

УДК 528.8

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2025.2\(500\).55](https://doi.org/10.15589/znп2025.2(500).55)

GEOINFORMATION ANALYSIS OF FIRE ACTIVITY IN THE KHARKIV REGION AND FIRE RISK ASSESSMENT

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ АКТИВНОСТІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ

Iryna S. Shelkova

irinagunko98@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2562-2175

Yevhen V. Dorozhko

evgeniy.dorozhko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2894-2131

Liudmyla O. Kovalenko

milakowalenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3829-3131

Elina V. Zakharova

linazaharova21@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8811-451X

Igor V. Musiienko

saprada14@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5455-2335

І. С. Шелкова,

асистент

Є. В. Дорожко,

канд. техн. наук, доцент кафедри

Л. О. Коваленко,

канд. техн. наук, доцент кафедри

Е. В. Захарова,

асистент кафедри

І. В. Мусієнко,

канд. техн. наук, доцент кафедри

*Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv**Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків*

Abstract. Purpose. To develop and apply a two-stage approach to analyzing fire activity in the Kharkiv region during 2024, utilizing geoinformation systems (GIS) to identify spatiotemporal patterns of fires and to assess fire risk on a specific local area.

Methodology. The research employs methods of geoinformation analysis, spatial modeling, cartography, and visualization of satellite and meteorological data. The study integrates data from multiple sources, including NASA's FIRMS (Fire Information for Resource Management System) with MODIS and VIIRS satellite data, SaveEcoBot web resource for early detection of fires, and topographic maps. A comprehensive analysis of over 6,500 fires recorded in 2024 was conducted with particular focus on seasonal distribution, duration, and spatial patterns.

Results. The research revealed distinct seasonal fire activity patterns with two major peaks: April-May and August-September, with September showing the highest annual activity. Over 13,600 hectares of forests were burned, with 338 infrastructure objects damaged or destroyed. The fire prediction model successfully demonstrated the three-phase development of a potential fire near Zidky settlement, considering topographic features, weather conditions, and potential spread directions. The model identified critical pathways of fire propagation and natural barriers that might limit its spread.

Scientific novelty. The study presents an integrated approach to fire risk assessment that combines real-time satellite monitoring with manual local-level forecasting, adapted to territories affected by military operations. This methodology addresses the gap in simple, accessible approaches to manual fire prediction at the local level, considering specific geospatial conditions.

Practical significance. The developed model provides practical tools for civil protection systems and environmental monitoring, enabling operational response planning, assessment of potential impact zones, and preventive measures in real-time. The approach can be scaled to other territories with similar characteristics, particularly in conflict-affected regions where standard automated systems might be insufficient.

Key words: geoinformation systems; fire activity; Kharkiv region; satellite monitoring; fire risk assessment; FIRMS; SaveEcoBot; spatial modeling; fire prediction.

Анотація. *Мета.* Розробити та застосувати двоетапний підхід до аналізу пожежної активності в Харківській області протягом 2024 року з використанням геоінформаційних систем (ГІС) для виявлення просторово-часових закономірностей пожеж та оцінки пожежного ризику на конкретній локальній ділянці.

Методика. У дослідженні застосовано методи геоінформаційного аналізу, просторового моделювання, картографування та візуалізації супутникових і метеорологічних даних. Дослідження інтегрує дані з різних джерел, включаючи FIRMS (Fire Information for Resource Management System) від NASA з супутниковими даними MODIS та VIIRS, веб-ресурс SaveEcoBot для раннього виявлення пожеж та топографічні карти. Проведено комплексний аналіз понад 6500 пожеж, зареєстрованих у 2024 році, з особливою увагою до сезонного розподілу, тривалості та просторових характеристик.

Результати. Дослідження виявило чіткі сезонні закономірності пожежної активності з двома основними піками: квітень-травень та серпень-вересень. У вересні зафіксовано найвищу річну активність. Вигоріло понад 13600 га лісів, пошкоджено або зруйновано 338 об'єктів інфраструктури. Модель прогнозування пожеж успішно продемонструвала трифазний розвиток потенційної пожежі поблизу населеного пункту Зідьки з урахуванням особливостей рельєфу, погодних умов та потенційних напрямків поширення. Модель визначила критичні шляхи поширення вогню та природні бар'єри, що можуть обмежити його поширення.

