

О. І. Лактіонов, Б. Р. Боряк, Н. М. Педченко, О. А. Двірна, О. В. Михайліченко

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ДРОНАМИ

Анотація. Здійснено теоретичний огляд алгоритмів класифікації для побудови відповідних моделей дослідження небезпечних об'єктів. Сформовано формальну постановку завдання класифікації небезпечних об'єктів для побудови класифікаційних моделей. Вказане завдання вирішується шляхом побудови класифікаційних моделей інструментами машинного навчання або нейронних мереж. Складністю дослідження є вибір архітектури нейронної мережі зорієнтовану на класифікацію зображень, що подаватимуться на її вхід. Графічне представлення архітектури нейронної мережі здійснено за допомогою бібліотек `networkx` та `matplotlib`. Це дозволило осмислити загальну постановку завдання до створення класифікаційних моделей. Моделі будуть використані у майбутніх дослідженнях як одна з функцій дрона для виявлення небезпечних об'єктів в умовах бойових дій.

Ключові слова: комп'ютерний зір, дрон, нейронні мережі, розмінування, відновлення, бойові дії

Вступ

Постановка проблеми. Наша держава потребує розробки нових взірців технологій на основі штучного інтелекту.

Однією з найбільш вагомих проблем використання штучного інтелекту є збір високоякісних даних й створення відповідних моделей комп'ютерного зору з мінімальною витратою часу [1].

Процес створення моделей штучного інтелекту, де вхідними даними є зображення громіздкий й потребує значних витрат ресурсів. Існують ситуації наявності незбалансованих даних [2], що породжують збільшення кількості задач й додаткових умов, котрі потрібно врахувати [3].

Науковцями здійснюється пошук й розробка нових класифікаційних методів, зокрема для розпізнавання об'єктів на зображеннях [4].

Запропоновані методи алгоритмізують та оцінюють [5] для покращення виявлення та класифікації відеооб'єктів на платформах необмеженої мобільності.

Існують навіть цілі екосистеми, де спостерігається синергії налаштувань обладнання, самостійного прийняття рішень дроном, взаємозв'язку між дронами або дроном та землею й гнучкого проектування модулів [6]. Проте вказані системи збільшують кількість обчислювальних процесів, де необхідно удосконалити програмне й апаратне забезпечення.

Саме тому [7] запропоновано нові архітектурні рішення, котрі підвищують продуктивність роботів-дронів, за рахунок їх комунікації й розвантаження обчислювальних процесів. Розвантаження обчислювальних процесів є чудовою ідеєю при наявності дронів та роботів, які працюють у групі. Це дозволяє ефективніше приймати рішення, здійснювати прогнози подій тощо.

Але в умовах бойових дій необхідно передбачати системи кібербезпеки дронів та роботів.

Крім класичного використання алгоритмів класифікації у [8] виділяють нейронауку, котра зорієнтована на процес прийняття рішень робототехнічними засобами.

Робот може приймати рішення за допомогою інструментів навчання з підкріпленнями. Втім, цей процес потребує наявності висококваліфікованих експертів й є дуже фінансово затратним.

Існуючі дослідження не мають однозначного підходу та рекомендацій щодо використання алгоритмів класифікації небезпечних об'єктів дронами. Обмеження пояснюються відсутністю якісних датасетів, значною витратою часу на побудову моделі, не підтримкою умов балансу класів небезпечних об'єктів.

Саме тому актуалізується питання щодо огляду класифікаційних алгоритмів та підходів використання вказаних алгоритмів на дронах, котрі використовуватимуться в умовах бойових дій для розвідки, розмінування об'єктів тощо.

Мета дослідження. Аналіз існуючих алгоритмів машинного навчання для класифікації небезпечних об'єктів. Це дасть змогу сформулювати «мінімальні вимоги» до інструментарію досліджень такого типу та необхідного часу для підготовки зображень, побудови моделей й розробки системи підтримки прийняття рішень визначення типів небезпечних, безпечних об'єктів роботом-дроном.

Інструменти дослідження задачі класифікації небезпечних об'єктів дронами

Серед найбільш обговорюваних напрямів комп'ютерного зору виділяють класифікацію, розпізнавання образів та сегментацію.

Розпізнавання образів (об'єктів, сигналів, ситуацій, явищ або процесів) – це завдання ідентифікації об'єкта або визначення будь яких його властивостей або за його зображенням (оптичне розпізнавання), або аудіозаписом (акустичне розпізнавання) і іншими характеристиками [9].

