

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр
(освітній ступінь)

на тему «Картографічне моделювання наслідків пожеж за даними ДЗЗ»

ХАІ.407.462м.24О193.1804073 ПЗ

Виконав: студент(ка) 2 курсу групи № 462м

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
(код та найменування)

Освітня програма Геоінформаційні системи і технології
(найменування)

Сопельник В.О.

(ім'я та прізвище студента (ки))

Керівник: Даншина С.Ю.
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Полупан А.В.
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ ракетно - космічної техніки _____
 Кафедра _____ геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі _____
 Рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
 Спеціальність _____ 193 _____ Геодезія та землеустрій _____
 (код та найменування)
 Освітня програма _____ Геоінформаційні системи і технології _____
 (найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Станіслав ГОРЕЛИК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«23» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Сопельник Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи Картографічне моделювання наслідків пожеж за даними ДЗЗ

керівник кваліфікаційної роботи Даншина Світлана Юріївна, д.т.н., професор
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №2001-уч від «15» листопада 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи _____ 11.01.2024 _____

3. Вихідні дані до роботи

1) Комплект програмного продукту ArcGIS;

2

3) Дані космічних спостережень за пожежами системою Fire Information for Resource Management System від NASA на відкритому порталі <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати)

Вступ, Аналіз стану проблеми оцінювання пожежної небезпеки і моніторингу пожеж в Україні та світі, Отримання і обробка супутникових та геоінформаційних даних, необхідних для розв'язання завдань оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах, Тенденції розвитку систем контролю протипожежної безпеки в Україні, Створення картографічних моделей наслідків пожеж за даними ДДЗ, Висновки.

р

о

к

о

5. Перелік графічного матеріалу

Структурна схема роботи. Графік кількості зафіксованих пожеж на території Запорізької області України у 2023 році по місяцях. Картографічна модель типів пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх локалізації на місцевості. Картографічна модель кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області. Картографічна модель пожеж на території Запорізької області України у 2023 році.

6. Консультанти розділів випускної роботи

Розділ	Ім'я та прізвище посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основна частина	Світлана ДАНШИНА	23.10.2023	11.01.2024
	<i>Професор</i>		

Нормоконтроль _____ Інеса КРАСОВСЬКА «_18_» 01 2024 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання _____ 23.10.2023 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз стану проблеми оцінювання пожежної небезпеки і моніторингу пожеж в Україні та світі	23.10.23 – 05.11.23	
2	Отримання і обробка супутникових та геоінформаційних даних, необхідних для розв'язання завдань оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах	06.11.23 - 16.11.23	
3	Тенденції розвитку систем контролю протипожежної безпеки в Україні	17.11.23 - 05.12.23	
4	Створення картографічних моделей наслідків пожеж за даними ДДЗ	06.12.23 – 15.12.23	
5	Написання пояснювальної записки	16.12.23 – 11.01.24	

Студент _____ Владислав СОПЕЛЬНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Світлана ДАНШИНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра містить: 65 сторінок, 22 рисунка, 2 таблиці, 22 джерела, додатки А і Б.

Дана робота присвячена аналізу кількості пожеж у Запорізькій області України у 2023 році та проведення їх класифікації за типом та територією охопту на основі обробки даних ДЗЗ. Для здійснення такого аналізу була проведена обробка даних порталу автоматичного спостереження та виявлення стихійних пожеж FIRMS на прикладі території Запорізької області України. Було визначено можливості використання таких аерокосмічних даних, шляхи потенційного розповсюдження виникаючих пожеж, обчислено статистичні показники та побудовано відповідні картографічні моделі.

Мета роботи: підвищення ефективності аналізу статистичних даних про пожежі для визначення причин їх виникнення.

Об'єкт - процес аналізу даних про пожежі з використанням сучасних ГІС-технологій.

Предмет - ГІС-методи аналізу статистичних даних про пожежі.

Методи дослідження: методи обробки та аналізу аерокосмічних мультиспектральних знімків з метою виявлення територій які постраждали внаслідок виникнення пожеж.

Отримані результати: дані що до територій, пошкоджених внаслідок пожеж у Запорізькій області України у 2023 році, а також картографічна модель їх просторового розподілення.

Ключові слова: ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, ПОЖЕЖІ

ABSTRACT

The explanatory note to the master's thesis contains: 65 pages, 22 figures, 2 tables, 22 sources, appendices A and B.

This work is devoted to the analysis of the number of fires in the Zaporizhzhia region of Ukraine in 2023 and their classification by type and area of coverage based on data processing of fire safety data. In order to carry out such an analysis, the data processing of the FIRMS portal for automatic monitoring and detection of natural fires was carried out on the example of the territory of the Zaporizhzhia region of Ukraine. The possibilities of using such aerospace data, the ways of potential spread of emerging fires were determined, statistical indicators were calculated and corresponding cartographic models were built.

The purpose of the work: increasing the effectiveness of the analysis of statistical data on fires to determine the causes of their occurrence.

The object of the work: process of analyzing fire data using modern GIS technologies.

The subject of the work: GIS-methods of analysis of statistical data on fires.

Research methods: methods of processing and analyzing aerospace multispectral images in order to identify areas affected by fires.

Obtained results: data on the territories damaged by fires in the Zaporizhzhia region of Ukraine in 2023, as well as a cartographic model of their spatial distribution.

