

Головіна Н. В., аспірант, викладач-стажист
кафедри Програмних засобів і технологій
Херсонського національного технічного університету
ORCID: 0000-0003-0985-0135

РОЗРОБЛЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ

У статті представлено результати дослідження та розроблення нейромережевої моделі моніторингу надзвичайних ситуацій природного характеру, а саме – лісових пожеж на території України. Було проведено дослідження лісових пожеж на території України. Проведено аналіз зображень. Побудовано нейромережеву модель.

Було зазначено, що розробка та проектування СППР для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні на основі технологій ШІ та аналізу зображень є науково новою задачею. Результати дослідження можуть бути використані для розробки та впровадження більш ефективних та надійних систем моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні.

Було проведено детальний аналіз літератури за темою. Виявлено слабкі місця та поставлено задачі для проведення дослідження. Дослідження виконано з використанням знімків з відкритих джерел NASA Earth Observatory. Для обробки та аналізу супутникових зображень використано бібліотеки Python: Keras, TensorFlow, PyTorch. За допомогою методів моделювання спроектовано архітектуру системи та показано варіанти використання.

Було виявлено, що ефективним підходом до зменшення ризику виникнення природних катастроф є розроблення та впровадження сучасної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для кожного регіону України. Така СППР акумулює інформацію про технічні, соціальні та економічні характеристики регіону з метою побудови ефективної стратегії запобігання природним катастрофам.

Було наведено модель навчання нейронної мережі виглядає наступним чином. Набір даних містить зображення в необробленому вигляді, де вони позначені як пожежа, відсутність пожежі або початок пожежі. Зображення потрібно додатково обробити, перш ніж використовувати його для навчання моделі.

У статті наведено алгоритм навчання нейронної мережі. Було представлено формулу з детальним поясненням коефіцієнтів. Було побудовано кілька різних моделей нейронної мережі для виявлення максимально ефективного варіанту навчання. У результаті навчання згорткової нейронної мережі було виявлено, що краще за все використовувати всі функції для навчання. Було досягнуто точності нейронної мережі 92%. У майбутньому можна покращити роботу алгоритму, щоб підвищити точність. Результати роботи нейронної мережі використано для СППР задля раннього виявлення та попередження лісових пожеж на території України.

Ключові слова: нейромережева модель, згорткова нейронна мережа, СППР, аналіз зображень, точність навчання, лісові пожежі, супутникові зображення.

Holovina N. V. Computer intelligence technologies usage for images analysis with the purpose of developing and designing a decision support system for monitoring and prevention of forest fires in Ukraine

The article presents the results of research and development of a neural network model for monitoring natural emergencies, namely forest fires in Ukraine. A study of forest fires on the territory of Ukraine was conducted. Image analysis was carried out. A neural network model was built.

It was pointed out that the development and design of the DSS for monitoring and preventing forest fires in Ukraine based on AI technologies and image analysis is a scientifically new task. The results of the study can be used for the development and implementation of more effective and reliable forest fire monitoring and prevention systems in Ukraine.

A detailed analysis of the literature on the topic was carried out. Weaknesses were identified and tasks for research were set. The study was carried out using images from the open sources of the NASA Earth Observatory. Python libraries: Keras, TensorFlow, PyTorch were used to process and analyze satellite images. With the help of modeling methods, the system architecture is designed and usage options are shown.

It was found that an effective approach to reducing the risk of natural disasters is the development and implementation of a modern decision support system (DSS) for each region of Ukraine. Such a DSS accumulates information about the technical, social and economic characteristics of the region in order to build an effective strategy for the prevention of natural disasters.

The neural network learning model was given as follows. The dataset contains raw images where they are labeled as fire, no fire, or fire initiation. The image needs to be further processed before it can be used to train the model.

