

Андрій Кухар, Остап Думанський*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, 122.24kukhar.a@nltu.lviv.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна, dumanski@nltu.edu.ua

Розпізнавання тварин у природних середовищах методами глибокого навчання

***Анотація.** В роботі досліджено методи розпізнавання тварин у природних середовищах із використанням технологій глибокого навчання. Проект охоплює огляд літератури з теми, аналіз існуючих інформаційних систем та розробку програмної моделі. Основним об'єктом дослідження є набір зображень тварин, що використовуються для навчання моделі. Розроблено інформаційну систему, яка здатна ідентифікувати тварин на основі їх зображень. Вона демонструє високу точність розпізнавання, що підтверджується успішними результатами тестування.*

***Ключові слова** – глибоке навчання, розпізнавання тварин, обробка зображень, згортова нейронна мережа, фотопастка.*

Вступ. Проблема збереження біорізноманіття та моніторингу дикої природи є однією з ключових у світі. Використання глибокого навчання для автоматизованого розпізнавання тварин може суттєво спростити цей процес. Сучасні системи спостереження такі як фотопастки генерують великі об'єми зображень, що потребують швидкої та точної обробки. Подібні системи можуть бути ефективно інтегровані в наукові дослідження та екологічні проекти. Вони також відкривають нові можливості для збереження біорізноманіття. Спостереження за популяціями тварин у реальному часі сприяє прийняттю своєчасних управлінських рішень. Вивчення поведінки тварин також може принести нові наукові знання.

Розробка інтелектуальної системи. Все більше уваги приділяється використанню автоматизованих систем розпізнавання тварин, методів комп'ютерного зору та глибокого навчання. Завдяки розвитку штучного інтелекту та нейронних мереж стало можливим створення моделей, які здатні з висо-

кою точністю розпізнавати види тварин в умовах дикої природи на зображеннях із камер-ловушок, дронів або мобільних пристроїв.

Особливо ефективними виявилися згорткові нейронні мережі, які використовуються для обробки зображень. Вони здатні автоматично виділяти важливі ознаки зображень і на їх основі визначати вид тварини. Завдяки цьому з'явилася можливість обробляти великі об'єми даних без участі людини. Це значно пришвидшує процес обробки зображень і дозволяє виявляти тварин у складних умовах, у нічний час, у заростях або при поганому освітленні. Велику роль у цьому відіграють згорткові нейронні мережі, які ефективно працюють із зображеннями. Такі моделі як YOLO, Faster R-CNN або EfficientNet можуть не лише розпізнавати вид тварини, а й точно локалізувати її на зображенні.

Автоматизоване розпізнавання тварин є дуже корисним для боротьби з браконьерством. Камери, встановлені в національних парках, можуть не лише фіксувати тварин, а й сигналізувати про появу людей у заборонених зонах. Це дозволяє оперативно реагувати на загрози й краще контролювати охоронювані території.

Система для зберігання, аналізу та обробки інформації з фотопасток представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Схема потоків даних обробки інформації з фотопасток

Основним джерелом даних є набір iNaturalist, який містить десятки тисяч зображень тварин у реальних природних умовах з розміткою за видами. Кожне зображення супроводжується анотаціями – видом тварини, геолокацією, умовами зйомки, міткою часу. Така розмітка дозволяє здійснювати повноцінну класифікацію тварин і забезпечує гнучкість у використанні даних як для трену-

вання, так і для валідації моделей. Дані представлені у форматах JPEG або PNG, що дозволяє інтегрувати їх у системи комп'ютерного зору з використанням фреймворків TensorFlow або PyTorch.

Для реалізації системи розпізнавання тварин у природному середовищі важливу роль відіграє чітко організована структура даних, яка забезпечує правильне функціонування алгоритмів глибокого навчання згорткових нейронних мереж. Вхідні дані в системі представлені у вигляді наборів зображень, що містять зображення тварин. Кожне зображення має певну анотацію, яка включає унікальний ідентифікатор зображення, назву виду тварини, координати, метадані інформацію. У випадку класифікації зображень за видами тварин дані структуровано у вигляді папок, де кожна папка відповідає окремому класу тварини, а всередині містяться відповідні зображення.

У процесі розробки інтелектуальної системи розпізнавання тварин у природному середовищі важливо обрати ефективне програмне забезпечення, яке забезпечить обробку зображень, побудову моделей глибокого навчання та зручність інтеграції компонентів у єдину систему. Мовою програмування для реалізації системи обрано Python. Це мова, яка має підтримку численних бібліотек, які необхідні для задач комп'ютерного зору, таких як OpenCV, TensorFlow, Keras, PyTorch, NumPy, Matplotlib, Pandas.

Створення моделі класифікатора для інтелектуальної системи розпізнавання тварин у природних середовищах ґрунтується на використанні методів машинного навчання, глибоких згорткових нейронних мережах, що зарекомендували себе як ефективний інструмент для обробки візуальної інформації. Загальна структура моделі класифікатора має наступні компоненти. Вхідний шар приймає зображення фіксованого розміру. Згорткові шари виконують фільтрацію вхідного сигналу, виділяючи просторові ознаки, контури, текстури, форми. Шари підвибірки зменшують розмірність простору ознак. Повнозв'язні шари виконують класифікацію на основі ознак, отриманих зі згорткових шарів. Вихідний шар обчислює ймовірності належності до кожного з класів тварин.