Keywords: GEO-INFORMATION SYSTEMS, REMOTE EARTH SENSING, FIRE

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ І МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	8
1.1 Аналіз та порівняння існуючих систем пожежної безпеки, доступних баз даних пожеж та термальних аномалій	8
1.2 Визначення джерел необхідних супутникових, статистичних і наземних даних для оцінювання пожежонебезпеки та моніторингу пожеж	18
РОЗДІЛ 2 ОТРИМАННЯ І ОБРОБКА СУПУТНИКОВИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ДАНИХ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ	22
2.1 Аналіз інформативних ознак, що є причинами надзвичайних подій, у колекції супутникових та погодних даних	22
2.2 Особливості створення набору даних про надзвичайні ситуації, пов'язані з вогнем, у векторному вигляді на основі наявної інформації	25
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА	27
3.1 Тенденції розвитку систем контролю протипожежної безпеки в Україні	27
3.2 Огляд сучасних ГІС-засобів та спеціалізованого ПЗ	48
РОЗДІЛ 4 СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДДЗ	54
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65
ДОДАТОК А Презентація за темою «Картографічне моделювання наслідків пожеж за даними ДДЗ».....	68
ДОДАТОК Б Плакат за темою «Картографічне моделювання наслідків пожеж за даними ДДЗ».....	82

ВСТУП

Пожежі в наш час є одними з найнебезпечніших явищ, що вражають екосистеми та загрожують екологічній безпеці планети. В сучасному природокористуванні пожежі, що неодноразово повторюються на певній території, оцінюються як екзогенний локально-катастрофічний чинник, який призводить до трансформації природних екосистем. Кожного року гинуть сотні тисяч гектарів лісових насаджень, підпалюються території із сухостоєм, займаються території сільськогосподарських ділянок, виникають пожежі на об'єктах техногенного характеру, тощо. Під час цього в атмосферу викидаються десятки тисяч тон продуктів згоряння. Нині завдяки доступності, високій періодичності і оперативності матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та розвитку технічних засобів стало можливо реалізовувати такі задачі, які раніше можна було виконати лише на дорогих професійних апаратно-програмних комплексах. Дані чинники призвели до активного застосування методів ДЗЗ для одержання інформації про стан екосистем, яким було заподіяно шкоди під час процесів виникнення та протікання пожеж. З детального аналізу джерел досліджень проблеми знаходження спалених пожежами територій за даними ДЗЗ стало зрозуміло, що існує багато альтернативних способів роз'язання даної задачі. Існує багато онлайн-сервісів моніторингу пожеж за даними дистанційного зондування, таких як FIRMS [1], проте не всі вони є однаково ефективними в визначенні інформації про нові пожежі та їх території. У даній роботі запропонований один з можливих оперативних методів визначення пошкоджених пожежами територій за даними космічних знімків Sentinel, який був реалізований у створеній інформаційній системі. Запропонований підхід може бути цікавий працівникам державної лісової охорони, інженерно-технічним працівникам лісового господарства, сільськогосподарським підприємствам, природоохоронним організаціям, органам місцевого самоврядування та іншим зацікавленим юридичним та фізичним особам [2].

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ І МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

На сьогоднішній день на глобальному та регіональному рівні наявні сучасні інформаційні системи оцінки пожежної небезпеки та моніторингу пожеж, зокрема, і з використанням супутникових даних. У більшості країн в основу таких систем покладено оцінювання пожежної небезпеки за умовами погоди. Зокрема, Канада, Нова Зеландія, Фіджі, Мексика, Аляска, Флорида, Мічиган, Хорватія, країни Південно-Східної Азії використовують канадську систему оцінки небезпеки лісових пожеж CFFDRS, Австралія – показник лісової пожежної небезпеки FFDI. У США використовується національна система оцінки пожежної небезпеки NFDRS. Нижче викладені результати аналізу зазначених систем та методів оцінювання ризику виникнення пожеж, що використовуються в цих системах.

1.1 Аналіз та порівняння існуючих систем пожежної небезпеки, доступних баз даних пожеж та термальних аномалій

Служба надання інформації про пожежі для системи управління ресурсами NASA (FIRMS). Система FIRMS (NASA's Fire Information for Resource Management System,) була розроблена для надання інформації про місцезнаходження активних загорянь в режимі реального часу менеджерам природних ресурсів, які зіткнулися з проблемами отримання своєчасної супутникової інформації про пожежі. FIRMS надає дані про активні пожежі в режимі, близькому до реального часу, протягом 3 годин після супутникових спостережень за допомогою спектро радіометра з середнім просторовим розрізненням MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) на борту супутників NASA Terra і Aqua і комплекту радіометрів видимого інфрачервоного зображення VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) на борту супутників Національного партнерства по полярній орбіті NASA/NOAA Suomi NPP і

NOAA-20. Система також надає продукти про активні пожежі за останні 24, 48 годин і 7 днів в форматах шейп-файлів.