The article describes the learning algorithm of a neural network. A formula was presented with a detailed explanation of the coefficients. Several different neural network models were built to identify the most effective learning option. As a result of convolutional neural network training, it was found that it is best to use all features for training. A neural network accuracy of 92% was achieved. In the future, the algorithm can be improved to improve accuracy. The results of the neural network were used for the SPPR for the early detection and prevention of forest fires in Ukraine.

Key words: neural network model, convolutional neural network, DSS, image analysis, training accuracy, forest fires, satellite images.

Постановка проблеми. Лісові пожежі є серйозною проблемою в Україні, що завдає значної шкоди довкіллю, економіці та людському здоров'ю. Щорічно в Україні виникає тисячі лісових пожеж, які знищують тисячі гектарів лісів, завдають мільйонних збитків та призводять до загибелі людей.

Традиційні методи моніторингу та попередження лісових пожеж, такі як наземні спостереження та авіапатрулювання, не завжди є ефективними, особливо у віддалених та важкодоступних районах. Використання технологій обчислювального інтелекту (ШІ) та аналізу зображень з супутників та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) пропонує перспективний метод для розробки більш ефективних та надійних систем моніторингу та попередження лісових пожеж.

Розробка та проектування СППР для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні на основі технологій ШІ та аналізу зображень є науково новою задачею. Результати дослідження можуть бути використані для розробки та впровадження більш ефективних та надійних систем моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вільям Уоллес і Франк Де Балог [1] були одними з перших, хто визнав чотири фази управління кризою: запобігання, підготовка, відповідь і відновлення. Кризові реакції активуються під час фази відповіді. До складу цих осередків входять керівники служби екстреної допомоги, представники місцевої влади тощо. Вони ініціюють, координують і контролюють виконання всіх заходів, спрямованих на подолання кризи та її наслідків. Кризові осередки інформуються зацікавленими сторонами, які також отримують вказівки від своїх кризових осередків. «Фокус у тому, щоб бути готовим до несподіванок» – Патрік Лагадек [2]

Данієла Фоглі та Джованні Гіда [3] підкреслюють важливість структурованого та скоординованого управління реагуванням на кризу, підкріпленою системою підтримки прийняття рішень, яка здатна:

- 1) обмінюватися інформацією з громадянами,
- 2) взаємодіяти з іншими інформаційними системами,
- 3) координація неоднорідних і автономних зацікавлених сторін,
- 4) передбачення наслідків прийнятих рішень.

На їхню думку, зручність використання системи залежить від чіткого вибору концепцій і її здатності моделювати будь-які кризові ситуації.

Використання онтології або метамоделі [4] забезпечує взаємодію усіх описаних вище компонентів. Інші вимоги, висунуті Фоглі та Гіда [3], доповнюють підхід, запропонований Мікою Ендслі [5] для підтримки осіб, які приймають рішення, що стикаються зі складними ситуаціями, що розвиваються, шляхом підвищення їх усвідомлення ситуації. Цей підхід залежить від трьох етапів: сприйняття деяких елементів середовища, розуміння поточної ситуації та проектування ситуації в найближчому майбутньому. Процес пізнання, запропонований групою учених [9-10] підтримує ці три кроки. Цей процес включає такі дії: визначення цілей, збір даних, визначення ситуації, застосування правил, вжиття заходів, навчання та розвиток.

По-перше, щоб автоматизувати етапи сприйняття та збору, системі потрібен доступ до даних, які постійно випромінюють численні, різноманітні, відомі та невідомі джерела. Ця ситуація називається 4V великих даних. Як визначено в роботі [6], це великий, масивний обсяг даних, який постійно генерується та потребує обробки для підтримки прийняття рішень у режимі реального часу. Другий із 4V пов'язаний із швидкістю через динамічність середовища, яка спричиняє застарілий вміст. Крім того, дані генеруються в різних форматах і типах численними різноманітними джерелами, що ставить під сумнів сумісність між системами [7]. Нарешті, останнє V стосується правдивості наявних даних, іншими словами, їх невизначеності [8], їх об'єктивності та достовірності.