Наукова новизна. Дослідження представляє інтегрований підхід до оцінки пожежного ризику, що поєднує супутниковий моніторинг у реальному часі з ручним прогнозуванням на локальному рівні, адаптований до територій, які зазнали впливу військових дій. Ця методологія заповнює прогалину в простих, доступних підходах до ручного прогнозування пожеж на локальному рівні з урахуванням специфічних геопросторових умов.

Практична значимість. Розроблена модель надає практичні інструменти для систем цивільного захисту та екологічного моніторингу, що забезпечує планування оперативного реагування, оцінку потенційних зон впливу та превентивних заходів у реальному часі. Підхід може бути застосований на інші території з подібними характеристиками, особливо в регіонах, що постраждали від військових дій, де стандартні автоматизовані системи можуть бути недостатніми.

Ключові слова: геоінформаційні системи; пожежна активність; Харківська область; супутниковий моніторинг; оцінка пожежного ризику; FIRMS; SaveEcoBot; просторове моделювання; прогнозування пожеж.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У 2024 році на території Харківської області зафіксовано суттєве зростання кількості пожеж у відкритих природних екосистемах, що вимагає детального аналізу їхньої просторової динаміки, причин виникнення та можливих наслідків. З огляду на безпосередню близькість регіону до зони бойових дій, а також на вплив кліматичних факторів і антропогенного навантаження, виникає необхідність у впровадженні інструментів, які дозволяють оперативно оцінювати пожежну небезпеку та прогнозувати ймовірність поширення загорянь.

Одним із таких інструментів є геоінформаційні системи (ГІС), що забезпечують інтеграцію супутникових, метеорологічних, топографічних та інших просторових даних. Це відкриває широкі можливості для просторового аналізу вже наявних випадків пожеж, а також для побудови локальних сценаріїв прогнозування, адаптованих до конкретних умов місцевості.

У зв'язку з цим постає необхідність двоетапного підходу до дослідження: на першому етапі – провести геоінформаційний аналіз пожежної активності Харківської області за 2024 рік для виявлення закономірностей у виникненні та поширенні пожеж; на другому – на основі отриманих даних здійснити прогнозування ризику виникнення пожеж на прикладі конкретної ділянки. Такий підхід дозволяє не лише підтвердити ефективність застосування ГІС у дослідженні пожежної активності, а й апробувати можливість їх використання для локального планування протипожежних заходів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Упродовж останніх років відбувся стрімкий розвиток інтеграції ГІС із дистанційним зондуванням для вивчення пожежної активності. Зокрема, у Туреччині дослідники використовували супутникові дані Sentinel-2 та MODIS для інвентаризації та просторового аналізу великих лісових пожеж 2021 року, що охопили понад 100 га [1]. Аналогічно, в Україні платформа Web-GIS продемонструвала спроможність прогнозувати ступінь пожежної небезпеки на контрольованих лісових територіях, поєднуючи геопросторові дані з метеоінформацією [2].

Окрему увагу привернули огляди методів машинного та глибокого навчання для моделювання поширення вогню. Так, робота [3] презентує систематичний аналіз ML/DL-підходів, що використовують історичні дані про погодні умови, типи покриву ґрунту та характеристики рельєфу для прогнозування траєкторії поширення пожеж. У дослідженні [4], присвяченому моделюванню пожежної небезпеки в Індії, застосовано методи AHP і Getis-Ord Gi для виявлення «гарячих точок» локальних зон займання, що забезпечило виявлення 47 % осередків пожеж у межах обстежуваної території.

