

Головіна Н.В.

Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ

У статті описується процес розробки нейромережевої моделі для моніторингу лісових пожеж природного характеру. Модель навчається на наборі даних, який включає супутникові зображення, дані про погоду та дані про місцезнаходження пожеж. Оцінка показала, що модель має високу точність та ефективність у виявленні та прогнозуванні лісових пожеж.

Було виявлено та досліджено, що лісові пожежі є серйозною проблемою, яка щорічно завдає значної шкоди довкіллю та економіці. В Україні за останні роки спостерігається значне зростання кількості лісових пожеж. Традиційні методи моніторингу лісових пожеж, такі як спостереження з повітря та наземні патрулі, є трудомісткими та дорогими. Нейромережеві моделі мають потенціал стати більш ефективним та економічним інструментом для моніторингу лісових пожеж.

У цій роботі було розроблено нейромережеву модель для моніторингу лісових пожеж природного характеру. Модель навчається на наборі даних, який включає супутникові зображення, дані про погоду та дані про місцезнаходження пожеж. Для оцінки точності та ефективності моделі буде використовуватися тестовий набір даних.

Дослідження виконано з використанням знімків з відкритих джерел NASA Earth Observatory. Для обробки та аналізу супутникових зображень використано бібліотеки Python: Keras, TensorFlow, PyTorch.

Після розробки загального алгоритму роботи нейронної мережі було оброблено зображення, враховуючи ключові аспекти, що впливають на виявлення вогню. Для цього були використані такі методи: фільтрація шуму, сегментація зображення, виявлення країв, перетворення кольору, порогове значення, виявлення ключових точок.

Було розроблено та описано алгоритм навчання нейронної мережі. Наведено формулу згорткової нейронної мережі. Навчання було проведено за допомогою трьох різних наборів вхідних даних для виявлення найбільш ефективного методу.

У першому випадку було використано шумовий фільтр, сегментація зображення та кольорний простір для аналізу зображень та навчання нейронної мережі. У другому випадку було використано фільтр шуму по Гаусу, ключові точки для фільтри для виявлення меж.

У наступному випадку було використано всі функції аналізу вхідних зображень для навчання нейронної мережі. Остаточна точність нейронної мережі становить 92 %.

Розроблена нейромережева модель показала високу точність та ефективність у виявленні та прогнозуванні лісових пожеж. Вона може бути цінним інструментом для лісового господарства, служб пожежної безпеки та інших організацій, які відповідають за захист лісів.

Ключові слова: нейронні мережі, моніторинг лісових пожеж, супутникові зображення, машинне навчання, обробка зображень, штучний інтелект, згорткова нейронна мережа, обробка зображень.

Постановка проблеми. Лісові пожежі є серйозною проблемою, яка щорічно завдає значної шкоди довкіллю та економіці. У 2023 році в Україні сталося понад 1278 лісових пожеж. Зазначена кількість на 21,5 % більша від 2022 року та на 93,6 % більша від 2021 року. Ці пожежі не лише шкодять природі, а й спричиняють значні економічні збитки, пов'язані з втратою деревини, витратами на гасіння пожеж та пошкодженням інфраструктури.

Традиційні методи моніторингу лісових пожеж, такі як спостереження з повітря та наземні

патрулі, є трудомісткими та дорогими. Нейромережеві моделі мають потенціал стати більш ефективним та економічним інструментом для моніторингу лісових пожеж. Ці моделі можуть бути навчені на великих обсягах даних, таких як супутникові зображення, дані про погоду та дані про місцезнаходження пожеж, щоб виявляти та прогнозувати лісові пожежі.

Нейромережева модель для моніторингу лісових пожеж природного характеру може бути цінним інструментом для лісового господарства, служб пожежної безпеки та інших організацій, які

відповідають за захист лісів. Вона може допомогти запобігти лісовим пожежам, знизити їх вплив на довкілля та економіку, а також зберегти життя людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки було проведено значну кількість досліджень з розробки нейромережових моделей для моніторингу лісових пожеж. Ці моделі можуть бути навчені на великих обсягах даних, таких як супутникові зображення, дані про погоду та дані про місцезнаходження пожеж, щоб виявляти та прогнозувати лісові пожежі.

