

## КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ПОЖЕЖ У СИСТЕМІ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ

*Анотація.* У статті розглянуто можливості застосування сучасних інформаційних технологій, зокрема методів обробки великих даних, штучного інтелекту та машинного навчання, для аналізу оперативної інформації, накопиченої в системі оперативно-диспетчерського управління (СОДУ) Головного управління ДСНС України у Львівській області. Система функціонує з 2007 року й акумулює великий обсяг даних про надзвичайні події, включаючи інформацію про сили та засоби, типи подій, особовий склад, технічне забезпечення тощо.

Метою дослідження стало створення інформаційної моделі для аналізу й прогнозування ризикових ситуацій. У межах роботи реалізовано кілька етапів: попереднє структурування та очищення даних, формування вибірок за класифікаторами, деталізація типів пожеж, геокодування адрес і візуалізація результатів у вигляді теплових карт. Запропоновано підхід до семантичного аналізу текстових полів та групування подій за типами, що дає змогу гнучко формувати вибірки для подальших досліджень.

*Ключові слова:* великі дані, СОДУ, класифікація подій, пожежа, геовізуалізація, прогнозування ризиків, штучний інтелект, ДСНС України.

Розвиток інформаційних технологій, зокрема методів обробки великих даних, штучного інтелекту та машинного навчання, відкриває нові перспективи для багатовекторного аналізу накопиченої інформації. Це дозволяє значно швидше та точніше виявляти закономірності, прогнозувати ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

У Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області з 2007 року функціонує система оперативно-диспетчерського управління (СОДУ), яка акумулює значний обсяг оперативної інформації. Функціональні можливості СОДУ забезпечують диспетчерам оперативне ухвалення рішень щодо залучення необхідних сил і засобів для реагування на надзвичайні ситуації [1,2].

У базі даних системи міститься повна довідкова інформація, необхідна для ефективного прийняття рішень. Зокрема, вона включає відомості про особовий склад, залучений до бойового чергування; кількість ланок газодимозахисної служби; наявних водіїв; технічний парк у бойовому розрахунку та резерві із зазначенням його технічних характеристик; запаси пального та піноутворювача; аварійно-рятувальне обладнання

кожного транспортного засобу, згруповане за пожежно-рятувальними підрозділами всього гарнізону.

Окрім цього, у системі функціонує геоінформаційний портал, що надає актуальні дані щодо поточного стану оперативної обстановки, зокрема про активні події, залучені ресурси та стан джерел водопостачання. Також геоінформаційна система містить низку довідників із просторовою прив'язкою, включаючи інформацію [3,4] про потенційно небезпечні об'єкти, адміністративний поділ, державні пожежні частини, торфовища тощо рис. 1.

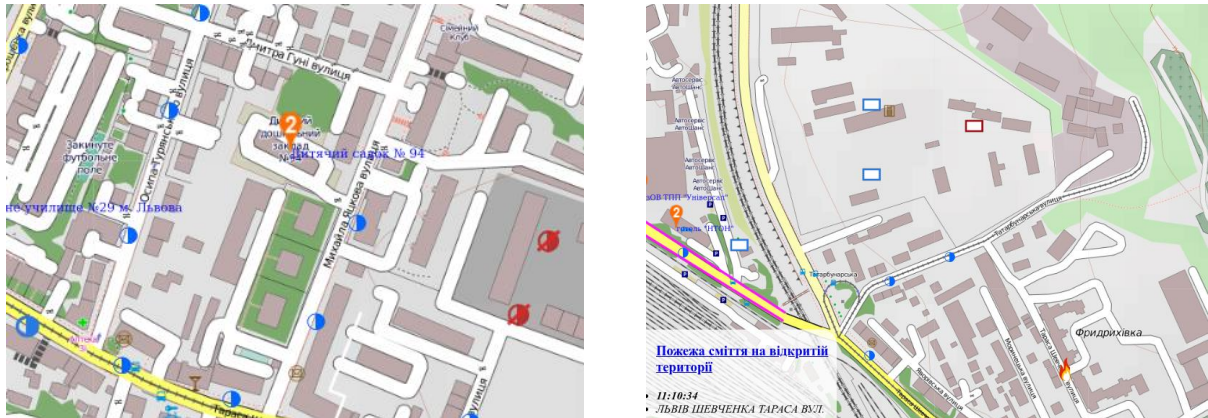


Рисунок 1 - Геопортал системи оперативно-диспетчерського управління

Основний потік даних, які обробляє система, стосується реєстрації подій, направлення сил та засобів, супроводу перебігу надзвичайних ситуацій (пожеж, ДТП тощо) та їх фіксації в архіві. Сам факт збереження таких даних уже має важливе значення, однак ще більшу цінність становить аналітичний потенціал цієї інформації у поєднанні з сучасними можливостями [5], які з'явилися з моменту впровадження СОДУ. Зокрема зацікавило можливість формування інформаційної моделі на основі цих даних для прогнозування ризикових ситуацій.