Ще однією важливою темою є оцінка ризиків в умовах воєнних дій. У дослідженні [5] використали Sentinel-дані й показали, що бойові дії суттєво змінили структуру лісів Харківської області та суміжних регіонів, збільшуючи площі уражених вогнем лісів

між квітнем і вереснем 2022 року. Паралельно аналіз MODIS і Sentinel-2 у Луганській та Донецькій областях виявив динаміку змін рослинності після численних пожеж 2006–2022 рр. [6].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Серед актуальних невіршених аспектів проблеми залишається відсутність простих, доступних підходів до ручного прогнозування пожеж на локальному рівні з урахуванням реальних геопросторових умов. Наявні моделі здебільшого орієнтовані на масштабне автоматизоване моделювання, що не завжди застосовне до невеликих ділянок у специфічних умовах, зокрема в прикордонних або постраждалих від бойових дій регіонах.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Завданням дослідження є обґрунтоване використання геоінформаційних технологій для аналізу реальної ситуації з пожежами у регіоні та практична оцінка ризиків на рівні окремої території, що має потенціал для подальшого застосування на інші ділянки з подібними характеристиками.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні застосовано методи геоінформаційного аналізу, просторового моделювання, картографування, а також візуалізації супутникових і метеорологічних даних.

Об'єктом дослідження є відкриті природні території Харківської області, які зазнали впливу пожеж у 2024 році.

Предметом дослідження виступає застосування геоінформаційних технологій для аналізу пожежної активності та ручного прогнозування ризику виникнення пожеж на локальному рівні.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Геоінформаційні системи відіграють ключову роль у вивченні природних загроз, зокрема пожеж у відкритих екосистемах [7]. Завдяки можливості інтеграції просторових даних з різних джерел – супутникових знімків, метеорологічної інформації, топографії, інфраструктури – ГІС забезпечують ефективну платформу для виявлення закономірностей, оперативного моніторингу та прогнозування розвитку загроз. У випадку пожеж на території Харківської області, яка є зоною підвищеного ризику через кліматичні зміни та бойові дії, застосування ГІС-технологій дозволяє не лише фіксувати факти загорянь, а й виявляти взаємозв'язки між їхнім виникненням, тривалістю та масштабами поширення.

За офіційними даними ДСНС, протягом перших дев'яти місяців 2024 року в Харківській області зареєстровано понад 6500 пожеж, з яких понад 5000 сталися у відкритих природних екосистемах [8]. Значна частка – близько 250 випадків – зафіксована в лісових

масивах, передусім у Чугуївському, Ізюмському та Харківському районах. Найбільше загорянь відбулося у вересні, коли спостерігався сезонний пік активності – майже п'ята частина від річного показника.

Основними причинами займання стали бойові дії, що спричиняли пошкодження природного середовища, спекотна суха погода та сильні вітри, які сприяли швидкому поширенню вогню. Внаслідок надзвичайних подій вигоріло понад 13 600 га лісів, зруйновано або пошкоджено 338 об'єктів інфраструктури, загинуло 12 осіб, ще 22 постраждали, зокрема 6 рятувальників.

Комплексний підхід до прогнозування пожеж базується на принципі багаторівневої інтеграції даних, що передбачає агрегацію та аналіз інформації з різних джерел із врахуванням їх специфічних характеристик. Теоретичною основою такого підходу є концепція «системи систем», де кожна окрема геоінформаційна платформа розглядається як компонент більш широкої аналітичної структури з чітко визначеними функціями та зонами відповідальності:

- SaveEcoBot – український веб-ресурс, що забезпечує оперативне виявлення пожеж на основі супутникових знімків із затримкою лише 2–3 години. Він дозволяє швидко локалізувати осередки загорянь у зонах ризику, що робить його корисним на ранніх етапах реагування [9];

- FIRMS (Fire Information for Resource Management System) – супутниковий сервіс NASA, який надає дані MODIS та VIIRS про активні пожежі. Система класифікує пожежі за інтенсивністю, відображає координати вогнищ і забезпечує можливість експорту просторових даних для подальшого аналізу [10];

- інтерактивна топографічна карта України – слугує базовим просторовим шаром для аналізу рельєфу, типів місцевості та висот, що суттєво впливають на швидкість і напрямок поширення пожеж [11].