За даними лісової служби США [3], сухе деревне паливо запалюється при досягненні температури близько 540° F, а встановлена лісова пожежа виникає при температурі, яка може перевищувати 1500° F. Це тепло є маяком для орбітальних датчиків, таких як MODIS і VIIRS, які виявляють випромінювану енергію. Кожна гаряча точка / виявлення активної пожежі є центром пікселя, зазначеного як такий, що містить одну або кілька пожеж або інші теплові аномалії (наприклад, вулкани). Розмір пікселя залежить від приладу зйомки (рис. 1.1): для MODIS розмір складає приблизно 1 км, а для VIIRS – приблизно 375 м. «Місцезнаходження» – це центральна точка пікселя (не обов'язково координати фактичної пожежі) [4].

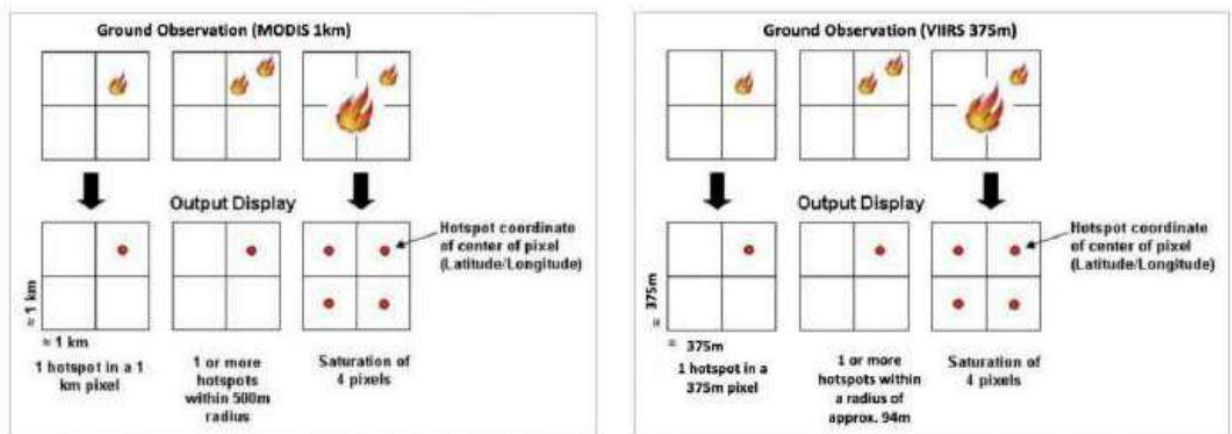


Рисунок 1.1 — Виявлення пожежі на Землі за допомогою датчиків MODIS і VIIRS

У будь-якій конкретній сцені мінімальний розмір пожежі, що виявляється, є функцією багатьох різних змінних (кута сканування, біоми, положення сонця, температури поверхні землі, хмарного покритву, кількості диму та напрям вітру тощо), і тому точність визначення розміру пожежі буде дещо різнитися за цими умовами. MODIS регулярно виявляє як палаючі, так і тліючі пожежі площею 1000 м².

Слід враховувати, що оцінювати площу пожежі (вигорання) за даними про активну пожежу не рекомендується через нетривіальні проблеми формування просторової та часової вибірки. Для деяких додатків, однак, може бути досягнута прийнятна точність, хоча ефективна площа вигорання на піксель вогню не просто постійна, а варіюється в залежності від декількох різних змінних, пов'язаних з рослинністю і пожежами.

Діаграма на рисунку 1.2 показує денну і нічну залежність розміру пожежі і температури пожежі в різних біомах від ймовірності виявлення за допомогою MODIS [5].