У цьому дослідженні [9] автори розробили нейромережову модель для виявлення лісових пожеж на супутникових зображеннях. Модель досягла точності 95 % на тестовому наборі даних.

У цьому дослідженні [11] автори розробили нейромережову модель для прогнозування поширення лісових пожеж. Модель змогла точно прогнозувати поширення пожеж протягом 24 годин.

У цьому дослідженні [2] автори розробили систему моніторингу лісових пожеж в реальному часі, яка використовує нейромережову модель для виявлення та прогнозування лісових пожеж. Система змогла успішно виявити та відстежити кілька лісових пожеж.

Нейромережові моделі мають великий потенціал для моніторингу лісових пожеж. Ці моделі можуть бути точними, ефективними та доступними, що робить їх цінним інструментом для лісового господарства, служб пожежної безпеки та інших організацій, які відповідають за захист лісів.

Постановка завдання. Метою статті є опис методології розробки нейромережової моделі для

моніторингу лісових пожеж природного характеру, а також оцінка її точності та ефективності.

У цій роботі буде розроблена нейромережова модель для моніторингу лісових пожеж природного характеру. Модель буде навчена на наборі даних, який включає супутникові зображення, дані про погоду та дані про місцезнаходження пожеж. Для оцінки точності та ефективності моделі буде використовуватися тестовий набір даних.

Очікується, що розроблена нейромережова модель зможе точно виявляти та прогнозувати лісові пожежі природного характеру. Модель також буде ефективною та економічною, що робить її цінним інструментом для моніторингу лісових пожеж [1].

Дослідження виконано з використанням знімків з відкритих джерел NASA Earth Observatory. Для обробки та аналізу супутникових зображень використано бібліотеки Python: Keras, TensorFlow, PyTorch.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження кількості пожеж в Україні за роками були використані дані Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) за період з 2010 по 2022 рік. Дані показують, що загальна кількість пожеж в Україні протягом досліджуваного періоду має тенденцію до зростання. Найбільша кількість пожеж спостерігалась у 2015 році (114 701 пожежа), 2020 році (80 654 пожежі) та 2022 році (102 376 пожеж). Найменша кількість пожеж спостерігалась у 2012 році (44 821 пожежа) та 2017 році (45 408 пожеж). На рис. 1 можна побачити загальну статистику по кількості лісових пожеж на території України за останні роки [12].

