

Н. В. ГОЛОВІНА

аспірант, викладач-стажист кафедри програмних засобів і технологій
Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0003-0985-0135

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ

У статті наведено результати дослідження та розробки системи підтримки прийняття рішень для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні. Було розглянуто проблематику лісових пожеж на території України. Досліджено традиційні методи моніторингу та фіксації лісових пожеж. Виявлено їх недосконалість. Наведено огляд літератури, що займається розглядом даної проблеми.

У статті зазначено, що традиційні методи моніторингу та попередження лісових пожеж, такі як наземні патрулі та спостереження з повітря, часто є неефективними та дорогими. Використання сучасних технологій, таких як дистанційне зондування Землі, штучний інтелект та системи підтримки прийняття рішень (СППР), може значно покращити ефективність моніторингу та попередження лісових пожеж. Саме тому є важливою проблематика розроблення програмного забезпечення, яке забезпечило б виявлення лісових пожеж, є вкрай важливою.

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.

У статті описано поняття СППР. При розробці СППР для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні було виявлено потреби користувачів та побудовано діаграму варіантів використання. Було описано основні компоненти створюваної системи та розроблено архітектуру.

Розглянуто принципи роботи алгоритму СППР для аналізу зображень. Спочатку дані зображень зчитуються та приводяться до одного формату. Далі за допомогою методів навчання нейромережі потрібно видалити шум, сегментувати зображення, виділивши зони вогню, перетворити колір, проаналізувати межі та ключові точки. На основі цього формується оцінка зображення. Алгоритм повторюється протягом кількох циклів для отримання більш точних результатів передбачення.

Після первинної обробки зображень та їх аналізу було розроблено алгоритм навчання нейронної мережі. У результаті було побудовано модель згорткової нейронної мережі, точність якої сягає 92%. Розроблена система підтримки прийняття рішень показує гарні результати виявлення вогню на ранніх стадіях, але є ще можливістю для подальшого вдосконалення алгоритму.

Ключові слова: лісові пожежі, моніторинг, попередження, система підтримки прийняття рішень, супутникові зображення, згорткова нейронна мережа.

N. V. HOLOVINA

Postgraduate Student,

Lecturer-Intern at the Department of Software Tools and Technologies

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0003-0985-0135

DECISION SUPPORT SYSTEM DEVELOPMENT FOR MONITORING AND PREVENTION OF FOREST FIRES IN UKRAINE

The article presents the results of research and development of a decision support system for forest fire monitoring and prevention in Ukraine. The issue of forest fires on the territory of Ukraine was considered. Traditional methods of monitoring and recording forest fires were studied. Their imperfection was revealed. An overview of the literature dealing with this problem is given.

The paper notes that traditional methods of forest fire monitoring and prevention, such as ground patrols and aerial surveillance, are often ineffective and expensive. The use of modern technologies, such as remote sensing of the Earth, artificial intelligence and decision support systems (DSS), can significantly improve the effectiveness of forest fire monitoring and prevention. That is why the problem of developing software that would ensure the detection of forest fires is extremely important.

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.

The article describes the concept of DSS. During the development of the CSDP for forest fire monitoring and prevention in Ukraine, the needs of users were identified and a diagram of use cases was constructed. The main components of the created system were described and the architecture was developed.

The working principles of the DSS algorithm for image analysis are considered. First, the image data is read and converted to a single format. Next, with the help of neural network training methods, you need to remove noise, segment the image by highlighting areas of fire, transform color, analyze boundaries and key points. Based on this, an image assessment is formed. The algorithm is repeated for several cycles to obtain more accurate prediction results.

After primary image processing and analysis, a neural network learning algorithm was developed. As a result, a convolutional neural network model was built, the accuracy of which reaches 92%. The developed decision support system shows good results in fire detection in the early stages, but there are still opportunities for further improvement of the algorithm.

Key words: forest fires, monitoring, warning, decision support system, DSS, satellite images, convolutional neural network.