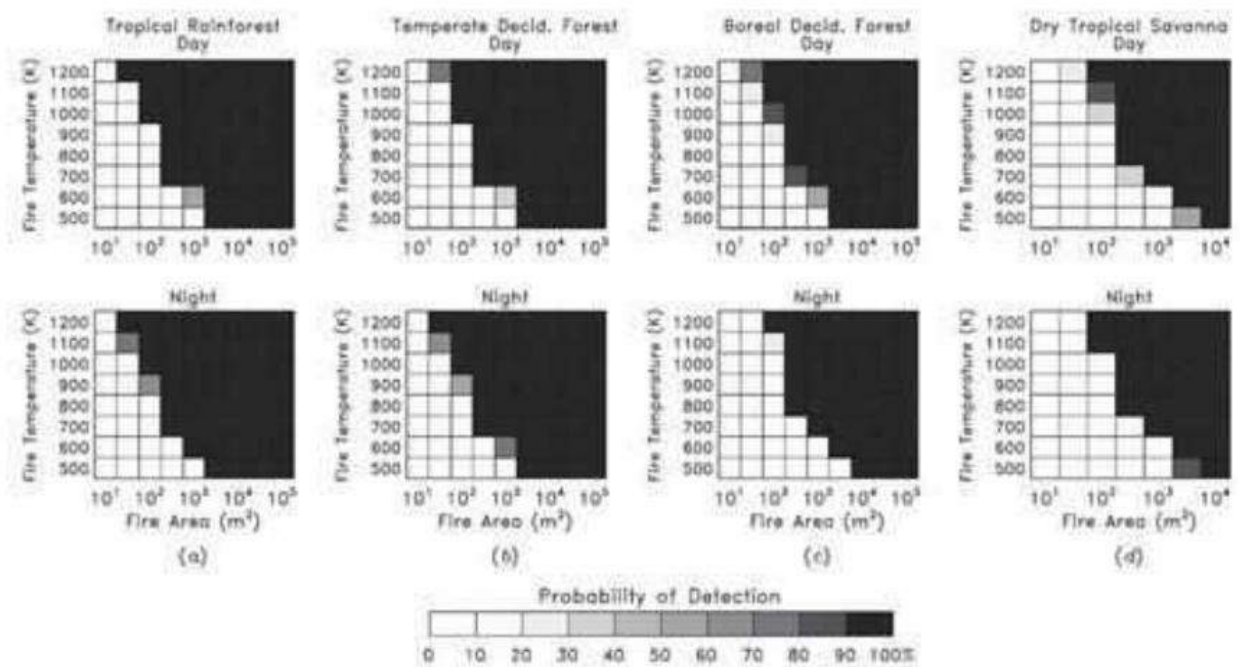


Рисунок 1.2 — Приклад денної і нічної залежності розміру пожежі і температури спалаху

Продукт MODIS для пожежних і теплових аномалій MCD14DL є основою продуктів FIRMS (починаючи з 2007 р.). Коли MODIS виявляє теплову аномалію, яка може вказувати на лісову пожежу або будь-яке значне джерело тепла, комп'ютерний алгоритм визначає центр області площею 1 км², в якій виявлено аномалію. Важливо відзначити, що геолокація виявленої точки доступу основана на прогнозованій, а не на остаточній інформації про орбіту супутника.

Продукт VIIRS I-band (375 м) про активні пожежі був доданий в колекцію FIRMS у 2016 р. і був розроблений з використанням продукту MODIS для пожежних і теплових аномалій. Це означає, що продукти VIIRS і MODIS по пожежах доповнюють один одного, а продукт VIIRS 375 м і продукт MODIS по пожежах показують гарний збіг у виявленні гарячих точок. Виявлення пожежі супутником виконується з використанням контекстного алгоритму, який використовує високий рівень випромінювання в середній інфрачервоній області в результаті пожеж [5].

Відповідно до політики відкритих даних NASA, всі дані і продукти даних MODIS і VIIRS повністю доступні та відкриті. Ця політика також стосується алгоритмів, що використовуються для обробки даних, а також інтерфейсів прикладних програм, що полегшують використання даних.

Європейська інформаційна система про лісові пожежі (European Forest Fire Information System, EFFIS) і Лісова служба Індії – це лише деякі з всесвітніх урядових організацій і агентств, що використовують дані FIRMS про пожежі і теплові аномалії. Лісова служба США використовує дані FIRMS як невід'ємний компонент своєї програми картування активних пожеж, яка забезпечує виявлення і характеристики стану лісових. Велика частина протипожежних робіт Інституту світових ресурсів (World Resources Institute) пов'язана з моніторингом навмисного спалювання землі для потреб сільського господарства і дані FIRMS не тільки забезпечують швидке реагування на виявлені пожежі, а й допомагають ідентифікувати незаконне спалювання землі та дозволяють притягти до відповідальності винних у незаконному палінні.

Центр активного архівування інформації про наземні процеси LP DAAC (The Land Processes Distributed Active Archive Center) – один із декількох спеціалізованих центрів обробки даних у рамках системи даних та інформації системи спостереження Землі NASA (Earth Observing System Data and Information System, EOSDIS). LP DAAC надає два продукти, пов'язані з пожежами: MCD64A1v006 та VNP64A1v001.

Щомісячний комбінований продукт даних супутників Terra і Aqua MCD64A1 Version 6 Burned Area з глобальною сіткою 500 м містить інформацію про випалену площу на піксель та якісну інформацію. Інформаційний продукт VNP64A1 Version 1 Suomi National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP) NASA VIIRS Burned Area є щомісячним продуктом з глобальною сіткою 500 м, що містить інформацію про випалену площу на піксель та якісну інформацію. Шари даних, представлені в продуктах MCD64A1 і VNP64A1, включають дату горіння, невизначеність даних горіння, контроль якості, а також перший і останній день надійного виявлення змін року.

Глобальна земельна служба CGLS (Copernicus Global Land Service) з квітня 2014 р. надає продукт «випалені площі» (burned area, BA) з просторовим розрізненням 300 м, що генерується кожні 10 днів на основі супутникових даних PROBA-V. Продукт пройшов валідацію відповідно до протоколів CEOS Land Product Validation, опублікованих у відкритій рецензованій літературі. Дослідження якості продукту BA PROBA-V 300 м за 2017 і 2018 рр. показали [6], що оцінки площ вигорілих ділянок можна порівняти з оцінками площ вигорілих ділянок, отриманих з продуктів MODIS MCD64, хоча є деякі розбіжності в часі і просторовому розташуванні виявлених вигорілих ділянок. Виявлені зони пожеж у порівнянні з рядом пожеж, виявлених Службою управління надзвичайними ситуаціями Copernicus CEMS (Copernicus Emergency Management Service) та Європейською системою інформації про лісові пожежі EFFIS (European Forest Fire Information System), дають хороші результати: істотних змін, помітних в континентальному масштабі, в оцінках площі вигорілих пожеж немає.