Задля досягнення цієї мети дослідження було структуроване у кілька основних етапів.

Перший етап дослідження передбачав попередню обробку даних, що включала структурування інформації, виявлення та корекцію помилок, перевірку орфографічної правильності, а також забезпечення коректності введення типів і класифікаційних ознак у відповідних полях бази даних [6,7]. Для реалізації пошуку семантично подібних слів було проведено токенизацію описів 400 000 подій, зареєстрованих у системі оперативно-диспетчерського управління (СОДУ). Усі описи було об'єднано в єдиний текстовий масив, на основі якого виокремлено унікальні слова з урахуванням орфографічних неточностей.

На наступному етапі використано фреймворк FastText [8] для аналізу отриманого тензора слів, що дало змогу ідентифікувати лексеми, які найчастіше вживаються у безпосередній близькості одна до одної в описах подій. Це забезпечило можливість визначення семантичних "сусідів" слів. У процесі аналізу було протестовано кілька підходів до моделювання семантичної схожості, зокрема моделі Skip-gram та CBOW. Перед

формуванням моделі проведено попередню підготовку даних: вилучено стоп-слова (лексичні одиниці без значного смислового навантаження) та ідентифіковано власні назви, такі як прізвища, імена, по батькові заявників і начальників караулів, а також спеціалізовані терміни, що не впливають на семантичний контекст.

На основі оброблених даних створено модель пошуку семантично схожих слів, яка знайшла практичне застосування у розробці веб-застосунку на базі Python Flask [9]. Цей інструмент дозволяє здійснювати пошук подій за змістовою схожістю, що є особливо корисним у випадках, коли користувач не має чіткого уявлення про формулювання пошукового запиту. Результати цього етапу візуалізовано на рис. 2.

Запит

Семантично близькі до **Пожежа сухої трави та чагарнику** слова:  
чагарника; очерету; сухої; трави; чагарники; чагарників; чагарнику; стерні; чарагнику; трави; Пожежа

Data count is 26091

Дата	Тип	Місто	Адреса	Повідомлення
2024-09-28 18:11:11	6	ЗИМНА ВОДА	ГОРОДОЦЬКА ВУЛ. б/н	Пожежа сміття на відкритій території
2024-09-28 12:54:52	6	ВОЛСВИН		Пожежа сухої трави та чагарнику
2024-09-6	6	ОЖИДІВ		Пожежа сухої трави та

Рисунок - 2 Інтерфейс веб-застосунку для пошуку семантично схожих подій на основі даних СОДУ

Наступний етап дослідження передбачав формування вибірки на основі класифікаторів, інтегрованих у систему оперативно-диспетчерського управління (СОДУ). Для цього було розроблено SQL-запит [10,11,14], який забезпечував вибірку даних щодо кількості подій, віднесених до певного типу або класу. Важливо враховувати, що значна частка зареєстрованих подій мала навчальний, тренувальний або перевірочний характер. Такі заходи, як пожежно-тактичні навчання (ПТН), відпрацювання нормативів чи перевірка бойової готовності, спрямовані на вдосконалення практичних навичок особового складу в умовах відсутності реальних надзвичайних ситуацій.

Окрім того, діяльність пожежно-рятувальної служби не обмежується реагуванням на пожежі, адже вона виконує також функції рятувальної служби. Відповідно, до її компетенції належать виїзди на дорожньо-транспортні пригоди, паводки, стихійні лиха та надання допомоги населенню. Такі операції становлять значну частину загальної

кількості виїздів. Результати аналізу розподілу виїздів за типами та класами подій було узагальнено й представлено у відсотковому співвідношенні на рисунку 2.