Постановка проблеми

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

Традиційні методи моніторингу та попередження лісових пожеж, такі як наземні патрулі та спостереження з повітря, часто є неефективними та дорогими. Використання сучасних технологій, таких як дистанційне зондування Землі, штучний інтелект та системи підтримки прийняття рішень (СППР), може значно покращити ефективність моніторингу та попередження лісових пожеж. Саме тому є важливою проблематика розроблення програмного забезпечення, яке забезпечило б виявлення лісових пожеж, є вкрай важливою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У цій роботі [9] автори досліджують можливості використання сучасних обчислювальних технологій для моніторингу лісових пожеж. Автори описують методи збору та обробки даних геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі, а також демонструють приклади використання цих даних для виявлення, відстеження та оцінки лісових пожеж.

У цій роботі [14] автори описують методи виявлення пожеж в екосистемах за допомогою супутникових зображень з низькою роздільною здатністю. Автори пропонують використовувати алгоритм, який базується на аналізі спектральних індексів та текстурних характеристик зображень. Алгоритм був протестований на наборі даних супутникових зображень та показав високу точність виявлення пожеж.

У цій роботі [19] автори описують інформаційну систему для аналізу геоданих, що використовується для відстеження змін рослинності. Інформаційна система використовує дані дистанційного зондування Землі для виявлення та оцінки змін у часі. Автори демонструють можливості інформаційної системи на прикладі дослідження змін лісового покриву.

Отже, зроблений аналіз свідчить про те, що у сфері розробки сучасних систем підтримки прийняття рішень на основі обчислювального інтелекту та машинного навчання є місце для досліджень. В Україні поки що не існує оптимальних аналогів, що дозволили б проводити моніторинг лісових пожеж у режимі реального часу.

Формулювання мети дослідження

Мета статті полягає у розробці системи підтримки прийняття рішень (СППР) для моніторингу, раннього реагування та попередження лісових пожеж в Україні з використанням методів аналізу супутникових зображень та згорткової нейронної мережі.

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.

Викладення основного матеріалу дослідження

Поняття СППР. 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 [1; 7–8].

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 [2].

Побудова архітектури. При розробці СППР для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні було виявлено потреби користувачів та побудовано діаграму варіантів використання, яку зображено на рис. 1. Для побудови всіх моделей використано безкоштовний сервіс побудови онлайн-діаграм LucidChart.

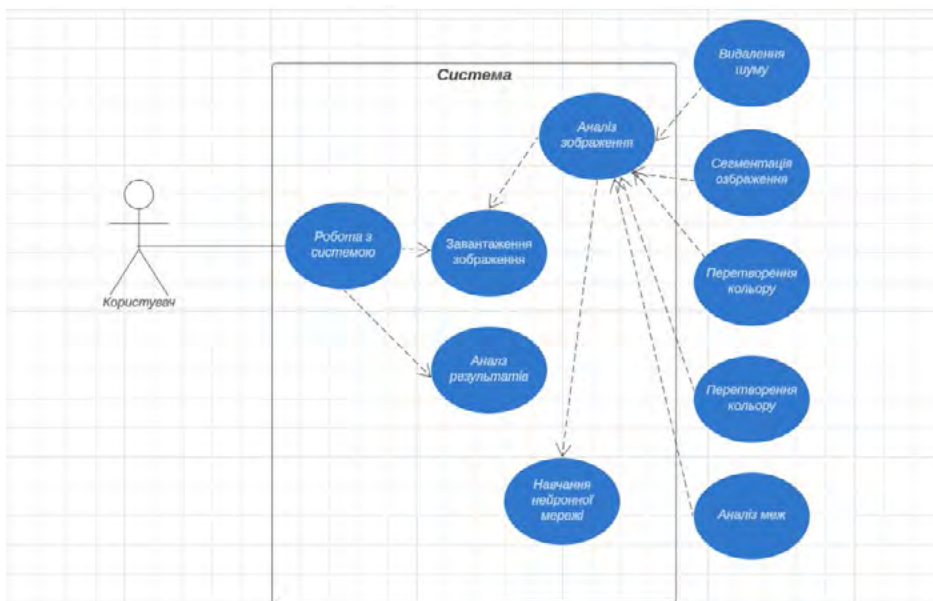


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

На діаграмі можна побачити основні сценарії використання додатка для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні. Користувач, взаємодіючи із системою, може завантажити зображення. Далі зображення проходить обробку та аналіз, видаючи результат кінцевому користувачу.