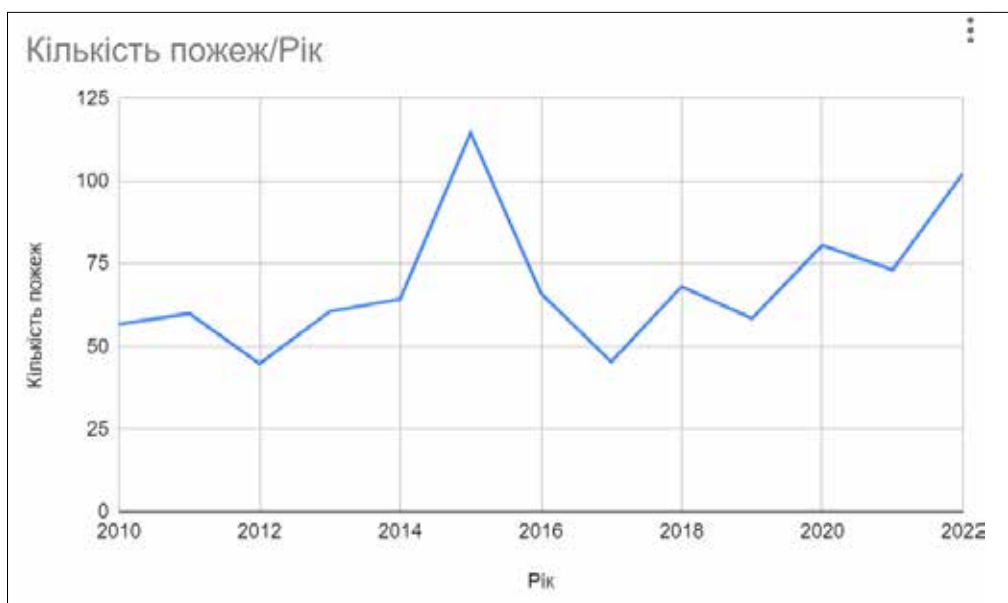


Рис. 1. Кількість лісових пожеж в Україні з 2010 по 2022 роки

Набір даних складається з необроблених зображень, які класифікуються як «пожежа», «відсутність пожежі» або «початок пожежі». Ці зображення потребують додаткової обробки перед використанням для навчання моделі.

Зображення обробляються таким чином, щоб відповідати формату моделі та забезпечити точне прогнозування лісових пожеж. Цей процес включає масштабування, нормалізацію та інші методи обробки зображень [13–16].

Оброблені зображення використовуються для навчання згорткової нейронної мережі. Для економії ресурсів та збереження обчислювальних потужностей застосовуються попередньо навчені ваги, які потім донавчаються на новому наборі даних.

Навчена модель отримує нове зображення як вхідні дані та прогнозує ймовірність пожежі для кожного класу. Навчання моделі здійснюється за допомогою наборів даних. Моделі для перевірки використовуються для оцінки точності навчання. Після перевірки модель проходить оцінку, щоб отримати кінцевий результат та оптимізувати продуктивність алгоритму. На рис. 2 зображено алгоритм роботи нейронної мережі.

Після розробки загального алгоритму роботи нейронної мережі потрібно було обробити зображення, враховуючи ключові аспекти, що впливають на виявлення вогню. Для цього були використані такі методи: фільтрація шуму, сегментація зображення, виявлення країв, перетворення кольору, порогове значення, виявлення ключових точок. Усі ці параметри дозволяють виявити ключові елементи лісової пожежі. Таким чином, для навчання моделі були підготовлені дані.

При проведенні дослідження було об'єднано кілька функцій. Різні комбінації надали можливість виявити найбільш ефективні методи навчання нейронної мережі.

Алгоритм згорткової нейронної мережі виглядає наступним чином:

$$A_{ij} = \sum \sum w_{kl} * X_{(i-k),j-l}$$

де

- 1) A_{ij} – елемент карти ознак на позиції (i, j) .
- 2) w_{kl} – значення ваги на позиції (k, l) в ядрі згортки.
- 3) $X_{(i-k),j-l}$ – значення елемента вхідної сітки на позиції $(i-k, j-l)$.
- 4) k і l – розміри ядра згортки.

Після згортки до карти ознак застосовується нелінійна функція активації, яка вводить елемент нелінійності в процес обробки.

У рамках дослідження було перевірено кілька випадків навчання нейронної мережі. Нижче представлено три різних способи з комбінацією окремих методів аналізу зображень [3–8].

У першому випадку (рис. 3) було використано шумовий фільтр, сегментація зображення та колірний простір для аналізу зображень та навчання нейронної мережі. Можна помітити, що точність результатів складає всього 77,23 %.

У другому випадку (рис. 4) було використано фільтр шуму по Гаусу, ключові точки для фільтри для виявлення меж. Можна помітити різкі переходи точності кривих при навчанні та перевірці алгоритму. Точність навчання зростає поступово. Оцінка точності даного алгоритму склала 77 %.