Питаннями аналізу зображень для детектування природних катастроф з використанням технологій обчислювального інтелекту з метою їх запобігання та збереження життя людей займається автор роботи [11]. У цій роботі вводиться суттєво новий підхід «розробки за допомогою моделювання» для створення та впровадження алгоритму виявлення пожежі за допомогою TMS320DM642 DSP та MATLAB/Simulink. Модель алгоритму виявлення пожежі побудована в Simulink у вигляді графічних блоків. Код С автоматично генерується з блок-діаграм за допомогою Майстерні реального часу (RTW). Виконуваний файл, створений з коду С через с-компілятор TI DSP, завантажується на цільову плату DSP і реалізується через DSP. Ця методологія проектування відкриває більш легкий шлях для реалізації складного алгоритму високого рівня в цифровому сигнальному процесорі (DSP). Експериментальні результати показують, що запропонований підхід не тільки має хороші показники виявлення, але й ефективно спрощує процес розробки.

У цій роботі [12] автор розглядає алгоритм виявлення пожежі на основі комп'ютерного зору. Запропонований алгоритм виявлення пожежі складається з двох основних частин: моделювання кольору вогню і виявлення напрямку його руху. Алгоритм можна використовувати паралельно зі звичайними системами виявлення пожежі для зменшення ризиків помилкового виявлення тривоги. Його також можна розгорнути як автономну систему виявлення пожежі за допомогою спеціальних датчиків через пристрій збору відео. Запропонована модель кольору вогню перевірена з десятьма різноманітними послідовностями, включаючи різні типи вогню. Експериментальні результати досить обнадійливі з точки зору правильної класифікації

пікселів вогню за кольором. Загальна система виявлення пожежі продуктивність перевіряється на еталонному відеозаписі бази даних, а її ефективність порівнюють із найсучаснішим методом виявлення пожежі.

Стаття [13] описує методи геоінформаційного моніторингу. Геоінформаційний моніторинг застосовують для спостереження і гасіння лісових пожеж. Стаття описує космічний моніторинг. Космічний моніторинг є складовою частиною геоінформаційного моніторингу. Стаття описує спеціалізовану інформаційну систему моніторингу. Стаття показує особливості моделювання при проведенні моніторингу. Комплексний моніторинг є основою моніторингу листяних пожеж. Спеціалізована інформаційна система моніторингу пожеж (СІСМП) забезпечує збір, зберігання, обробку і поширення геоданих про пожежі в лісах, умовах виникнення і розвитку лісових пожеж, рівні їх впливу на навколишнє середовище, одержуваних на основі наземних, повітряних і космічних засобів і методів спостереження за лісовими пожежами і погодними умовами. Масштаб технічної реалізації цієї системи може бути від окремої ГІС до ситуаційної кімнати. Інформаційна підтримка системи здійснюється на порталі. Інформація, представлена у вигляді сукупності таблиць, електронних тематичних карт і результатів обробки супутникових зображень, оперативно оновлюється на сервері в режимі реального часу.

Мета статті полягає у дослідженні різних методів аналізу зображень лісових пожеж з метою побудови архітектури нейронної мережі для раннього виявлення та попередження лісових пожеж.

Дослідження виконано з використанням знімків з відкритих джерел NASA Earth Observatory [11]. Для обробки та аналізу супутникових зображень використано бібліотеки Python: Keras, TensorFlow, PyTorch [10]. За допомогою методів моделювання спроектовано архітектуру системи та показано варіанти використання.

Виклад основного матеріалу. Ефективним підходом до зменшення ризику виникнення природних катастроф є розроблення та впровадження сучасної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для кожного регіону України. Така СППР акумулює інформацію про технічні, соціальні та економічні характеристики регіону з метою побудови ефективної стратегії запобігання природним катастрофам. За допомогою СППР також можна розробляти плани евакуації населення різних груп мобільності при масових лісових пожежах та розробляти плани розгортання пунктів евакуації для приймання, ведення обліку евакуйованого населення, матеріальних і культурних цінностей [13].