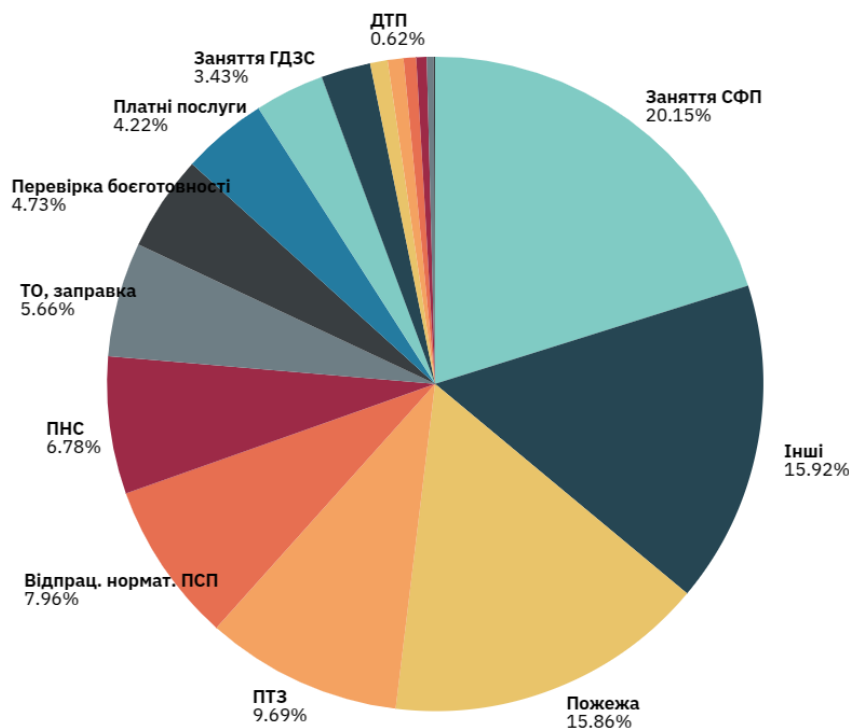


Рисунок - 3 Відсотковий розподіл виїздів пожежно-рятувальної служби за типами подій у системі СОДУ

Наступний етап дослідження був присвячений деталізації та розширенню типології пожеж шляхом виокремлення специфічних підкатегорій, які не знаходять прямого відображення в базовій структурі системи оперативно-диспетчерського управління (СОДУ). Такий підхід став необхідним для підвищення точності аналізу та прогнозування надзвичайних ситуацій на основі накопичених даних. Зокрема, аналіз повного обсягу зареєстрованих у базі пожеж дозволив умовно розподілити їх на дві основні категорії: пожежі, що виникають на відкритих територіях, і пожежі, локалізовані в межах забудови.

Ці категорії, у свою чергу, було піддано подальшій диференціації з урахуванням специфіки об'єктів і умов виникнення подій. До групи пожеж на відкритих територіях віднесено такі підкатегорії, як пожежі торфовищ, загоряння в екосистемах (ліси, степи, луки), а також інциденти, пов'язані із займанням сміття чи інших відходів. Водночас категорія пожеж у забудові охоплює ширший спектр об'єктів і включає підгрупи, такі як пожежі в житлових будинках приватного сектору, на промислових підприємствах, у торговельних центрах, складських приміщеннях та інших об'єктах господарської діяльності.

Запровадження такої деталізованої класифікації дало змогу не лише систематизувати наявні дані, а й виявити характерні закономірності виникнення пожеж залежно від типу території чи об'єкта. Це, у свою чергу, створює передумови для вдосконалення аналітичних моделей і підвищення ефективності управлінських рішень у діяль-

ності пожежно-рятувальної служби. Результати цього етапу класифікації представлено на рис. 4, який ілюструє типології пожеж.