Сегментація – процес пошуку однорідних областей на зображенні [9]. Відповідно до програми дослідження «Огляд алгоритмів комп'ютерного зору для виявлення небезпечних об'єктів дронами» на 2022 – 2024 роки перший етап дослідження передбачає ознайомлення з базовими алгоритмами класифікації.

Це дозволить зрозуміти базові аспекти дослідження й виявити проблемні місця.

За допомогою класифікації вирішується завдання приналежності об'єктів до одного зі заздалегідь відомих класів [10]. Об'єкт має різну фізичну природу [11], зокрема у задачі класифікації небезпечних об'єктів об'єктами є зображення небезпечних об'єктів, котрі необхідно створити або завантажити існуючі.

Одним із способів отримання вхідних оцінок є репозиторії [12].

Розглянемо формальну математичну постановку завдання класифікації.

Нехай набір $D = \{(x_i, y_i)\}$, де x_i – зображення небезпечного об'єкта, y_i – клас небезпечного об'єкта, містить N зображень об'єкта дослідження.

Необхідно створити класифікаційну модель $f(x)$, котра у якості вхідних даних прийматиме зображення об'єктів дослідження та класифікуватиме їх на безпечні і небезпечні.

Прогнозовані об'єкти аналізуватиме людина котра приймає рішення за конкретними критеріями.

Цю задачу розв'язати можна різними методами машинного навчання, де можна виокремити такі методи [10]:

метричні (ближнього сусіда та його модифікації),

опорних векторів,

дерева рішень,

статистичні (байєсівський класифікатор, логістичну регресію),

нейронні мережі,

колективи методів або ансамблі (бустінг, бегінг).

Також й різними нейронними мережами, котрі диференційовані за [13]:

типом вхідної інформації;

типом функції активації нейронів;

типом графа міжнейронних зв'язків;

типом структур нейронів;

кількістю шарів нейронів;

типом дискримінантної функції;

принципом синтезу;

топологією зв'язків;

характером зв'язків;

характером поділу зв'язків;

типом методу навчання;

характером навчання;

методом навчання;

типом часу;

залежністю від врахування попереднього стану мережі;

типом розв'язуваних задач;

областю застосування.

Серед архітектур нейромереж виділяють мережі (табл. 1) [14]:

багат шаровий перцептрон,

мережа з радіальними базисними функціями,

нейронні мережі, що самонавчаються,

ймовірнісні нейронні мережі,

рекурентні нейронні мережі,

мережі адаптивної резонансної теорії, табл. 1.

Таблиця 1 – Категорії архітектур нейромереж [13, 14]

№	Назва архітектури мережі	Належність до класу архітектури
1	багат шаровий перцептрон	єдина архітектура
2	мережа з радіальними базисними функціями	єдина архітектура
3	нейронні мережі, що самонавчаються	клас архітектури
4	ймовірні нейронні мережі	клас архітектури
5	рекурентні нейронні мережі	клас архітектури
6	мережі адаптивної резонансної теорії	клас архітектури
7	глибинні нейронні мережі	клас архітектури

Кожен клас архітектур нейромереж нараховує підкласи. Для розуміння структури нейромереж розглянемо принцип створення графічного подання архітектури нейромережі перцептрон [14], яка має вхідний, вихідний та прихований шари.

Формальна постановка завдання полягає у створенні графа за допомогою бібліотеки `networkx`, котрий демонструватиме взаємозв'язки між елементами архітектури.

Структура нейромережі складається з X_1, X_2, Y_1, Y_2 входи і виходи відповідно, приховані нейрони H_1, H_2 з функціями активації ReLU (Rectified Linear Activation).

Структура нейромережі передбачає існування вагових коефіцієнтів. На основі значень вихідних

сигналів можуть прийматися рішення, в тому числі й стосовно типів небезпечних об'єктів.

Просту програму створення архітектури нейронної мережі можна розробити за допомогою бібліотек `networkx` та `matplotlib` [15].

Залежно від завдань дослідження щодо побудови класифікаційних моделей для дослідження небезпечних об'єктів графічна схема архітектури нейронної мережі дозволить сформувати вихідну структуру архітектури мережі.

Рекомендації до формування базового інструментарію дослідження

Обрати архітектуру нейронної мережі зорієнтовану на завдання класифікації небезпечних об'єктів.

Оскільки вхідними об'єктами до моделей є зображення, необхідно визначити шляхи роботи з фото. Побудовані моделі можна використовувати за допомогою засобів персональних комп'ютерів або завантажувати безпосередньо до контролера і проводити експеримент роботи.

Висновки

Проведено аналіз інструментів класифікації небезпечних об'єктів дронами.