СППР – це інформаційна система, що здійснює підтримку прийняття рішень шляхом вибору найкращого варіанту та шляхом розробки та порівняння кількох альтернатив для розв’язання поставлених завдань або самостійно визначених цілей [12].

Компоненти СППР включають керування даними, керування моделлю, інтерфейс користувача, управління знаннями та користувачами, як показано на рис. 1. СППР – це інтерактивна система, яка дозволяє особам, які приймають рішення, легко аналізувати та оцінювати моделі рішень і обробляти дані для розв’язання складних і неструктурованих завдань прийняття рішень.

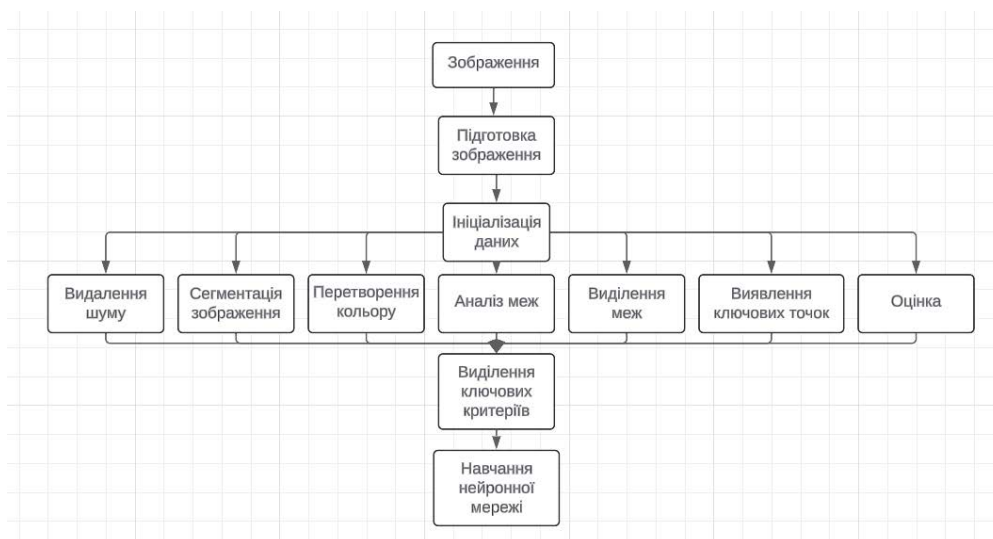


Рис. 1. Компоненти нейронної мережі СППР

Модель навчання нейронної мережі виглядає наступним чином. Набір даних містить зображення в необробленому вигляді, де вони позначені як пожежа, відсутність пожежі або початок пожежі. Зображення потрібно додатково обробити, перш ніж використовувати його для навчання моделі. На рис. 2 представлена архітектура для навчання моделі нейронної мережі виявлення пожежі.

Зображення обробляються таким чином, щоб відповідати моделі та забезпечити точне прогнозування лісової пожежі. Після обробки зображень вони використовуються для навчання згорткової нейронної

мережі. Для економії ресурсів та збереження обчислювальних можливостей використовуються початково навчені вагові коефіцієнти, які проходять повторне навчання за допомогою нового набору вхідних даних.

Далі модель використовує вхідні дані та прогнозує імовірність пожежі для кожного класу. Набори даних використовуються для навчання моделі. Моделі для перевірки допомагають перевірити точність навчання моделі. Після перевірки модель проходить оцінку для того, щоб отримати кінцевий результат для досягнення оптимальної продуктивності алгоритму.