Для ефективного прогнозування пожеж та їх наслідків у режимі реального часу необхідні оперативні та точні дані. Ключовим елементом такої інтегрованої системи є супутникові дані, отримані під час прольоту над Землею. Супутники виконують своєрідний «миттєвий знімок» подій, що відіграє вирішальну роль у системах моніторингу пожеж. Кожне виявлення гарячої точки або активної пожежі представляє собою центр пікселя, позначеного як такого, що містить одну або кілька пожеж чи інших теплових аномалій.

Важливо враховувати просторову роздільну здатність сенсорів: для інструменту MODIS вона становить близько 1 км (рис. 1), а для VIIRS – приблизно 375 м (рис. 2), що безпосередньо впливає на точність локалізації осередків займання. При цьому слід відзначити, що «місцеположення», яке визначається супутниковими системами – це центральна точка пікселя, а не обов'язково точні координати фактичної пожежі. Розмір пікселя може змінюватися залежно від параметрів сканування та кута спостереження, що має ключове значення для оцінки масштабів пожежі та точності прогнозів.

Динаміка пожеж у Харкові та області у 2024 році простежується за даними супутникового моніторингу FIRMS. Місячна статистика охоплює кількість виявлених загорянь, тривалість кожного випадку та

площі вигорілих територій (рис. 3–5). Такий аналіз дозволяє виявити закономірності, сезонні сплески активності та оцінити масштаби впливу вогню на регіон.

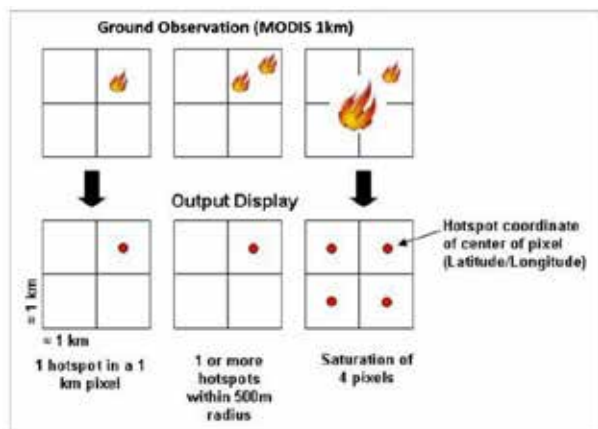


Рис. 1. Візуалізація розпізнавання гарячих точок за допомогою супутникових даних MODIS [10]

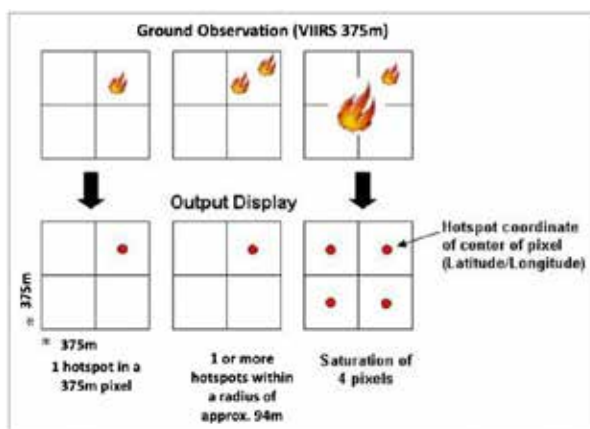


Рис. 2. Візуалізація розпізнавання гарячих точок за допомогою супутникових даних VIIRS [10]