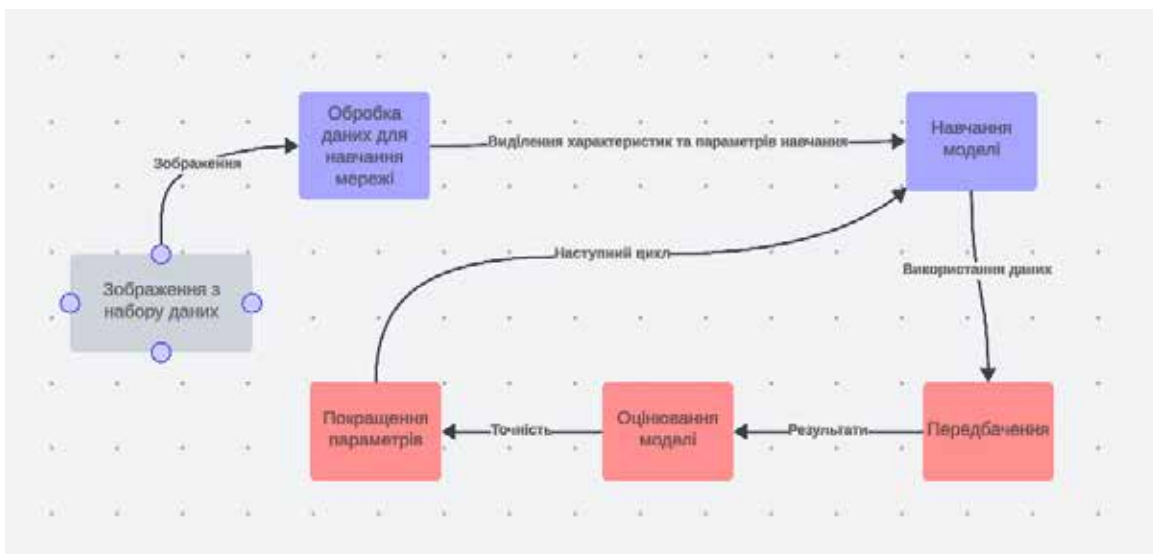


Рис. 2. Алгоритм роботи нейронної мережі

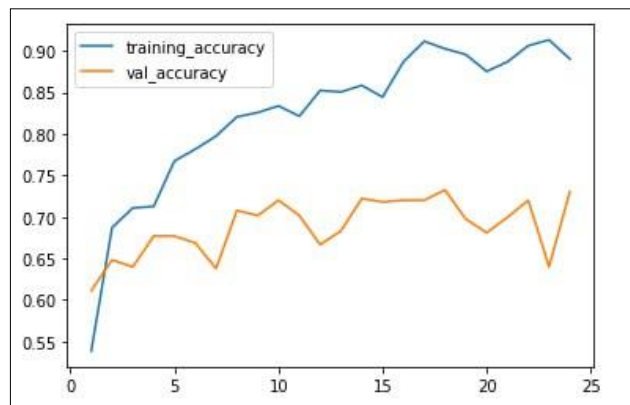


Рис. 3. Крива точності навчання нейронної мережі у першому випадку

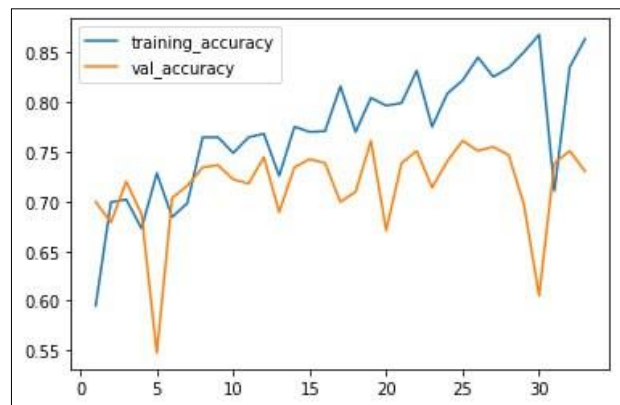


Рис. 4. Крива точності навчання нейронної мережі у другому випадку

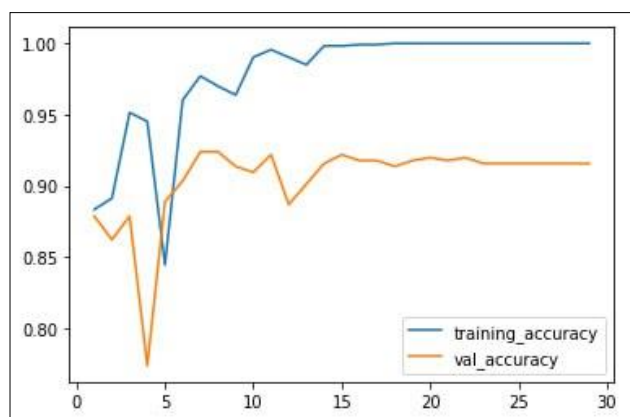


Рис. 5. Крива точності навчання нейронної мережі у третьому випадку

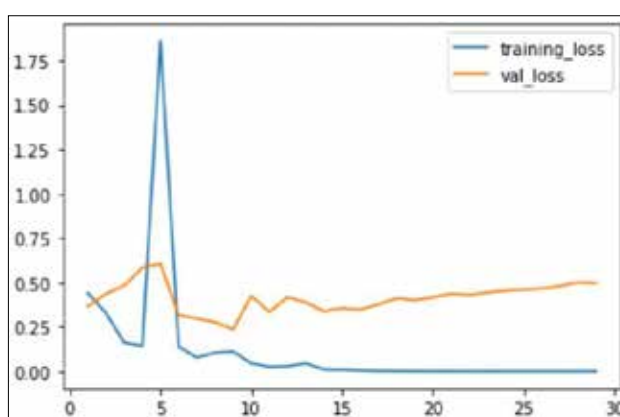


Рис. 6. Крива втрат

У наступному випадку було використано всі функції аналізу вхідних зображень для навчання нейронної мережі. На рис. 5 можна побачити, що остаточна модель має високий рівень точності у порівнянні з попередніми варіантами. Точність становить 92 %. Спочатку результати навчання змінюються по кривій, але потім точність вирівнюється.

У результаті навчання нейронної мережі за допомогою всіх методів аналізу зображення було оцінено точність навчання у порівнянні з усіма попередніми моделями. На кривій втрат (рис. 6) можна побачити, що спочатку рівень

помилки високий, але з часом ця крива вирівнюється [10].

Висновки. У даній статті було описано процес розробки нейромережевої моделі для моніторингу лісових пожеж природного характеру. Модель була навчена на наборі даних, який включає супутникові зображення. Оцінка показала, що модель має високу точність та ефективність у виявленні та прогнозуванні лісових пожеж. Результати даного дослідження будуть корисні для розробки повноцінної системи прийняття рішень для гасіння лісових пожеж та попередження надзвичайних ситуацій природного характеру.

Список літератури:

1. Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. (2019). Towards Industry 4.0 Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *Business Process Management Journal*, 25 (2, SI), P. 323–346. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>.
2. A. Sheryl Oliver; U. Ashwanthika; R. Aswitha. Detection of Forest Fire using Convolutional Neural Networks. *7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS)*. 2020. <https://doi.org/10.1109/ICSSS49621.2020.9202200>.
3. Barthe-Delanoë A.M. Event-driven agility of interoperability during the Run-time of collaborative processes. *Decision Support Systems*, 2014.

