконання штурму на ворожі позиції завдяки реалізації системи пошуку фортифікацій через сучасні алгоритми машинного навчання. У нашому випадку важливі типи укріплень та техніки, які використовуються в сучасних війнах. Саме тому основним джерелом для збору даних буде російсько-українська війна, яка за масштабністю є найбільшою з часів Другої світової війни в Європі.

Також нам необхідно визначити, якими мають бути зображення техніки та фортифікаційних споруд. Оскільки програма визначатиме укріплення з БПЛА, потрібно зосередитися на фото, зроблених зверху. Бажано, щоб зображення були зроблені з розвідувального безпілотної або навіть FPV-дрона на відповідній висоті, однак при ймовірній нестачі зібраних даних можна використовувати фотографії з супутників або навіть літаків.

Настільки специфічний вид об'єктів, такий як фортифікаційна споруда, що характеризується різноманітністю форм, матеріалів та маскувальних технік, ускладнює їх автоматичне розпізнавання та локалізацію за допомогою стандартних методів аналізу зображень. Внаслідок цього виникає необхідність розробки спеціалізованих алгоритмів, які здатні враховувати ці особливості та забезпечувати високу

точність і надійність локалізації [2].

На підставі проведеного аналізу було встановлено, що існуючі технології локалізації об'єктів, особливо цивільні варіації, не є здатні ефективно виконувати настільки специфічну задачу, як визначення польових фортифікацій та військової техніки.

Аналіз останніх джерел

Проблема розпізнавання образів на зображеннях є надзвичайно актуальною в багатьох галузях та активно досліджується останні 20 років [3]. Сфера застосування включає в себе безпеку, медицину, автомобільну промисловість та військові технології. Розпізнавання військової техніки, зокрема, не було достатньо досліджене і описане за минулі декади, оскільки не становила такого суспільного та наукового інтересу. Факторами, які додатково ускладнюють розпізнавання, є використання маскування та активні заходи протидії під час розвідки та отримання результатів про техніку [4]. Здатність точно розпізнавати та класифікувати техніку може мати критичне значення для тактичних та стратегічних рішень.

Метою роботи є дослідження алгоритму на основі методів штучного інтелекту, який буде локалізувати техніку, фортифікації та її форми на зображенні з БПЛА.

Наукова новизна даного дослідження полягає у використанні підходів штучного інтелекту, а саме технології YOLO до розпізнавання військової техніки та фортифікаційних споруд на зображенні отриманому з БПЛА. Запропонована модель поєднує сучасні методи глибокого навчання з новими алгоритмами для підвищення точності та надійності виявлення та класифікації військових об'єктів.

Цей підхід дозволить покращити роботу розвідувальних систем, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), та забезпечити більш ефективне виявлення загроз в умовах бойових дій.

Виклад основного матеріалу

Для локалізації військової техніки та фортифікаційних споруд існує широкий вибір нейромереж. Враховуючи складність завдання та обмежений обсяг даних для тренування, варто зосередитися на тих, які найкраще підходять для цієї задачі. Серед них:

- **Згорткові нейронні мережі (CNN):** Найпопулярніший тип нейромереж, що успішно використовується для багатьох задач, особливо для класифікації. Вони служать хорошою основою для інших моделей [5].
- **R-CNN:** Модифікована версія згорткових шарів, створена для більш точного виявлення об'єктів завдяки власній процедурі обробки зображення та витягування ознак [6].
- **Fast та Faster R-CNN:** Покращені версії R-CNN з більш оптимізованим процесом обробки зображень і інтеграцією нейромережі для створення областей інтересу з ймовірними місцезнаходженнями об'єктів [7].
- **Mask R-CNN:** Модифікація Faster R-CNN, успішно використовується для сегментації об'єктів на зображенні.
- **R-FCN:** Конкурентний аналог Fast/Faster R-CNN, що використовує повністю згорткові шари для кращої оптимізації під час детекції, уникаючи повторних ітерацій регіонів зображення [8].
- **YOLO (You Only Look Once):** Один з найефективніших і найпопулярніших алгоритмів завдяки високій точності, швидкодії та інноваційному способу обробки зображень, що робить його більш конкурентоспроможним порівняно з іншими методами [9].