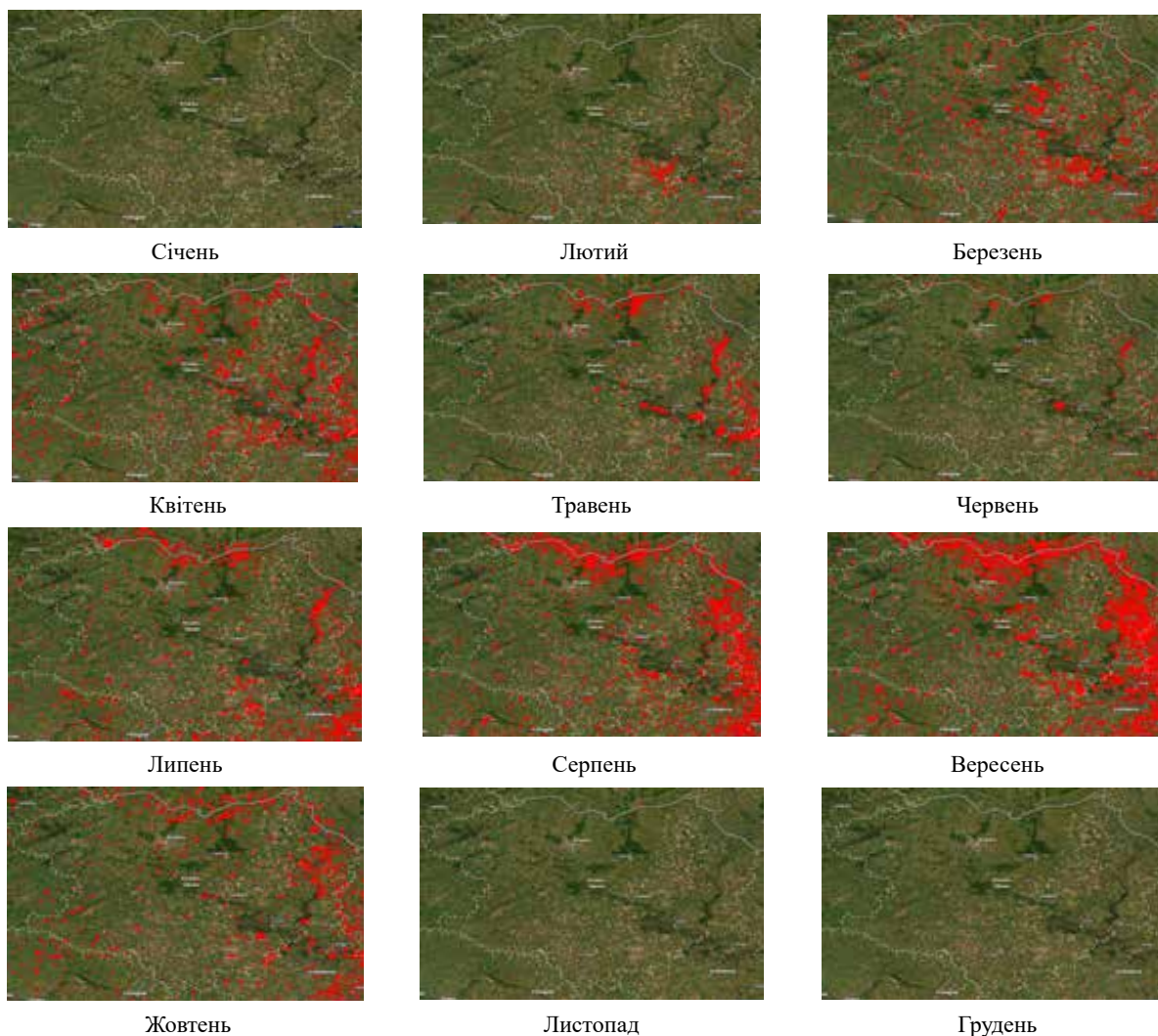


Рис. 3. Кількість пожеж у Харкові та області за 2024 рік



Рис. 4. Розподіл пожеж за тривалістю в Харкові та області за 2024 рік



Рис. 5. Вигоріла площа в Харкові та області

Просторово-часовий аналіз пожежної активності на території Харківської області протягом року засвідчив наявність чіткої сезонної структури з двома основними піками.

Зимові місяці (грудень-січень) характеризуються найнижчим рівнем вогневої активності. Зафіксовані лише поодинокі теплові сигнали без формування значних кластерів, що пов'язано з низькою температурою повітря та стійким сніговим покривом.

Початок весни (лютий-березень) відзначається різким зростанням кількості пожеж. Уже в лютому з'являються перші помітні осередки на південному сході регіону, переважно короткотривалі (1–2 дні). У березні вогнева активність поширюється на більшу частину області й охоплює осередки різної тривалості.