Глобальна база даних по викидах від пожеж GFED (Global Fire Emissions Database) містить супутникову інформацію (500 м MODIS) про пожежну активність і продуктивність рослинності для оцінки щомісячної спаленої площі і викидів від пожеж з прив'язкою до сітки, а також дані, які можна використовувати для розрахунку викидів з більш високим часовим дозволом. Серед основних наборів даних GFED: спалена площа [7], спалена площа від "невеликих" пожеж на основі виявлень активних пожеж поза картами спалених

площ, викиди вуглецю тощо. Поточна версія 4 має просторове розрізнення $0,25^\circ$ і доступна з 1997 р. по 2016 р. Щомісячні дані про викиди доступні і за період після 2016 рр. GFED містить Глобальний атлас пожеж – набір даних, який відстежує щоденну динаміку окремих пожеж для визначення часу та місця розташування загорянь, розміру і тривалості пожежі, а також добового розширення, довжини лінії вогню, швидкості і напрямку поширення.

Канадська система оцінки небезпеки лісових пожеж CFFDRS (Canadian Forest Fire Danger Rating System) розробляється з 1968 р.. На даний час дві її підсистеми – Канадська система погодного індексу лісових пожеж FWI (Forest Fire Weather Index) та Канадська система прогнозу поведінки лісових пожеж FBP (Forest Fire Behavior Prediction), широко використовуються в Канаді та на міжнародному рівні.

На рисунку 1.3 наведено компоненти системи CFFDRS [8].

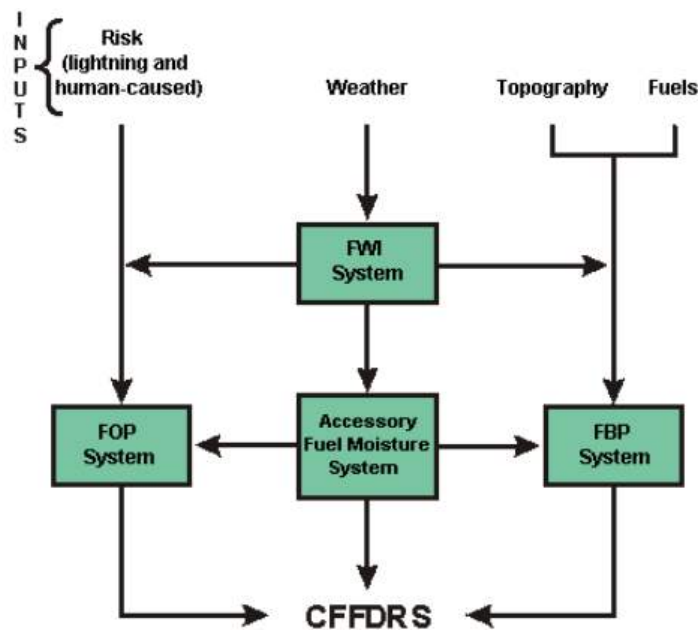


Рисунок 1.3 — Діаграма компонентів системи CFFDRS

Ризик, погода, паливо та топографія забезпечують необхідні вихідні дані для прогнозування «пожежонебезпечної» погоди, виникнення пожежі та поведінки вогню. Під терміном «пожежонебезпечної» розуміють погодні умови, які підвищують ризик і сприяють поширенню лісових пожеж. У даний час для

ряду канадських типів лісів розробляються моделі вологості палива. Разом підсистеми CFFDRS передбачають потенційну пожежну небезпеку в лісі. Система FWI складається з шести компонентів, що враховують вплив вологості палива та погодних умов на поведінку вогню (рис. 1.4). Розрахунок компонентів системи FWI базується на послідовних щоденних спостереженнях за температурою, відносною вологістю, швидкістю вітру та добовими опадами. Перші три компоненти (коди) є бальними оцінками вмісту вологи в трьох шарах лісового палива: підстилці та інших видах тонкого палива; в слабо ущільненому органічному (duff) шарі, що розкладається; глибокому щільному органічному шарі.