У випадку використання модель в обмежених обчислювальних ресурсах, зокрема на БПЛА, потребують застосування оптимізованих та інноваційних рішень. YOLO вирізняється від наведених вище методів одноетапним способом обробки зображення, дозволяючи одночасно визначати об'єкти та встановлювати їхні рамки локалізації за один прохід через нейромережу. Це забезпечує високу швидкість, що дозволяє використовувати її в реальному часі для таких завдань, як автоматичне водіння, відеоспостереження та обробка медичних зображень.

Переваги YOLO:

- **Швидкість:** забезпечує високу швидкість роботи завдяки одноетапному процесу, що робить її ідеальною для застосувань в реальному часі.
- **Точність:** висока точність у розпізнаванні об'єктів дозволяє використовувати її в задачах, де важлива точність результатів.
- **Універсальність:** ефективно розпізнає та локалізує об'єкти різних класів, навіть у складних сценах.
- **Легкість використання:** проста архітектура, що легко інтегрується з різними платформами та мовами програмування, робить її доступною для широкого кола розробників і дослідників.

Як вже було описано в розділах вище, визначення військової техніки та польових фортифікацій на зображеннях з БПЛА є надзвичайно комплексним завданням через багатий спектр чинників, які впливають на якість роботи моделі, таких як форма маскування, погодні умови та особливості місцевості. Набір даних складатиметься лише з декількох класу, а саме: tank, mlrs, trench, тому основною метою моделі буде визначення форми фортифікації та її локалізація на зображенні. Для тренування була використана модель YOLOv8m для задачі інстантивної сегментації. Графіки результатів та матрицю помилок можна побачити на рисунку 1.

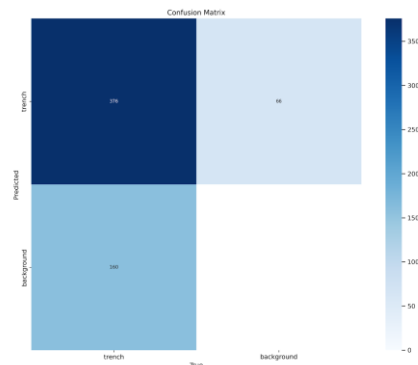


Рис. 1. Матриця помилок моделі YOLOv8m-seg

Висновки

Підсумками даного дослідження є створення моделі комп'ютерного зору, яка достовірно локалізує та сегментує укріплення на якісних зображеннях з незначними дефектами, досягаючи точності понад 70%. Первинно, було зібрано набір даних для навчання нашої моделі та обрано найбільш оптимальний тип нейронної мережі – YOLOv8. Вибір саме цієї архітектури пояснюється її простотою, високою швидкістю та точністю розпізнавання об'єктів порівняно з іншими варіантами. Модель була натренована для виконання задачі сегментації військової техніки та фортифікаційних споруд.

Запропонований підхід до вирішення поставленої задачі успішно проявив себе навіть при значних обмеженнях в наборі даних, мова про недостатню кількість та якісь зображень для навчання, оскільки отримані вони переважно з відкритих джерел. Проте, це не завадило досягнувши високої точності розпізнавання та класифікації різних типів зображень.

Основний висновок і ідеї до подальшого удосконалення запропонованого підходу полягає у розширенні наявного набору даних та подальшому донавчанні моделі, також проведення додаткових експериментів з гіперпараметрами дозволить покращити результати моделі, яка допоможе ефективно й надійно визначатиме техніку та фортифікації на полі бою. Додатковою перевагою може бути використання додаткових джерел інформації, а саме мультимодальних даних різного типу, зокрема тепловізійних, мультиспектральних та інших.

References

1. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2020). Deep residual learning for image recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
2. Rybchak, Z., & Basystiuk, O. (2017). Analysis of computer vision and image analysis technics. *ECONTECHMOD: an international quarterly journal on economics of technology and modelling processes*, pp. 79-84.
3. Zou, Z., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2021). Object detection in 20 years: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
4. Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., & Yuille, A. L. (2021). DeepLab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
5. Alzubaidi B., Zhang L., Humaidi J., et al. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *J Big Data* 8, 53. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>.
6. Xie, X., Cheng, G., Wang, J., Yao, X., & Han, J. (2021). Oriented R-CNN for object detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
7. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2020). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
8. Dai, J., Li, Y., He, K., & Sun, J. (2016). R-FCN: Object detection via region-based fully convolutional networks. In *Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems*, pp. 379-387.
9. R. Lakshmi Thara, B. Upadhyay, A. Sankrityayan et al. (2024). YOLO V8: An improved real-time detection of safety equipment in different lighting scenarios on construction sites. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4179998/v1>.