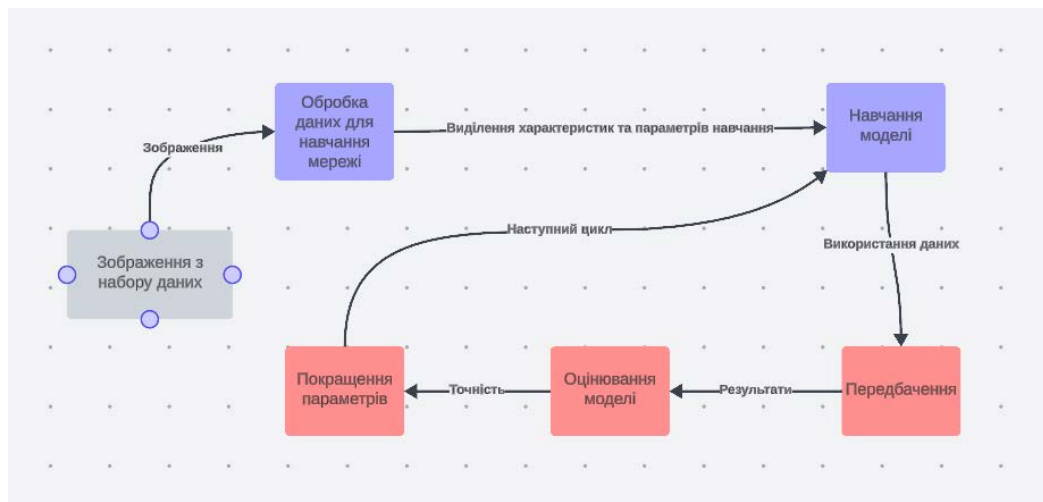


Рис. 2. Архітектура для навчання моделі нейронної мережі для виявлення пожежі

На рис. 3 можна побачити один з результатів обробки зображень – трансформацію кольору. Це необхідно для того, щоб додати новий відтінок з метою забезпечення додаткової продуктивності алгоритму. Крім того, зміна спектру дає можливість краще виявити дим та вогонь. Даний кольоровий спектр дає можливість виявити більше деталей.