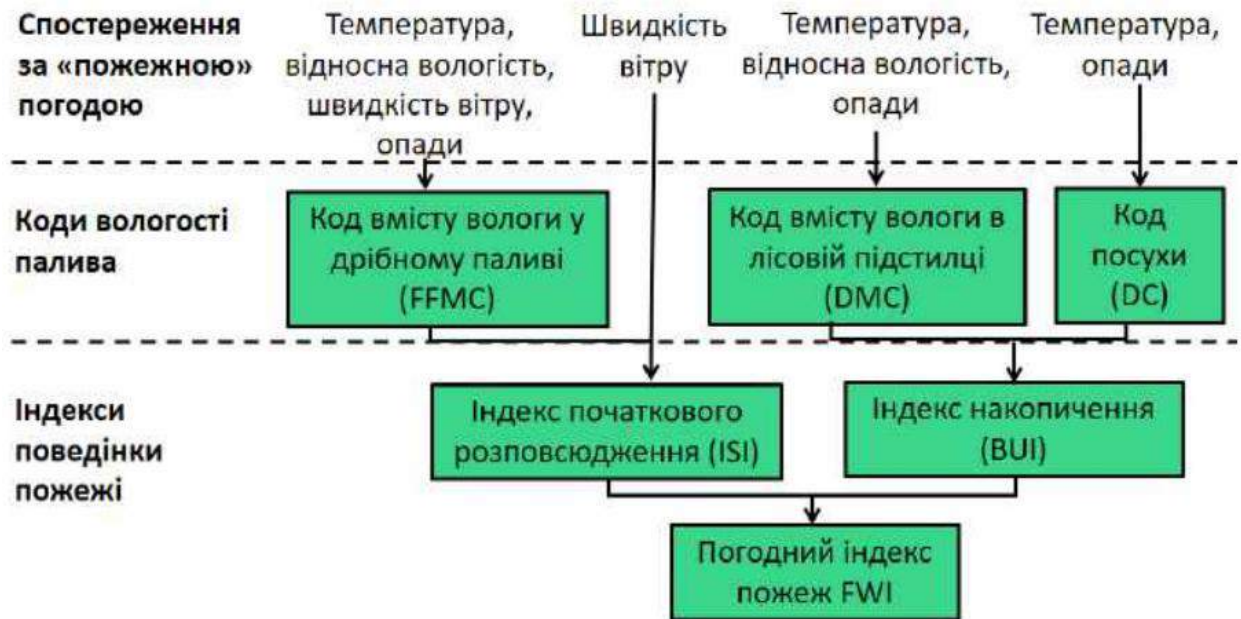


Рисунок 1.4 — Компоненти системи FWI

Три інші індекси системи, значення яких зростають зі збільшенням пожежної небезпеки, відповідають за поведінку вогню, а саме: швидкість поширення вогню; кількість палива, доступного для горіння; інтенсивність пожежі. Ці шість стандартних компонентів забезпечують кількісне оцінювання відносної ймовірності виникнення лісових пожеж.

Європейська інформаційна система лісових пожеж EFFIS є веборієнтованою географічною інформаційною системою, що надає інформацію

про лісові пожежі та режими пожеж у регіонах Європи, Близького Сходу та Північної Африки у часі, близькому до реального, та в історичному плані [9]. Моніторинг пожеж в EFFIS включає повний цикл спостереження пожежі з наданням інформації про передумови пожежі, сам процес пожежі, та оцінку збитків від пожежі. Додаток «Переглядач поточної ситуації» системи EFFIS дозволяє користувачу запитувати і переглядати поточну та архівну інформацію у формі карт пожежної небезпеки та її прогнозу до 9 днів, щоденно оновлюваних карт гарячих точок та периметрів пожежі.

На даний час модуль прогнозу пожежної небезпеки EFFIS забезпечує доступ до індексів пожежної небезпеки з використанням числового прогнозу погоди на основі двох детермінованих моделей. Зокрема, індекс FWI обчислюється за моделлю Європейського центру середньотермінових прогнозів погоди ECMWF (сітка з елементами 8 км), яка забезпечує прогнози на 1–9 днів, та за французькою моделлю MeteoFrance (сітка з елементами 10 км), яка забезпечує прогнози до 3 днів. Компоненти індексу FWI наведені у таблиці 1.1. Вказані класи однакові для всіх країн, і карти показують узгоджену картину просторового розподілу рівня пожежної небезпеки.

Таблиця 1.1 – Обмеження на значення індексу FWI та його компонентів, які визначають 6 класів пожежної небезпеки

Класи пожежної небезпеки	<i>FWI</i>	<i>FFMC</i>	<i>DMC</i>	<i>DC</i>	<i>ISI</i>	<i>BUI</i>
дуже низький	$FWI < 5,2$	$FFMC < 82,7$	$DMC < 15,7$	$DC < 256,1$	$ISI < 3,2$	$BUI < 24,2$
низький	$5,2 \leq FWI < 11,2$	$82,7 \leq FFMC < 86,1$	$15,7 \leq DMC < 27,9$	$256,1 \leq DC < 334,1$	$3,2 \leq ISI < 5,0$	$24,2 \leq BUI < 40,7$
помірний	$11,2 \leq FWI < 21,3$	$86,1 \leq FFMC < 89,2$	$27,9 \leq DMC < 53,1$	$334,1 \leq DC < 450,6$	$5,0 \leq ISI < 7,5$	$40,7 \leq BUI < 73,3$
високий	$21,3 \leq FWI < 38,0$	$89,2 \leq FFMC < 93,0$	$53,1 \leq DMC < 140,7$	$450,6 \leq DC < 749,4$	$7,5 \leq ISI < 13,4$	$73,3 \leq BUI < 178,1$
дуже високий	$38,0 \leq FWI < 50,0$	$FFMC \geq 93,0$	$DMC \geq 140,7$	$DC \geq 749,4$	$ISI \geq 13,4$	$BUI \geq 178,1$
екстремальний	$FWI \geq 50,0$					

Для виявлення активних пожеж в системі EFFIS використовуються супутникові продукти, які надаються системою FIRMS: MODIS (MCD14DL, 1

км) і VIIRS (VNP14IMGTDL_NRT, 375 м). Активні пожежі локалізуються на основі так званих теплових аномалій, що спричиняються ними. Алгоритми порівнюють температуру потенційної пожежі з температурою земного покриття навколо місця її локалізації. Якщо різниця температур перевищує заданий поріг, потенційний пожежа підтверджується як активний вогонь або «гаряча точка».

Картографування випалених територій на основі даних MODIS включає розмежування масштабів лісових пожеж на основі напівавтоматичної класифікації супутникових знімків MODIS із використанням допоміжних наборів просторових даних.