Основні компоненти розроблюваної СППР. Компоненти СППР [6] включають керування даними, керування моделлю, інтерфейс користувача, управління знаннями та користувачами, як показано на рис. 2. 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 [1–5].

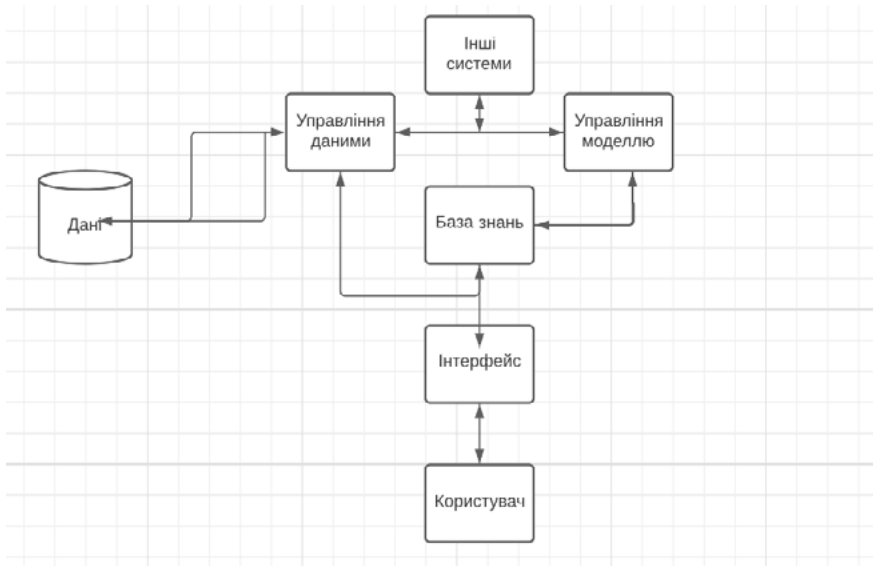


Рис. 2. Компоненти СППР

На рисунку 3 можна побачити принципи роботи алгоритму СППР для аналізу зображень. Спочатку дані зображень зчитуються та приводяться до одного формату. Далі за допомогою методів навчання нейронмережі потрібно видалити шум, сегментувати зображення, виділивши зони вогню, перетворити колір, проаналізувати межі та ключові точки. На основі цього формується оцінка зображення. Алгоритм повторюється протягом кількох циклів для отримання більш точних результатів передбачення. Натренована нейронна мережа використовується для аналізу зображень. На рис. 4 можна побачити загальний алгоритм, як працює нейронна мережа. На рис. 5 зображено діаграму, яка показує принцип роботи СППР.