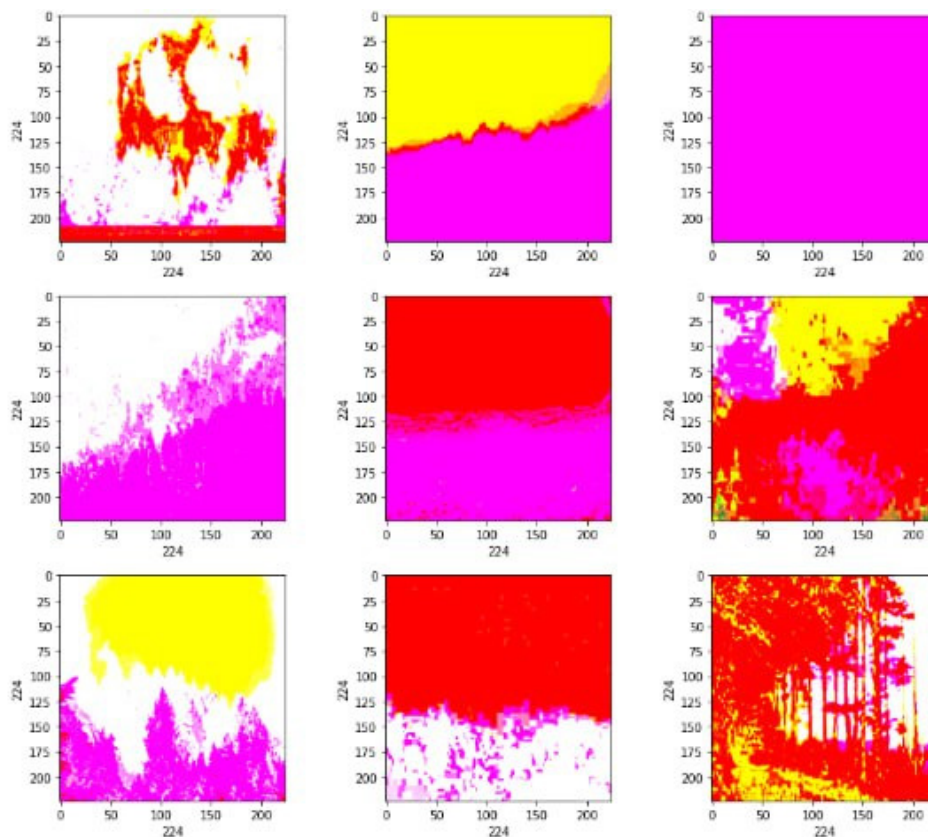


Рис. 3. Трансформація кольору

Далі було виділено порогові значення (рис. 4) для навчання моделі. Для досягнення мети краще розрізняти деталі зображення. Після цього використано виявлення країв для того, щоб краще розподілити об'єкт вогню на досліджуваному зображенні. Виявлено ключові точки, орієнтацію зображення. Детальний аналіз та численні комбінації функцій підвищують ефективність навчання нейронної мережі.

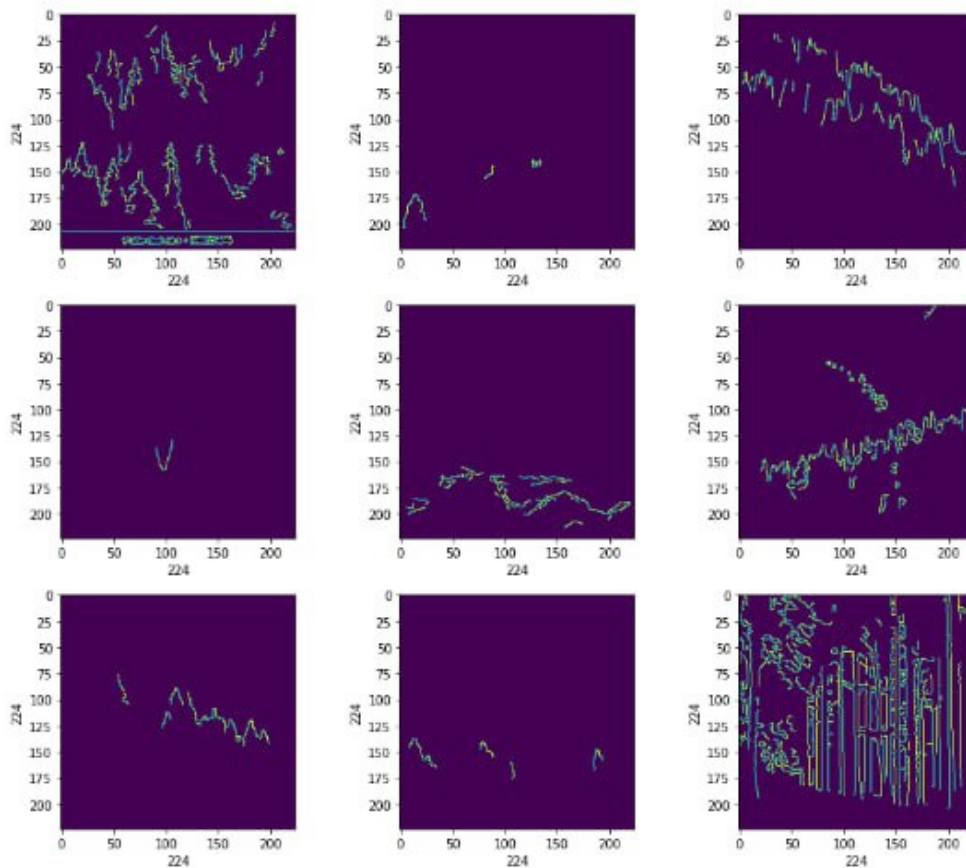


Рис. 4. Визначення порогового значення

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 першому випадку (рис. 5) 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. 6) 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%.