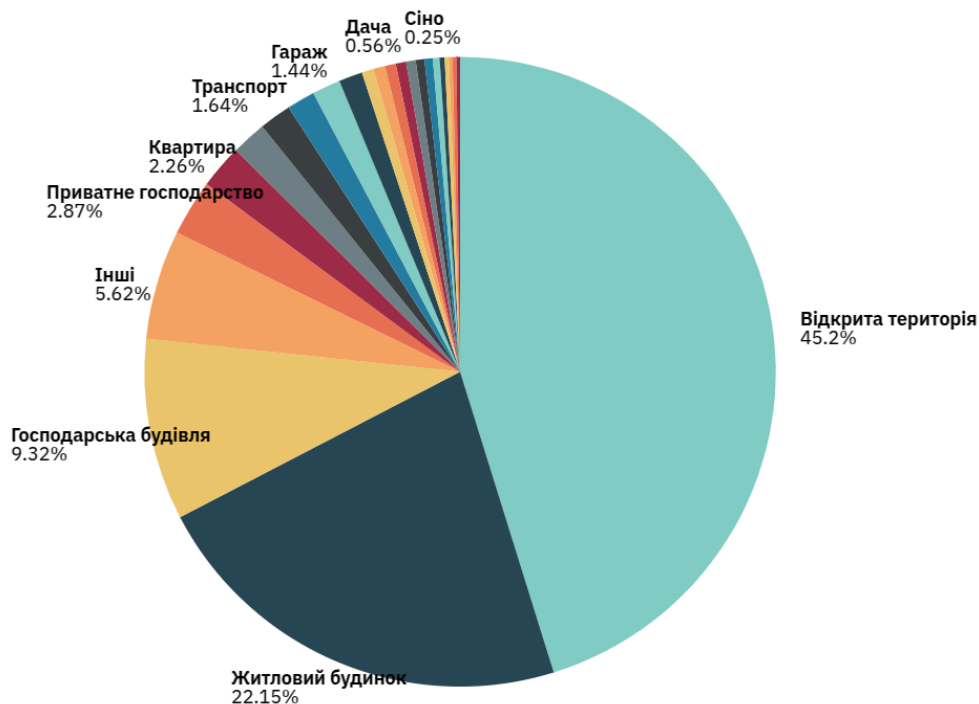


Рисунок - 4 Структура типології пожеж за основними категоріями в системі СОДУ

Завдяки проведеній категоризації подій за типами було забезпечено можливість гнучкого формування вибірок, що відкриває перспективи для подальшого аналізу впливу різноманітних чинників на виникнення та перебіг конкретних типів і підтипів надзвичайних подій. Такий підхід сприяє систематичному дослідженню залежностей між характеристиками подій і контекстуальними факторами, що їх детермінують.

На додаток до цього, було реалізовано механізм геокодування [12], який конвертує текстові адреси у просторові координати, що дало змогу кількісно оцінити кореляцію між виникненням ризикових ситуацій і територіальними характеристиками об'єктів. Цей етап став основою для створення аналітичних інструментів із високим рівнем просторової деталізації.

Особливу увагу приділено візуалізації отриманих даних, яка відіграє ключову роль у представленні результатів дослідження. Для цього використано теплові карти, що відображають інтенсивність виникнення надзвичайних подій залежно від їхнього географічного розташування. Важливість такого підходу полягає у його здатності наочно ілюструвати просторові закономірності [13], полегшуючи інтерпретацію складних даних. Гнучкість формування запитів для побудови теплових карт забезпечується завдяки інтеграції фільтрів за часом і типами подій, що дозволяє адаптувати візуалізацію до специфічних аналітичних потреб. Крім того, розроблена система передбачає можливість накладання результатів попередніх пошуків один на одного, що значно розширює потенціал порівняльного аналізу та виявлення довгострокових тенденцій.



Ці функціональні можливості підвищують ефективність представлення аналітичних висновків і сприяють прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

Результати цього етапу, включно з прикладом теплової карти та доступними фільтрами, представлено на рис. 5.