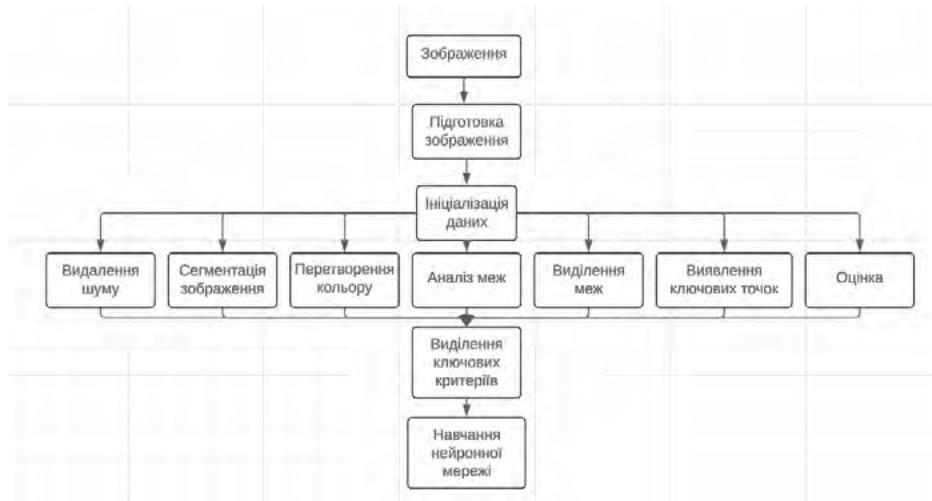


Рис. 3. Алгоритм аналізу зображень СППР

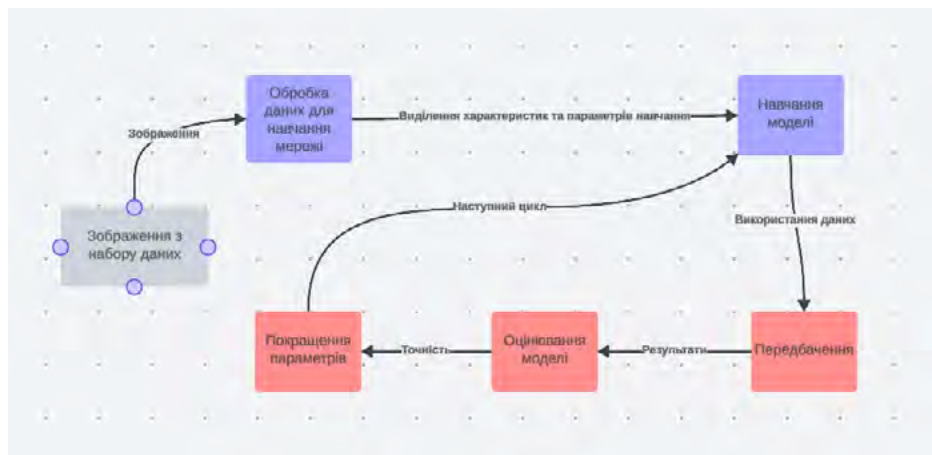


Рис. 4. Алгоритм роботи згорткової нейронної мережі

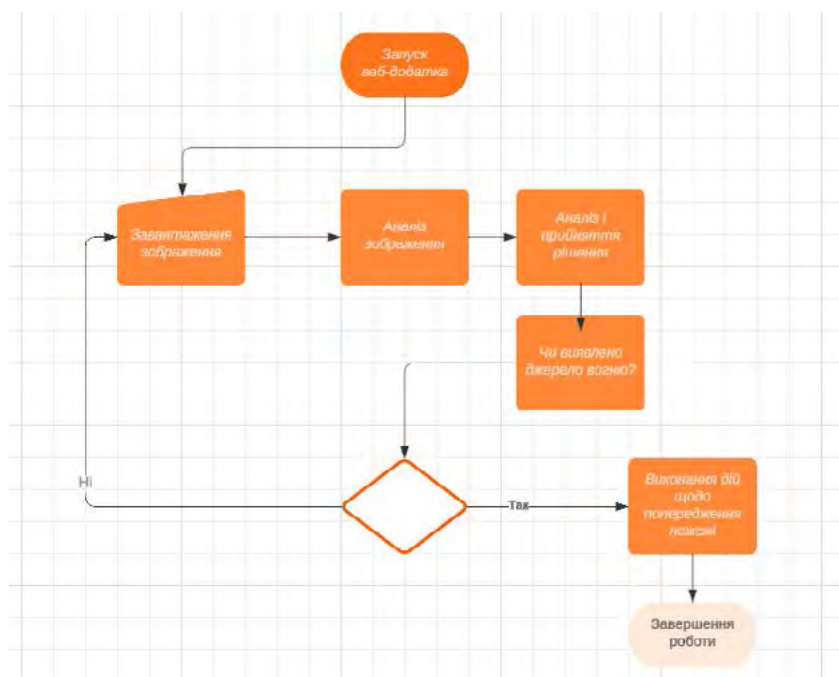


Рис. 5. Алгоритм роботи СППР

На основі побудованих моделей було розроблено алгоритм навчання згорткової нейронної мережі [15–18, 20].