Для задачі багатокласової класифікації використовується категоріальна крос-ентропія як функція втрат. Навчання класифікатора полягає у знаходженні оптимальних параметрів, які мінімізують функцію втрат. Для цього застосовуються градієнтні методи оптимізації.

Оцінювання моделі класифікації тварин у природньому середовищі є важливим етапом перевірки її ефективності та надійності. Для цього використовуються стандартні метрики точності класифікації, які дозволяють кількісно визначити якість прогнозів моделі на основі тестових даних. Основними метриками є точність, прецизійність, повнота та F1-міра. Оцінка моделі за цими метриками дозволяє проаналізувати її здатність до точного розпізнавання тварин у природньому середовищі, виявити сильні та слабкі сторони класифікатора та внести необхідні зміни до архітектури або процесу навчання.

Експериментальна частина. Отримано два графіки точності та втрат під час навчання моделі. Ліва частина графік точності: як змінювалась точність на тренувальному і валідаційному наборах у кожній епосі. Права частина графіку втрат, як змінювались втрати під час навчання.

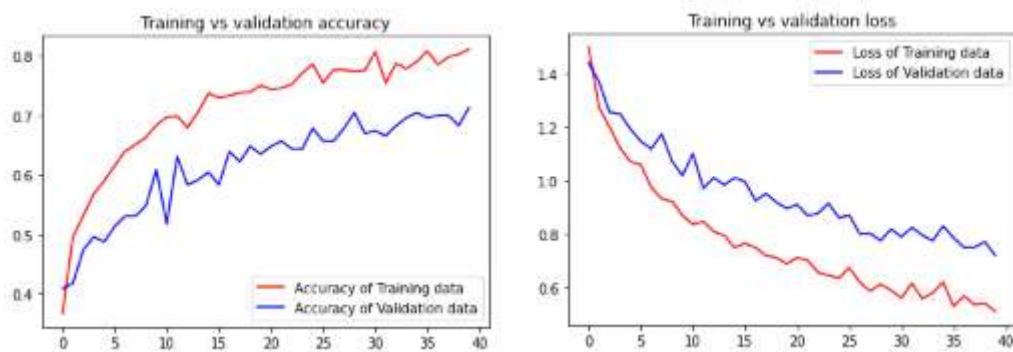


Рисунок 2. Графіки точності та втрат.

Матриця невизначеності надає чітке уявлення про те, як модель класифікує різні класи, де вона робить помилки і наскільки точно класифікує кожен клас.

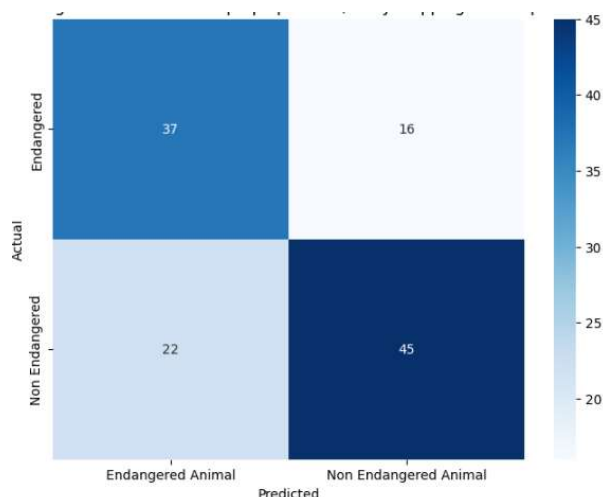


Рисунок 3. Матриця невизначеності

Висновок. Розроблена інформаційна система для розпізнавання тварин у природних середовищах, що використовує методи глибокого навчання. Розроблено математичну модель, яка лягла в основу алгоритму функціонування системи. Реалізована програмна модель системи показала свою ефективність під час тестування. Тестування підтвердило високу точність розпізнавання тварин на фотознімках. Результати дослідження демонструють потенціал використання даної системи в різних екологічних проектах. Отримані результати підкреслюють важливість інтеграції технологій глибокого навчання в екологічні дослідження і пропонують реальні рішення для проблем, які пов'язані із відстеженням тварин у їхніх природних середовищах.

Список використаних літературних джерел

- [1] Tabak, M., Norouzzadeh, M., & Wolfson, D. (2019). Machine learning to classify animal species in camera trap images: applications in ecology. *Methods in ecology and evolution*. 10(4), p. 585-590.
- [2] Schneider, S., Taylor, G., & Kremer, S. (2018). Deep learning object detection methods for ecological camera trap data. *Methods in ecology and evolution*, 9(11), p. 2573-2584.
- [3] Norouzzadeh, M., Nguyen, A., & Kosmala, M. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *PNAS*, 115(25), p. 5716-5725.

- [4] Kellenberger, B., Marcos, D., & Tuia, D. Detecting mammals in UAV images: best practices to address a substantially imbalanced dataset with deep learning. Remote sensing of environment. 216, p. 139-153.

Animal recognition in natural environments using deep learning methods

Andriy Kukhar, Ostap Dumanskyi

The work investigates methods for recognizing animals in natural environments using deep learning technologies. The project includes a literature review on the topic, analysis of existing information systems, and development of a software model. The main object of the research is a set of animal images used to train the model. An information system has been developed that is capable of identifying animals based on their images. It demonstrates high recognition accuracy, as confirmed by successful testing results.