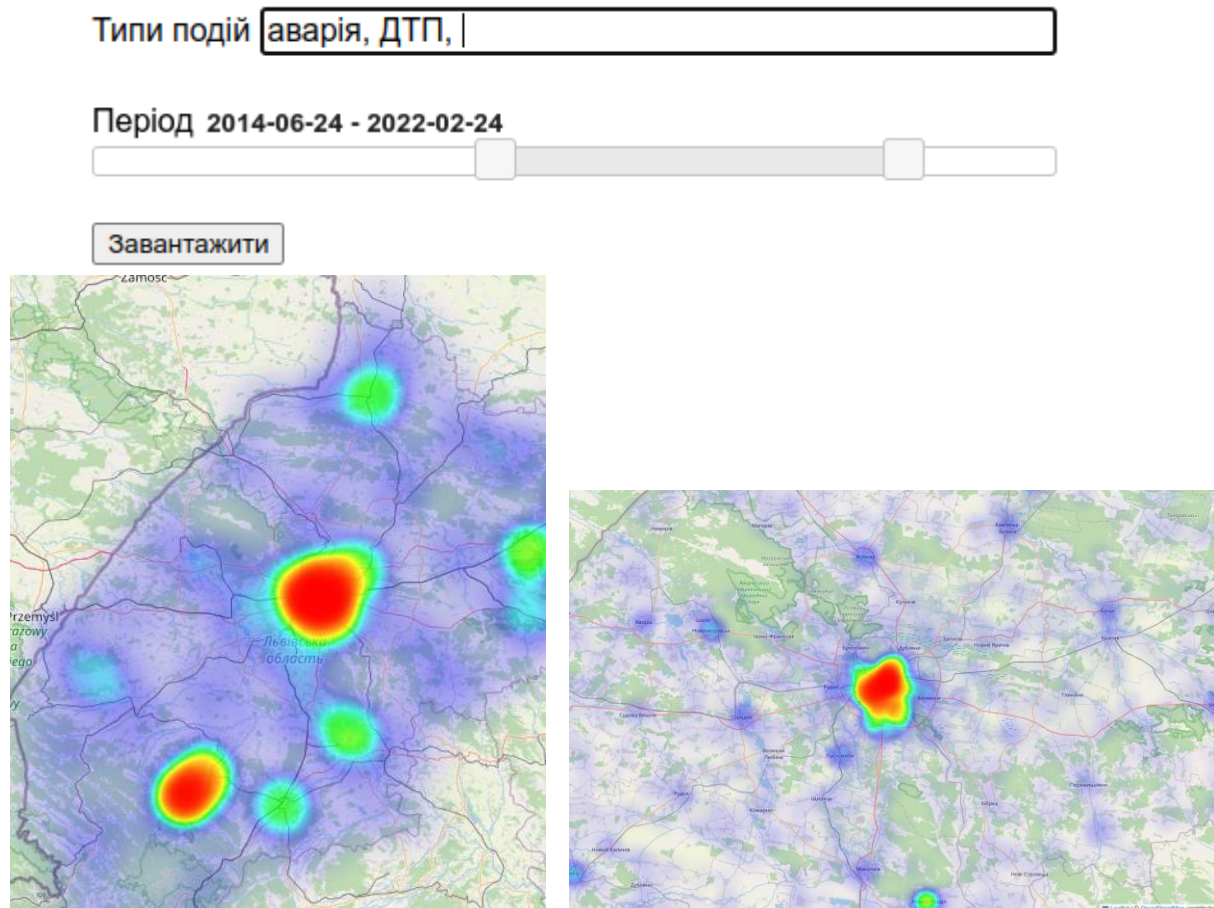


Рисунок - 4 Теплова карта інтенсивності надзвичайних подій із гнучкими фільтрами за часом і типами у системі СОДУ

**Результати.** У процесі дослідження встановлено, що інформація, накопичена в системі оперативно-диспетчерського управління (СОДУ), має значний аналітичний потенціал для прогнозування надзвичайних ситуацій. Проведено багаторівневе структурування та класифікацію подій, що дало змогу деталізувати типологію пожеж шляхом виокремлення нових підкатегорій, які не були представлені в базовій структурі СОДУ. Зокрема, вдалося систематизувати дані, розподіливши пожежі на основні групи та їхні підтипи, що сприяло поглибленому розумінню специфіки таких подій.

Одним із ключових етапів обробки даних стало геокодування текстових адрес із подальшим перетворенням їх у просторові координати, що уможливило аналіз територіальних закономірностей виникнення надзвичайних ситуацій. Для реалізації цього процесу використано сучасні геоінформаційні технології, зокрема сервіс Nominatim, який забезпечує точне зіставлення адрес із координатами, а також розширення PostGIS для бази даних PostgreSQL, що підтримує ефективну обробку просторових запитів. От-

римані геопросторові дані стали основою для кількісної оцінки інтенсивності надзвичайних подій залежно від географічних характеристик об'єктів.

Візуалізація результатів здійснювалася за допомогою теплових карт, які наочно відображають просторові кореляції. Для цього застосовано JavaScript-фреймворк Leaflet, що забезпечує інтерактивне відображення картографічних даних, у поєднанні з відкритим сервісом рендерингу просторових даних за протоколом Web Map Service (WMS). Ці інструменти дозволили стилізувати та ефективно представляти географічну інформацію, адаптуючи її до потреб аналізу. Розроблена аналітична модель вирізняється гнучкістю у формуванні вибірок, що відкриває можливості для дослідження впливу різноманітних факторів на динаміку подій.