Розробка нейронної мережі для навчання системи підтримки прийняття рішень. Після первинної обробки зображень та їх аналізу було розроблено алгоритм навчання нейронної мережі. Для побудови моделі оптимальним рішенням є об'єднання всіх ознак. На рис. 6 можна побачити графік з кривою точності та витрат навчання нейронної мережі [12–13].

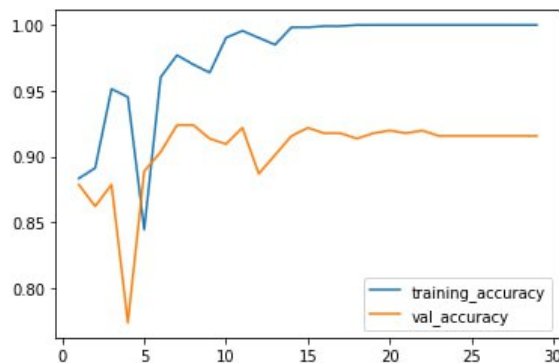


Рис. 6. Результати роботи нейронної мережі

На основі прогнозів цієї моделі на невідомому тестовому наборі даних оцінювана точність моделі становить 92%. Це підтверджує гіпотезу про те, що об'єднання всіх ознак є більш ефективним для виявлення усіх вогневих патернів на зображеннях.

Діагональні елементи наведеної матриці виглядають дуже перспективно. Із 694 тестових зразків даних 309, що містили вогонь, було передбачено як «вогонь», 299 зображень без вогню було передбачено як «відсутність вогню», а 25 зображень, що відображали початкові стадії вогню, було класифіковано під категорією «початкова стадія вогню».

Висновки

Реагування на виникнення природних катастроф – це безперервний процес прийняття рішень на основі минулого досвіду, оскільки сценарій розвитку визначається катастрофою, доки він не закінчиться.

У результаті проведеного дослідження було розроблено архітектуру та модель СППР. Було проаналізовано набір даних із супутникових зображень. Побудовано згорткову нейронну мережу та наведено результати її роботи. Розроблена система підтримки прийняття рішень показує гарні результати виявлення вогню на ранніх стадіях, але є ще можливості для подальшого вдосконалення алгоритму.

Список використаної літератури

1. Ardito, L.; Scuotto, V.; Del, G.M. A bibliometric analysis of research on Big Data analytics for business and management. *Manag. Decis.* 2019.
2. Elia, G.; Polimeno, G.; Solazzo, G. A multi-dimension framework for value creation through big data. *Ind. Mark. Manag.* 2019.
3. Hayes, D.R.; Cappa, F. Open-source intelligence for risk assessment. *Bus. Horiz.* 2018.
4. Jeble, S.; Patil, Y. Role of Big Data in Decision Making. *Oper. Supply Chain Manag. Int. J.* 2018.
5. Shvaiko, V., Bandurka, O., Shpuryk, V., & Havrylko, Y. V. Methods for detecting fires in ecosystems using low-resolution space images. *Informatyka, Automatyka, Pomiarzy W Gospodarce I Ochronie Środowiska.* No 11(1). 2021. Pp. 15–19.
6. Simões-Marques, M.; Figueira, J.R. How Can AI Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making? In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018.
7. А.-М. Барт-Деланое та ін. Керована подіями гнучкість взаємодії під час виконання процесів спільної роботи. *Системи підтримки прийняття рішень.* 2014.
8. Ардіто, Л.; Скуотто, В.; Дель, Г.М. Бібліометричний аналіз досліджень аналітики великих даних для бізнесу та управління. *Децис,* 2019.
9. Барабаш О., Бандурка О., Шпурик В., Свинчук О. Інформаційна система аналізу геоданих для відслідковування змін рослинності. *Сучасні інформаційні системи.* 2021. Том 5, №4. С. 17–25. doi: <https://doi.org/10.20998/522-9052.2021.4.03>