У наступному випадку було використано всі функції аналізу вхідних зображень для навчання нейронної мережі. На рис. 7 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.

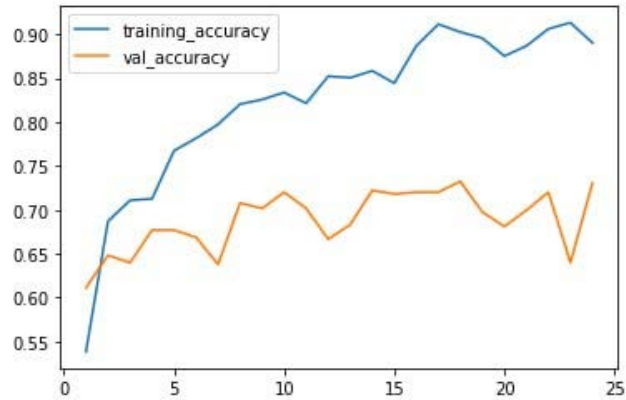


Рис. 5. Крива точності навчання нейронної мережі у першому випадку

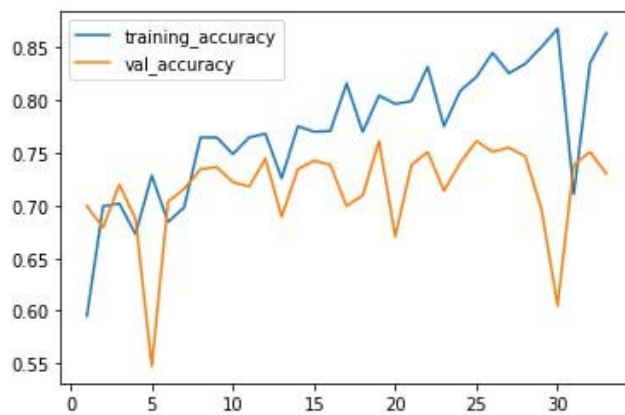


Рис. 6. Крива точності навчання нейронної мережі у другому випадку

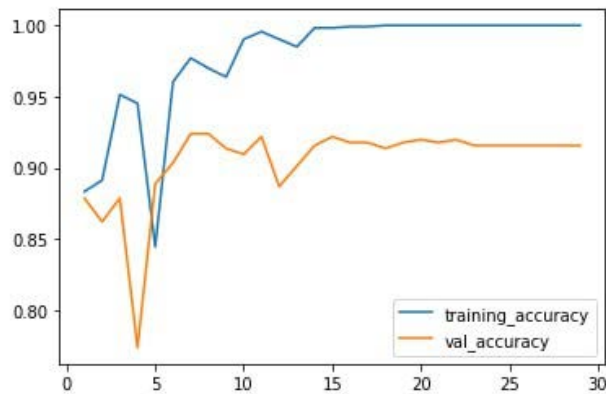


Рис. 7. Крива точності навчання нейронної мережі у третьому випадку

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. У ході проведеного дослідження було досліджено різні способи для аналізу вхідних зображень з метою побудови нейронної мережі для раннього виявлення та попередження лісових пожеж. Було побудовано архітектуру навчання нейронної мережі. Приведено послідовні функції аналізу зображень. Досліджено різні методи навчання нейронної мережі. Виявлено найбільш ефективний алгоритм навчання згортової нейронної мережі з точністю 92%. У майбутньому можна покращити роботу алгоритму, щоб підвищити точність. Результати роботи нейронної мережі використано для СППР задля раннього виявлення та попередження лісових пожеж на території України.