**Висновки.** Проведене дослідження підтвердило високу цінність накопичених у СОДУ даних як основи для прогнозової аналітики та підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації в діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Запропонований підхід до структурування та візуалізації інформації створив міцну основу для інтеграції інтелектуальних інструментів у процеси прийняття управлінських рішень.

Перспективи подальших досліджень охоплюють кілька ключових напрямів. По-перше, вдосконалення моделі можливе через інтеграцію додаткових джерел даних, таких як метеорологічні показники чи інформація з IoT-пристроїв, що підвищить точність прогнозів. По-друге, методологію доцільно адаптувати до аналізу інших типів надзвичайних ситуацій, зокрема повеней чи техногенних аварій, для розробки універсального аналітичного інструменту. Нарешті, створення інтерактивних веб-інтерфейсів із функцією накладання результатів аналізу може трансформувати модель у практичний інструмент реального часу для оперативного планування та управління ресурсами ДСНС.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шопський О.М., Придатко О.В. Модель кластеризації даних для формування вибірки з метою прогнозування ризикових ситуацій. Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів 30.11.2023. - Львів, ЛДУ БЖД, 2023. - С.466-468.
2. Martyn Ye. Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation / Martyn Ye., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. //Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham. – Vol. 1158, 2020. pp. 457-469 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_31)
3. PostGIS. *PostGIS*. URL: <https://postgis.net> (дата звернення: 27.02.2025).
4. Leaflet – an open-source JavaScript library for interactive maps. *Leaflet - a JavaScript library for interactive maps*. URL: <https://leafletjs.com> (дата звернення: 03.02.2025).
5. Гаврись А. П., Пекарська О. Аналіз існуючих програмних продуктів, що використовуються для прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій. 2021. URL: <http://sci.ldubgd.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9262>.

6. В.Ф. Старко, Андрій Рисін, Великий електронний словник української мови (ВЕСУМ) як засіб NLP для української мови // Галактика Слова. Галині Макарівні Гнатюк / Ін-т укр. мови НАН України. - К.: Вид. дім Дмитра Бурого, 2020. - С. 135–141.
7. Черниш О., Панченко Н. Сучасні корпусні технології у створенні електронного словника. Проблеми гуманітарних наук Серія Філологія. 2023. № 53. С. 94–98. URL: <https://doi.org/10.24919/2522-4565.2023.53.11>.
8. FastText. *fastText*. URL: <https://fasttext.cc> (дата звернення: 06.04.2025).
9. Pallets Projects. Flask. URL: <https://flask.palletsprojects.com> (дата звернення: 02.10.2023).
10. Шопський О.М., Придатко О.В., Малець І.О. Аналітика великих масивів даних для прогнозування ризикових ситуацій. Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості : матеріали 16 Міжнародної конференції 15.12.2021. – Дніпро, НУ «ДП», 2021. – С. 212-214.
11. PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org> (дата звернення: 03.02.2025).
12. Nominatim. *Nominatim*. URL: <https://nominatim.org> (дата звернення: 02.03.2025).
13. Кластеризація регіонів України за рівнем небезпеки та шляхи підвищення ефективності функціонування єдиної державної системи цивільного захисту в умовах невизначеності вхідної інформації про виникнення надзвичайних ситуацій / В. Тютюник та ін. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. № 1(11). С. 75–84. URL: [https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.1\(11\).75-84](https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.1(11).75-84).
14. Рисін А., Старко В. Великий електронний словник української мови (ВЕСУМ). Вебверсія 6.5.2. 2005-2024. URL: <https://vesum.nlp.net.ua/>