Середина весни (квітень-травень) виявилася періодом першого помітного піку. У квітні домінують пожежі тривалого характеру (4–5 днів), тоді як у травні фіксується змішана динаміка за тривалістю. Основні осередки зосереджуються на південному та північно-східному напрямках.

На початку літа (червень-липень) активність тимчасово знижується, особливо в червні. З липня починається поступове зростання кількості теплових аномалій, при цьому спостерігаються переважно затяжні пожежі, які тривають понад 5 днів.

У серпні-вересні формується другий, ще більш інтенсивний пік. У серпні переважають короточасні пожежі (менше одного дня або до 2 днів), особливо в північно-східній частині області. У вересні фіксується найвищий рівень активності за рік з численними короткотривалими займаннями й великими площами, охопленими вогнем.

Восени (жовтень-листопад) активність поступово згасає. Жовтень відзначається значною кількістю довготривалих пожеж (4–5 днів), тоді як у листопаді спостерігається різке скорочення кількості теплових сигналів.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У межах проведеного дослідження змодельовано прогноз розвитку пожежі за умов, що відповідають проміжному сценарію – не найсприятливішому, але й не критичному. Такий підхід дозволяє оцінити ймовірну динаміку поширення вогню за типової комбінації факторів ризику.

Як показує аналіз, сезонні зміни кліматичних умов мають істотний вплив на рівень пожежної небезпеки. Зимовий період (наявність снігового покриву, низькі температури, висока вологість повітря) природно обмежує можливість загорянь. Натомість влітку, за умов високих температур, інтенсивного сонячного випромінювання та висушеної рослинності, ймовірність виникнення пожеж різко зростає.

Під час моделювання було враховано низку ключових параметрів, які комплексно впливають на поведінку вогню на відкритій місцевості:

- локація осередку займання – обрана територія поблизу населеного пункту Зідьки, яка належить до зони підвищеного ризику через наявність лісових та аграрних угідь (рис. 6);
- метеорологічні умови – переважаючий напрямок вітру на момент спостереження – південно-східний, що зумовлює потенційний вектор поширення пожежі (рис. 6);
- топографічні особливості – характер рельєфу місцевості, що визначає швидкість і напрямок переміщення вогню схилами, балками та відкритими просторами (рис. 7).

Вибір саме таких вхідних умов зумовлений необхідністю апробації моделі в умовах, наближених до реальних, з метою оцінки її ефективності для оперативного реагування на надзвичайні ситуації природного характеру.

На основі прогностичного моделювання виділено три основні фази розвитку пожежі, що відображають динаміку поширення вогню з урахуванням факторів навколишнього середовища, метеорологічних умов та особливостей рельєфу (рис. 8).

Початкова фаза (перші 2–3 години):

- пожежа буде поширюватись переважно у південно-східному напрямку відповідно до вітру;