4. Bingsong He, Xueping Zhao, Zhiguo Zhou and Zheyi Fan. Implementation of a Fire Detection Algorithm on TMS320DM642 DSP using MATLAB/Simulink. [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/266646537_Implementation_of_a_Fire_Detection_Algorithm_on_TMS320DM642_DSP_using_MATLABSimulink (дата доступу: 10.04.2024).
5. Elia G., Polimeno G., Solazzo G., Passiante G.. A multi-dimension framework for value creation through big data, 2019.
6. Hayes D.R., Cappa F. Open-source intelligence for risk assessment, 2018.
7. Jeble S., Kumari S, Patil Y.. Role of Big Data in Decision Making. Operations and Supply Chain Management: An International Journal, 2018.
8. Oger R. Towards Decision Support Automation for Supply Chain Risk Management among Logistics Network Stakeholders. IFAC-PapersOnLine, 2018.
9. R. Shanmuga Priya; K. Vani. Deep Learning Based Forest Fire Classification and Detection in Satellite Images. 11th International Conference on Advanced Computing (ICoAC), 2019. <https://doi.org/10.1109/ICoAC48765.2019.246817>.
10. Simões-Marques, M., Figueira, J.R. How Can AI Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making?; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018.
11. Y. Safi, A. Bouroumi. Prediction of forest fires using Artificial neural networks. *Appl. Math. Sci.* Vol. 7. 2013, no. 5-8, 271-286. <https://doi.org/10.12988/ams.2013.13025>.
12. Борючись із лісовою пожежею та пандемією, Україна стикається з новим ворогом: наземними мінами. [Електронний ресурс] URL: <https://www.nytimes.com/2020/10/03/world/europe/ukraine-wildfires-landmines.html> (дата звернення: 10.04.2024).
13. Журавль І.М. Короткий курс теорії обробки зображень. [Електронний ресурс] URL: <https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734> (дата звернення: 10.04.2024).
14. Кветний Р.Н., Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. Комп'ютерне моделювання систем і процесів. Методи обробки. Частина 2. [Електронний ресурс]. URL: https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/zm2..htm (дата звернення: 10.04.2024).
15. Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф. Геоінформаційні технології в екології. – Чернівці, 2012. – 273 с. [Електронний ресурс] URL: https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/Ekologichna-heoinformatyka_literatura-dlia-lektsiy.pdf (дата звернення: 10.04.2024).
16. Тургай Челік. Швидкий і ефективний метод виявлення пожежі за допомогою обробки зображень. [Електронний ресурс]. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4218/etrij.10.0109.0695> (дата звернення: 10.04.2024).

Holovina N.V. DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK MODEL FOR MONITORING OF NATURAL FOREST FIRES

The article describes the process of developing a neural network model for monitoring natural forest fires. The model is trained on a dataset that includes satellite imagery, weather data, and fire location data. The evaluation showed that the model has high accuracy and efficiency in detecting and forecasting forest fires.

Forest fires have been identified and researched as a serious problem that causes significant environmental and economic damage every year. In recent years, there has been a significant increase in the number of forest fires in Ukraine. Traditional methods of forest fire monitoring, such as aerial surveillance and ground patrols, are time-consuming and expensive. Neural network models have the potential to become a more efficient and cost-effective tool for forest fire monitoring.

In this work, a neural network model was developed for monitoring natural forest fires. The model is trained on a dataset that includes satellite imagery, weather data, and fire location data. A test dataset will be used to evaluate the accuracy and performance of the model.

The study was carried out using images from the open sources of the NASA Earth Observatory. The Python libraries Keras, TensorFlow, PyTorch were used to process and analyze satellite images.

After developing a general neural network algorithm, the image was processed taking into account key aspects affecting fire detection. For this, the following methods were used: noise filtering, image segmentation, edge detection, color transformation, thresholding, key point detection.

A neural network learning algorithm was developed and described. The formula of a convolutional neural network is given. Training was performed using three different input data sets to identify the most effective method.

In the first case, a noise filter, image segmentation and color space were used for image analysis and neural network training. In the second case, a Gaussian noise filter was used, key points for edge detection filters.

In the following case, all input image analysis functions were used for neural network training. The final accuracy of the neural network is 92 %.

The developed neural network model showed high accuracy and efficiency in detecting and forecasting forest fires. It can be a valuable tool for forestry, fire protection services and other organizations responsible for forest protection.

Key words: *neural networks, forest fire monitoring, satellite imagery, machine learning, image processing, artificial intelligence, convolutional neural network, image processing.*