10. Бінсон Зе, Сюепін Чжао, Чжіо Чжо і Жей Фан. Реалізація алгоритму виявлення пожежі на DSP TMS320DM642 за допомогою 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).
11. 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).
12. Джебл, С.; Патіл Ю. *Роль великих даних у прийнятті рішень. опер. Управління ланцюгом поставок*. 2018.
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. Зацерковний В., Савков П., Пампуха І., Васецька К. *Застосування технологій ГІС та ДЗЗ в задачах моніторингу лісових пожеж. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. № 2(44). 2020. С. 54–58.*
15. 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).
16. 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/Ekolohichna-heoinformatyka_literatura-dlia-lektsiy.pdf (дата звернення: 10.04.2024).
17. Р. Огер та ін. До автоматизації підтримки прийняття рішень для управління ризиками ланцюга постачання серед зацікавлених сторін логістичної мережі. IFAC-PapersOnLine. 2018 рік.
18. Сімоїнс-Маркес, М.; Фігейра, Дж. Р. Як штучний інтелект може допомогти зменшити тягар прийняття рішень щодо боротьби зі стихійними лихами? У Міжнародній конференції з прикладних людських факторів та ергономіки. Springer: Берлін/Гайдельберг, Німеччина. 2018.
19. 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).
20. Хейс, Д. Р.; Каппа, Ф. Розвідка з відкритим джерелом для оцінки ризику. Автобус. Гориз, 2018.

References

1. Ardito, L.; Scuotto, V.; Del, G.M. A bibliometric analysis of research on Big Data analytics for business and management. *Manag. Decis.* 2019.
2. Elia, G.; Polimeno, G.; Solazzo, G. A multi-dimension framework for value creation through big data. *Ind. Mark. Manag.* 2019.
3. Hayes, D.R.; Cappa, F. Open-source intelligence for risk assessment. *Bus. Horiz.* 2018.
4. Jeble, S.; Patil, Y. Role of Big Data in Decision Making. *Oper. Supply Chain Manag. Int. J.* 2018.
5. Shvaiko, V., Bandurka, O., Shpuryk, V., & Havrylko, Y. V. Methods for detecting fires in ecosystems using low-resolution space images. *Informatyka, Automatyka, Pomiaru W Gospodarce I Ochronie Środowiska*. No 11(1). 2021. 15–19 pp.
6. Simões-Marques, M.; Figueira, J.R. How Can AI Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making? In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018.
7. А.-М. Bart-Delanoye та ін. Керувана подियamy hnuchkist' vzyayemodiyi pid chas vykonannya protsesiv spil'noyi roboty [Event-driven collaboration agility when executing collaborative processes]. *Systemy pidtrymky pryynyattya rishen'* [Decision Support Systems]. 2014. (in Ukrainian)
8. Ardito, L.; Scuotto, V.; Del', H.M. Bibliometrychnyy analiz doslidzhen' analityky velykykh danykh dlya biznesu ta upravlinnya [Bibliometric Analysis of Big Data Analytics Research for Business and Management]. *Detsys*, 2019. (in Ukrainian)
9. Barabash O., Bandurka O., Shpuryk V., Svynchuk O. *Informatsiyina systema analizu heodanykh dlya vidslidkovuvannya zmin roslynnosti [Geodata Analysis Information System for Tracking Vegetation Changes]. Suchasni informatsiyuni systemy [Modern Information Systems]. 2021. Volume 5, #4. 17–25 pp. doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.4.03.* (in Ukrainian)
10. Binson Ze, Syuepin Chzhao, Chzhio Chzho i Zhey Fan. Realizatsiya alhorytmu vyyavlennya pozhezhi na DSP TMS320DM642 za dopomohoyu MATLAB/Simulink [Implementation of the fire detection algorithm on DSP TMS320DM642 using MATLAB/Simulink]. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/266646537_Implementation_of_a_Fire_Detection_Algorithm_on_TMS320DM642_DSP_using_MATLABSimulink (accessed 10 April 2024). (in Ukrainian)
11. Boryuchys' iz lisovoyu pozhezheyu ta pandemiyeyu, Ukrayina stykayet'sya z novym vorohom: nazemnymy minamy [Fighting a wildfire and pandemic, Ukraine faces a new enemy: landmines]. Retrieved from: <https://www.nytimes.com/2020/10/03/world/europe/ukraine-wildfires-landmines.html> (accessed 10 April 2024). (in Ukrainian)