У системі оцінки лісових пожеж лісової служби США WFAS (Wildland Fire Assessment System) збирається та відображається інформація про небезпеку пожеж для території США. Система ґрунтується на даних спостережень за погодою, що проводяться на пожежних метеостанціях по всій території США, і вводяться в Систему управління метеорологічною інформацією WIMS (Weather Information Management System). Веб-сайт WFAS містить: щоденні карти пожежної небезпеки з використанням значень системи NFDRS з WIMS; доступ до історичних карт пожежної небезпеки та деяких табличних даних, історичні метеорологічні продукти, інформацію про вологість палива тощо.

Рівень оцінки пожежної небезпеки враховує поточну і попередню погоду, типи палива, а також вологість так званих «живого» (life fuel) та «відмерлого» (dead fuel) палива. За визначенням «відмерле» паливо – це паливо, в якому вологість контролюється виключно температурою навколишнього середовища, випромінюванням, відносною вологістю та опадами. «Живе» паливо – це паливо, вміст вологи в якому контролюється фізіологічними процесами в рослині. Зміни вологості двох класів живого палива (трав'янистих рослин і деревних чагарників) є сезонними і короткостроковими.

Для побудови карт паливна модель, вибір індексу і рівні пожежної небезпеки (табл. 1.2) встановлюються місцевими менеджерами метеостанцій. Близько 90 % використовують індекс горіння, інші використовують компонент вивільнення енергії. Супутникові продукти в даний час є самостійними

індикаторами пожежонебезпеки і не враховуються при розрахунках, за винятком експериментальних проектів.

Таблиця 1.2– Шкала оцінки пожежної небезпеки

Класи пожежної небезпеки та код кольору (на карті)	Опис
низький (L) (темнозелений)	Паливо не легко запалюється від дрібних підпалів, хоча більш інтенсивне джерело тепла, таке як блискавка, може спричинити пожежу в деревині. Пожежі на відкритих луках можуть виникати через кілька годин після дощу, але лісові пожежі можуть повільно поширюватися (повзучи та тліючи) в непередбачуваних напрямках. Небезпека виникнення таких ділянок незначна
середній (M) (світлозелений або блакитний)	Пожежі можуть починатися з більшості випадкових причин, але за винятком пожеж через блискавки у деяких районах, як правило, їхня кількість зазвичай невелика. Пожежі на відкритих луках будуть інтенсивно горіти і швидко поширюватись у вітряні дні. Лісові пожежі можуть поширюватись як повільно, так і швидко. Пожежі навряд чи стануть серйозними, а боротьба з ними відносно проста.
високий (H) (жовтий)	Все дрібне відмерле паливо легко запалюється, і пожежі легко починаються з більшості причин (залишене непогашене багаття). Пожежі поширюються швидко, і виявлення їх зблизка є звичайним явищем. Високоінтенсивне горіння може розвиватися на схилах або при скупченні дрібного палива. Пожежі можуть стати серйозними, а боротьба з ними ускладнена, якщо вчасно їх не погасити, поки вони невеликі
дуже високий (VH) (помаранчевий)	Пожежі легко починаються з усіх причин і відразу після займання швидко поширюються і швидко посилюються. Точкові пожежі становлять постійну небезпеку. Пожежі на легких видах палива можуть швидко досягти високих значень хакактеристик інтенсивності, таких як поширення на великі відстані та вогняні вихори, коли пожежі разповсюджуються завдяки більш важких видів палива
екстремальний (E) (червоний)	Пожежі починаються швидко, інтенсивно поширюються і характеризуються високим рівнем горіння. Усі пожежі потенційно серйозні. Розвиток горіння високої інтенсивності зазвичай відбувається швидше і виникає від менших пожеж, ніж у нижчому класі) пожежної небезпеки. Пряме гасіння пожеж можливе рідко і може бути небезпечним, за винятком випадків відразу після загоряння. Пожежі, які розвиваються на територіях сильних рубок або хвойних насаджень, можуть бути некерованими, поки триває надзвичайно сильне горіння. У цих умовах єдиною ефективною та безпечною дією контролю є фланги, поки погода не зміниться або не зменшиться подача палива

Система WFAS запитує інформацію WIMS кожен день і створює карти спостережуваної та прогнозованої погоди, вологості палива і пожежної

небезпеки. Розташування передавальних станцій вказано на картах маркером. Значення між станціями оцінюються на основі методу зворотних квадратів відстані на сітці 10 км.

Система моделювання пожеж BehavePlus Міністерства сільського господарства США є однією з широко використовуваних систем прогнозування лісових пожеж. Вона розроблена для вирішення ряду проблем, включаючи прогнозування поведінки вогню при лісових пожежах, моніторинг пожеж, оцінку небезпеки пожежі залежно від типу земного покриття, моделювання поведінки пожежі. BehavePlus базується на математичних моделях поведінки вогню в середовищі, в якому відбувається пожежа. У якості вхідних даних у системі використовуються температура, відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, рельєф, вологовміст земної поверхні та номер моделі горючих матеріалів. У BehavePlus використовуються 13 різних моделей горючих матеріалів, які застосовуються для моделювання пожежі певного типу земного покриття в кожному конкретному випадку. На основі моделі Ротермеля BehavePlus забезпечує обчислення наступних вихідних параметрів: швидкість поширення та інтенсивність пожежі, кількість тепла на одиницю площі, розмір безпечної зони, висота факела полум'я, площа і периметр пожежі.