Рис. 6. Карта локалізації пожежі та напрямку вітру

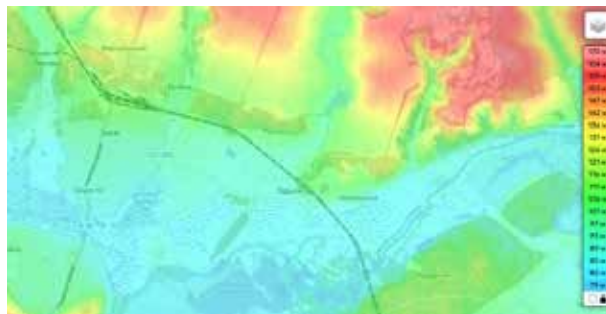


Рис. 7. Топографічна карта

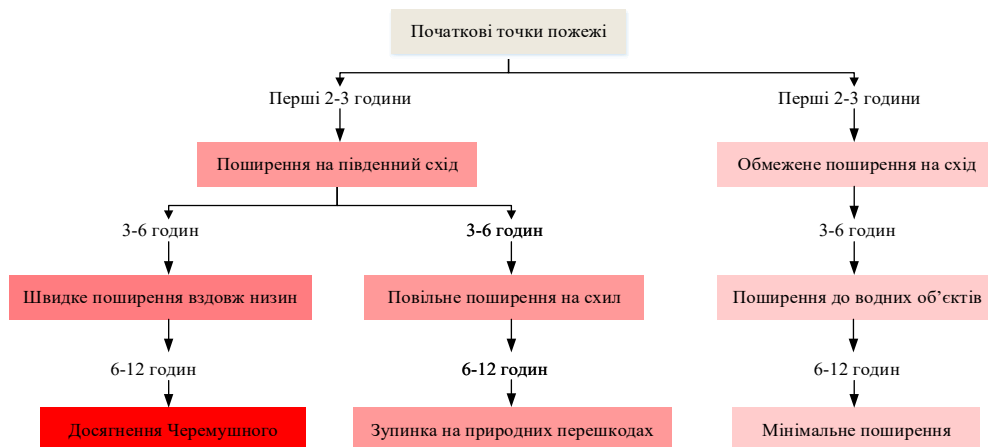


Рис. 8. Прогнозування трьох ймовірних сценаріїв

– швидкість поширення буде помірною по рівнинних ділянках.

Середня фаза (3–6 годин):

– найінтенсивніше поширення відбуватиметься низинами в напрямку населеного пункту Черемушне;

– на підвищеннях швидкість розповсюдження буде нижчою;

– водні об'єкти виступатимуть природними перешкодами.

Пізня фаза (6–12 годин):

– пожежа може досягти околиць Черемушного, якщо не буде локалізована;

– на північній стороні поширення буде обмежене рельєфом;

– на південній стороні водні об'єкти стримуватимуть подальше розповсюдження.

ВИСНОВКИ

У цьому дослідженні продемонстровано, що геоінформаційні системи є дієвим інструментом для комплексного аналізу, моніторингу та прогнозування

пожеж у відкритих екосистемах. Їх застосування дозволяє інтегрувати супутникові, метеорологічні та топографічні дані, забезпечуючи високу точність в оцінці загроз та ухваленні оперативних рішень.

Розроблений підхід до прогнозування поширення пожеж із використанням ГІС-технологій показав свою ефективність на прикладі Харківської області, де ризики загорянь посилюються через як природні, так і воєнні фактори. Моделювання, проведене на основі актуальних даних за 2024 рік, дозволило не лише відстежити динаміку вогневих осередків, а й передбачити напрямок поширення вогню залежно від рельєфу та метеоумов.

Запропонована модель є придатною для практичного використання в системах цивільного захисту та природоохоронного моніторингу, оскільки забезпечує можливість оперативного реагування, оцінки потенційних зон ураження та планування профілактичних заходів у реальному часі.