#### REFERENCES

1. Shopsyki O.M., Prydatko O.V. Model klasteryzatsii danykh dlia formuvannia vybirky z metoiu prohnozuvannia ryzykovykh sytuatsii. Zbirnyk tez dopovidei VI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh, studentiv i kursantiv 30.11.2023. - Lviv, LDU BZhd, 2023. - S.466-468. [in Ukrainian]
2. Martyn Ye. Software for Shelter’s Fire Safety and Comfort Levels Evaluation / Martyn Ye., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. // *Communications in Computer and Information Science*, Springer, Cham. – Vol. 1158, 2020. pp. 457-469 [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_31)
3. PostGIS. PostGIS. URL: <https://postgis.net> (date of access: 27.02.2025).
4. Leaflet – an open-source JavaScript library for interactive maps. *Leaflet - a JavaScript library for interactive maps*. URL: <https://leafletjs.com> (date of access: 03.02.2025).
5. Havrys A. P., Pekarska O. Analiz isnuuichykh prohramnykh produktiv, shcho vykorystovuiutsia dlia prohnozuvannia vynykennia nadzvychainykh sytuatsii. <http://sci.ldubgd.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9262>. [in Ukrainian].
6. V. F. Starco, Andrii Rysin, Velykyi elektronnyi slovnyk ukrainskoi movy (VESUM) yak zasib NLP dlia ukrainskoi movy // Halaktyka Slova. Halyni Makarivni Hnatiuk / In-t ukr. movy NAN Ukrainy. — K. : Vyd. dim Dmytra Buraho, 2020. — S. 135–141. [in Ukrainian].
7. Chernysh O., Panchenko N. Suchasni korpusni tekhnolohii u stvorenni elektronnoho slovnyka. Problemy humanitarnykh nauk Seriiia Filolohiia. 2023. № 53. S. 94–98. URL: <https://doi.org/10.24919/2522-4565.2023.53.11>. [in Ukrainian].



8. FastText. (n.d.). fastText. Retrieved April 6, 2025, from <https://fasttext.cc> (date of access: 06.04.2025).
9. Pallets Projects. Flask. URL: <https://flask.palletsprojects.com> (date of access: 02.10.2023).
10. Shopsyki O.M., Prydatko O.V., Malets I.O. Analitika velykykh masyviv danykh dlia prohnozuvannia ryzykovykh sytuatsii. Problemy vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii v osviti, nauksi ta promyslovosti: materialy 16 Mizhnarodnoi konferentsii 15.12.2021. – Dnipro, NU «DP», 2021. – S. 212-214. [in Ukrainian].
11. PostgreSQL. PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org> (date of access: 03.02.2025).
12. Nominatim. Nominatim. URL: <https://nominatim.org> (date of access: 02.03.2025).
13. Klasteryzatsiia rehioniv Ukrainy za rivnem nebezpeky ta shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia yedynoi derzhavnoi systemy tsyvilnoho zakhystu v umovakh nevyznachenosti vkhidnoi informatsii pro vynykennia nadzvychainykh sytuatsii / V. Tiutiunyk ta in. Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka. 2021. № 1(11). S. 75–84. URL:[https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.1\(11\).75-84](https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.1(11).75-84). [in Ukrainian]
14. Rysin A., Starko V. Velykyi elektronnyi slovnyk ukrainskoi movy (VESUM). Vebversiiia 6.5.2. 2005-2024. URL: <https://vesum.nlp.net.ua>. [in Ukrainian]

Received 07.04.2025.

Accepted 10.04.2025.

### ***Classification and spatial analysis of fires in the operational dispatch management system***

*The article explores the potential of applying modern information technologies, specifically big data processing methods, artificial intelligence, and machine learning, to analyze operational information accumulated within the Operational Dispatch Management System (ODMS) of the Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Lviv Region. Operational since 2007, this system has amassed a substantial volume of data on emergency incidents, encompassing details about response forces and resources, event types, personnel, technical equipment, and more.*

*The study aimed to develop an information model for the analysis and prediction of risk scenarios. Several stages were implemented within the research framework: preliminary data structuring and cleaning, sample formation based on classifiers, detailed categorization of fire types, geocoding of addresses, and visualization of results through heatmaps. Additionally, an approach to semantic analysis of textual fields and event clustering by type was proposed, enabling flexible sample generation for subsequent investigations.*

*Keywords: Big data, event classification, fire, geovisualization, risk prediction, State Emergency Service of Ukraine.*

**Шопський Орест Михайлович** - ад'юнкт кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.

**Малець Ігор Остапович** - к.т.н., доцент, кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.

**Shopsyki Orest** - Adjunct Professor of the Department of Information Technologies and Electronic Communications Systems, Lviv State University of Life Safety.

**Malets Igor** - Ph.D., Associate Professor, Department of Information Technologies and Electronic Communications Systems, Lviv State University of Life Safety.