Визначено класи категорій архітектур нейронних мереж.

Розглянуто графічне представлення структури нейромережі засобами `networkx` та `matplotlib`.

Отримані результати дослідження є теоретичною основою для проведення майбутніх досліджень у напрямі класифікації небезпечних об'єктів дронами, котрі використовуватимуться в умовах бойових дій. В цьому й полягає практична значимість дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Soori M. Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning in Advanced Robotics, A Review [Electronic resource] / Mohsen Soori, Behrooz Arezoo, Roza Dastres // *Cognitive Robotics*. – 2023. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.001> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
2. Panibratov R. Decision support system for estimating and forecasting state of insurance company [Electronic resource] / Roman Panibratov // *System research and information technologies*. – 2022. – No. 1. – P. 61–72. – Mode of access: <https://doi.org/10.20535/srit.2308-8893.2022.1.05> (date of access: 20.08.2023). – Title from screen.
3. Multi-task learning for dangerous object detection in autonomous driving [Electronic resource] / Yaran Chen [et al.] // *Information Sciences*. – 2018. – Vol. 432. – P. 559–571. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.08.035> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
4. Improving handgun detection through a combination of visual features and body pose-based data [Electronic resource] / Jesus Ruiz-Santaquiteria [et al.] // *Pattern Recognition*. – 2022. – P. 109252. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.109252> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
5. Report on UG2+ challenge Track 1: Assessing algorithms to improve video object detection and classification from unconstrained mobility platforms [Electronic resource] / Sreya Banerjee [et al.] // *Computer Vision and Image Understanding*. – 2021. – Vol. 213. – P. 103297. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2021.103297> (date of access: 27.08.2023).
6. Towards a framework of key technologies for drones [Electronic resource] / Réda Nouacer [et al.] // *Microprocessors and Microsystems*. – 2020. – Vol. 77. – P. 103142. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103142> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
7. Dynamic computation offloading for ground and flying robots: Taxonomy, state of art, and future directions [Electronic resource] / Rihab Chaâri [et al.] // *Computer Science Review*. – 2022. – Vol. 45. – P. 100488. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2022.100488> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
8. Lee S. W. Decision-making in brains and robots – the case for an interdisciplinary approach [Electronic resource] / Sang Wan Lee, Ben Seymour // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. – 2019. – Vol. 26. – P. 137–145. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.12.012> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
9. Аналіз систем розпізнавання образів структури композитів : монографія / Добровтор І.Г., Стухляк П.Д., Микитишин А.Г., Митник М.М. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, 2018. – 224 с.
10. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка» / К. Ю. Кононова. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 301 с.
11. Мацуга, О.М. Навчальний посібник до вивчення курсу «Інформаційні технології розпізнавання образів» [Текст] / О.М. Мацуга, Ю.М. Архангельська, Н.М. Єрещенко. – Д.: РВВ ДНУ, 2016. – 60 с.
12. European Environment Agency's home page [Electronic resource] // European Environment Agency's home page. – Mode of access: <https://www.eea.europa.eu/en> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.
13. Субботін С. О. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир: Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
14. Терейковський І. Штучні нейронні мережі: базові положення [Електронний ресурс] / І. Терейковський, Д. Бушуєв, Л. Терейковська. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50135/1/ANN.pdf> (дата звернення: 27.08.2023).
15. DiGraph - Directed graphs with self loops – NetworkX 2.0.dev20161129121305 documentation [Electronic resource] // NetworkX documentation – NetworkX 2.0.dev20161129121305 documentation. – Mode of access: <https://pelegm-networkx.readthedocs.io/en/latest/reference/classes/digraph.html> (date of access: 27.08.2023). – Title from screen.

Received (Надійшла) 15.07.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.09.2023

Overview of computer vision algorithms for detecting hazardous objects by drones

Oleksandr Laktionov, Bohdyan Boryak, Nazar Pedchenko, Oleksiy Mykhailichenko

Abstract. A theoretical overview of classification algorithms has been conducted to construct relevant research models for the detection of hazardous objects. The formal problem statement for the classification of hazardous objects has been formulated to build classification models. This task is addressed by constructing classification models using machine learning tools or neural networks. The complexity of the research lies in selecting a neural network architecture tailored for image classification, which will be used as input. The graphical representation of the neural network architecture is implemented using the `networkx` and `matplotlib` libraries. This allows for a comprehensive understanding of the overall task in creating classification models. The models will be used in future research as one of the functions of a drone for detecting dangerous objects in combat conditions.

Keywords: computer vision, drone, neural networks, demining, reconstruction, combat operations.