REFERENCES

- [1] Eker, R., Çınar, T., Baysal, İ., & Aydın, A. (2024). Remote sensing and GIS-based inventory and analysis of the unprecedented 2021 forest fires in Türkiye's history. *Natural Hazards*, 120, 10687–10707. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06622-0>
- [2] Baranovskiy, N., & Zharikova, M. (2016). Web-GIS platform for forest fire danger prediction in Ukraine: Prospects of RS technologies. In *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering* (pp. 1–7). <https://doi.org/10.1117/12.2241670>
- [3] Andrianarivony, H.S., & Akhloufi, M.A. (2024). Machine learning and deep learning for wildfire spread prediction: A review. *Fire*, 7(12), 482. <https://doi.org/10.3390/fire7120482>
- [4] Khan, M.A., Gupta, A., Sharma, P., & Roy, A. (2024). Investigation of wildfire risk and its mapping using GIS-integrated AHP method: A case study over Hoshangabad Forest Division in Central India. *Environment, Development and Sustainability*, 1–36. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05225-w>
- [5] Matsala, M., Odruzhenko, A., Hinchuk, T., et al. (2024). War drives forest fire risks and highlights the need for more ecologically-sound forest management in post-war Ukraine. *Scientific Reports*, 14, Article 4131. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54811-5>
- [6] Rodriguez-Jimenez, F., Novo, A., & Hall, J.V. (2024). Influence of wildfires on the conflict (2006–2022) in eastern Ukraine using remote sensing techniques (MODIS and Sentinel-2 images). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 35, 101240. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101240>
- [7] Donchenko, M.V., & Kovalenko, I.I. (2021). Heoinformatsiini systemy: *Navchalnyi posibnyk [Geoinformation systems: Textbook]*. Mykolaiv: Vydavnytstvo ChNU im. Petra Mohyly. ISBN 978-966-336-245-8 [in Ukrainian].
- [8] Suspilne. (2025). *Pozhezhi na Kharkivshchyni [Fires in Kharkiv region]*. <https://suspilne.media/kharkiv/852575-z-pocatku-2024-roku-na-harkivshchyni-gorili-majze-6500-pozhez-najbilse-u-veresni-statistika/> (accessed April 12, 2025) [in Ukrainian].
- [9] SaveEcoBot. (2025). *SaveEcoBot: Web platform for air and environmental monitoring*. <https://www.saveecobot.com/> (accessed April 15, 2025).
- [10] NASA FIRMS. (2025). *Fire Information for Resource Management System*. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> (accessed April 15, 2025).
- [11] Topographic Map of Ukraine. (2025). *Topohrafichna karta Ukrainy*. <https://uk-ua.topographic-map.com/place-92gn5k/> (accessed April 15, 2025) [in Ukrainian].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Eker, R., Çınar, T., Baysal, İ., Aydın, A. Remote sensing and GIS-based inventory and analysis of the unprecedented 2021 forest fires in Türkiye's history. *Natural Hazards*. 2024. № 120. P. 10687–10707. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06622-0>
- [2] Baranovskiy, N., Zharikova, M. Web-GIS platform for forest fire danger prediction in Ukraine: prospects of RS technologies. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2016. P. 1–7. <https://doi.org/10.1117/12.2241670>
- [3] Andrianarivony, H.S., Akhloufi, M.A. Machine Learning and Deep Learning for Wildfire Spread Prediction: A Review. *Fire*. 2024. № 7 (12), 482. <https://doi.org/10.3390/fire7120482>
- [4] Amin, M. Khan, Gupta, A., Sharma, P., Roy A. Investigation of wildfire risk and its mapping using GIS-integrated AHP method: a case study over Hoshangabad Forest Division in Central India. *Environment Development and Sustainability*. 2024. P. 1–36. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05225-w>

- [5] Matsala, M., Odruzenko, A., Hinchuk, T. et al. War drives forest fire risks and highlights the need for more ecologically-sound forest management in post-war Ukraine. *Scientific Reports*. 2024. № 14 (4131). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54811-5>
- [6] Rodriguez-Jimenez, F., Novo, A., Hall, J. V. Influence of wildfires on the conflict (2006-2022) in eastern Ukraine using remote sensing techniques (MODIS and Sentinel-2 images). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2024. № 35. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101240>
- [7] Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи: навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с. ISBN 978-966-336-245-8
- [8] Пожежі на Харківщині: веб-сайт. URL: <https://suspilne.media/kharkiv/852575-z-pocatku-2024-roku-na-harkivsini-gorili-majze-6500-pozez-najbilse-u-veresni-statistika/> (дата звернення 12.04.2025).
- [9] SaveEcoBot: веб-сайт. URL: <https://www.saveecobot.com/> (дата звернення 15.04.2025).
- [10] Супутниковий сервіс FIRMS від NASA: веб-сайт. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> (дата звернення 15.04.2025).
- [11] Топографічна карта України: веб-сайт. URL: <https://uk-ua.topographic-map.com/place-92gn5k/%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0/> (дата звернення 15.04.2025).

© Шелкова І. С., Дорожко Є. В., Коваленко Л. О., Захарова Е. В., Мусієнко І. В.
Дата надходження статті до редакції: 20.05.2025
Дата затвердження статті до друку: 02.06.2025