Список використаних джерел:

1. Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. Towards Industry 4.0 Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *Business Process Management Journal*, 2019. 25(2, SI), 323–346. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>
2. Barthe-Delanoë A.M. Event-driven agility of interoperability during the Run-time of collaborative processes. Системи підтримки прийняття рішень, 2014.
3. 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).
4. Elia G., Polimeno G., Solazzo G., Passiante G.. A multi-dimension framework for value creation through big data, 2019.
5. Hayes D.R., Cappa F. Open-source intelligence for risk assessment, 2018.
6. Jeble S., Kumari S, Patil Y.. Role of Big Data in Decision Making. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 2018.
7. Oger R. Towards Decision Support Automation for Supply Chain Risk Management among Logistics Network Stakeholders. *IFAC-PapersOnLine*, 2018 рік.
8. Simões-Marques, M., Figueira, J.R. How Can AI Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making?; Springer: Берлін/Гайдельберг, Німеччина, 2018.
9. 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).
10. 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).
11. 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. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/zm2..htm (дата звернення: 10.04.2024).
12. Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф. Геоінформаційні технології в екології: Навч. посіб. – Чернівці, 2012. – 273 с. URL: https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/Ekolohichna-heoinformatyka_literatura-dlia-lektsiy.pdf (дата звернення: 10.04.2024).
13. Тургай Челік. Швидкий і ефективний метод виявлення пожежі за допомогою обробки зображень. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4218/etrij.10.0109.0695> (дата звернення: 10.04.2024).

References:

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), 323–346. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>
2. Barthe-Delanoë A.M. Event-driven agility of interoperability during the Run-time of collaborative processes. *Systemy pidtrymky pryiniattia rishen*, 2014.
3. Bingsong He, Xueping Zhao, Zhiguo Zhou and Zheyi Fan. Implementation of a Fire Detection Algorithm on TMS320DM642 DSP using MATLAB/Simulink. [Elektronnyi resurs] URL: https://www.researchgate.net/publication/266646537_Implementation_of_a_Fire_Detection_Algorithm_on_TMS320DM642_DSP_using_MATLABSimulink (data dostupu: 10.04.2024).
4. Elia G., Polimeno G., Solazzo G., Passiante G.. A multi-dimension framework for value creation through big data, 2019.
5. Hayes D.R., Cappa F. Open-source intelligence for risk assessment, 2018.
6. Jeble S., Kumari S, Patil Y.. Role of Big Data in Decision Making. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 2018.
7. Oger R. Towards Decision Support Automation for Supply Chain Risk Management among Logistics Network Stakeholders. *IFAC-PapersOnLine*, 2018 рік.
8. Simões-Marques, M., Figueira, J.R. How Can AI Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making?; Springer: Berlin/Haidelberh, Nimechchyna, 2018.
9. Boriuchys iz lisovoju pozhezheju ta pandemiiu, Ukraina stykaietsia z novym vorohom: nazemnymy minamy. [Elektronnyi resurs] URL: <https://www.nytimes.com/2020/10/03/world/europe/ukraine-wildfires-landmines.html> (data zvernennia: 10.04.2024).
10. Zhuravl I.M. Korotkyi kurs teorii obrobky zobrazhen. [Elektronnyi resurs] URL: <https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734> (data zvernennia: 10.04.2024).
11. Kvietnyi R.N., Bohach I.V., Boiko O.R., Sofina O.Iu., Shushura O.M. Kompiuterne modeliuвання system i protsesiv. Metody obrobky. Chastyna 2. [Elektronnyi resurs] URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/zm2..htm (data zvernennia: 10.04.2024).
12. Pitak I.V., Nehadailov A.A., Masikevych Yu.H., Pliatsuk L.D., Shaporiev V.P., Moiseiev V.F. Heoinformatsiini tekhnolohii v ekolohii: Navch.posib. – Chernivtsi, 2012. – 273 s. [Elektronnyi resurs] URL: https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/Ekolohichna-heoinformatyka_literatura-dlia-lektsiy.pdf (data zvernennia: 10.04.2024).
13. Turhai Chelyk. Shvydkyi i efektyvnyi metod vyavlennia pozhezhi za dopomohoiu obrobky zobrazhen. [Elektronnyi resurs] URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4218/etrij.10.0109.0695> (data zvernennia: 10.04.2024).