12. Dzhebl, S.; Patil Yu. Rol' velykykh danykh u pryynyatti rishen'. oper. Upravlinnya lantsyuhom postavok [The role of big data in decision-making. Operas. Supply Chain Management]. 2018. (in Ukrainian)
13. Zhuravl' I.M. Korotky kurs teoriiy obrobky zobrazen' [A Short Course in Image Processing Theory]. Retrieved from: <https://hub.exponenta.ru/post/kratkiy-kurs-teorii-obrabotki-izobrazheniy734> (accessed 10 April 2024). (in Ukrainian)
14. Zatserkovnyy V., Savkov P., Pampukha I., Vasets'ka K. Zastosuvannya tekhnolohiy HIS ta DZZ v zadachakh monitorynhu lisovykh pozhezh [Application of GIS and remote sensing technologies in the tasks of forest fire monitoring]. *Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Viys'kovo-spetsial'ni nauky* [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Military Special Sciences.]. # 2(44). 2020. 54–58 pp. (in Ukrainian)
15. Kvyetnyy R.N., Bohach I.V., Boyko O.R., Sofina O.Yu., Shushura O.M. Komp'yuterne modelyuvannya system i protsesiv. Metody obrobky. Chastyna 2 [Computer simulation of systems and processes. Processing methods. Section 2]. Retrieved from: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t2/zm2..htm (accessed 10.04.2024). (in Ukrainian)
16. Pitak I.V., Nehadaylov A.A., Masikevych Yu.H., Plyatsuk L.D., Shaporyev V.P., Moiseyev V.F. Heoinformatychni tekhnolohiyi v ekolohiyi [Geoinformation Technologies in Ecology]. Chernivtsi, 2012. 273 p. Retrieved from: https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/04/Ekologichna-heoinformatyka_literatura-dlia-lektsiy.pdf (accessed 10 April 2024). (in Ukrainian)
17. R. Oher ta in. Do avtomatyzatsiyi pidtrymky pryynyattya rishen' dlya upravlinnya ryzykamy lantsyuha postachannya sered zatsikavlenykh storin lohistychnoyi merezhi [Towards automating decision support for supply chain risk management among logistics network stakeholders]. IFAC-PapersOnLine. 2018. (in Ukrainian)
18. Simoyns-Markes, M.; Fiheyra, Dzh. R. Yak shuchnyy intelekt mozhe dopomohty zmenshyty tyahar pryynyattya rishen' shchodo borot'by zi stykhiynymy lykhamy? U Mizhnarodniy konferentsiyi z prykladnykh lyuds'kykh faktoriv ta erhonomiky [How Can Artificial Intelligence Help Reduce the Burden of Disaster Management Decision-Making? At the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics]. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2018. (in Ukrainian)
19. Turhay Chelyk. Shvydkyy i efektyvnyy metod vvyavlennya pozhezhi za dopomohoyu obrobky zobrazen' [Fast and Efficient Method of Fire Detection Using Image Processing]. Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4218/etrij.10.0109.0695> (accessed 10 April 2024). (in Ukrainian)
20. Kheys, D. R.; Kappa, F. Rozvidka z vidkrytych dzherelom dlya otsinky ryzyku [Open Source Intelligence for Risk Assessment]. Avtobus. Horyz, 2018. (in Ukrainian)