1.2 Визначення джерел необхідних супутникових, статистичних і наземних даних для оцінювання пожежонебезпеки та моніторингу пожеж

Джерела супутникових даних. Загальновизнаною є критична важливість супутникових спостережень Землі як джерела інформації для підтримки багатьох управлінських проблем. Супутникові дані забезпечують точною та достовірною інформацією про стан, зокрема, атмосфери, ґрунтів, сільськогосподарських культур, лісів, екосистем, природних ресурсів тощо, та їх змін з часом, що прямо або опосередковано використовується у різних галузях економіки та практично у всіх сферах суспільної діяльності. За визначенням

саміту ООН зі сталого розвитку (2019 рік) залучення супутникової інформації є революційним кроком на шляху досягнення цілей сталого розвитку.

Важливими є наступні характеристики супутникової інформації:

- масштаб (супутники можуть надавати дані у всіх масштабах від локального до національного, регіонального та глобального);
- довготривалий часовий ряд та безперервність;
- послідовність та порівнянність;
- різноманітність вимірювань;
- взаємодоповнюваність (компліментарність) із традиційними статистичними методами;
- доступність та відкритість даних.

Наразі з'явилося чимало різних ресурсів, які безкоштовно надають знімки з різних супутників. У даному підрозділі Звіту розглянуто джерела супутникових даних, що можуть використовуватися для оцінювання пожежонебезпеки та моніторингу пожеж.

EarthExplorer від USGS володіє найстарішою колекцією безкоштовних різноманітних супутникових та ГІСданих. Доступ до них можна отримати за допомогою сервісу EarthExplorer, який працює через Google Maps. EarthExplorer пропонує супутникові знімки за 40-річний період, отримані із супутників USGS-NASA: Terra і Aqua MODIS, ASTER, VIIRS і багато інших. У сервісі є набори даних з відкритим вихідним кодом, які були отримані в результаті співпраці з Індійської організацією космічних досліджень і Європейським космічним агентством. Це дані супутників Resourcesat-1, 2 і Sentinel-2. Також є багато даних з комерційних супутників з високим просторовим розрізненням – IKONOS-2 OrbView-3 та історичних даних SPOT.

LandViewer від EOS – це сучасне джерело супутникових даних і аналітики на основі штучного інтелекту. Сервіс представлений одним з ключових офіційних дистриб'юторів супутникових знімків високого розрізнення EOS та охоплює величезну кількість загальнодоступних бібліотек. Це знімки із супутників CBERS-4, Sentinel-1, 2, MODIS / NAIP, Landsat-7, 8, а також Landsat-

4, 5 для історичних знімків. Серед наборів знімків SPOT-5-7, Pleiades-1, Kompsat-2,3, 3A, SuperView-1. Максимальне просторове розрізнення досягає 40 см на піксель.

За допомогою Sentinel Hub відкриті супутникові знімки доступні через два основних сервіси: EO Browser і Sentinel Playground. У EO Browser можна отримати знімки з середнім і низьким просторовим розрізненням. До них відносяться необмежені колекції від всіх місій Sentinel, Landsat, Envisat, Meris, MODIS, GIBS і Proba-V.

Copernicus Open Access Hub це унікальна колекція безкоштовних знімків з усіх супутників Sentinel міститься на Copernicus Open Access Hub. Колекція містить радарні знімки Sentinel-1, оптичні мультиспектральні знімки Sentinel-2, а також дані про земну поверхню Sentinel-3 для спільного аналізу навколишнього середовища з даними про атмосферу та якість повітря в Sentinel-5P.

ASF Data Search надає доступ до завантаження супутникових знімків Sentinel-1, ALOS PALSAR, ALOS AVNIR-2, SIR-C, S1 InSAR, SMAP, UAVSAR, RADARSAT-1, ERS, JERS-1, AIRSAR, SEASAT. Джерела наземних та статистичних даних. Крім супутникових даних, для оцінювання пожежонебезпеки необхідні наземні дані (зокрема, для завірки та верифікації), а саме: температура повітря, швидкість вітру, відносна вологість та кількість опадів. Ці дані бажано отримувати з географічною прив'язкою. Розглянемо декілька сервісів, які повністю або частково надають архів таких даних. Meteorpost – це сервіс, що надає архів метеоданих за певну дату з періодом заміру 30 хвилин. Дані доступні з 2010 р. по теперішній час та оновлюються кожного дня. RP5 – український сервіс також надає архів метеоданих з періодом вимірювання 3 години. Дані доступні з 2005 р. по теперішній час та оновлюються кожного дня. Серед потрібних даних RP5 надає температуру повітря, відносну вологість, швидкість вітру та кількість опадів, а також можливість вибрати діапазон дат та формат для завантаження даних NASA POWER (NASA's Prediction Of Worldwide Energy Resources) містить дані, отримані із супутникової метеорології та аналізу сонячної енергії. CCDS (Copernicus Climate Data Store)

забезпечує легкий доступ до широкого спектру наборів кліматичних даних через пошуковий каталог. ДСНС України надає дані щодо пожеж, що сталися в природних екосистемах, на своєму офіційному сайті у вигляді опису, коли відбулася надзвичайна подія, населений пункт (без вказування координат), площу пожежі та її походження [11].

РОЗДІЛ 2 ОТРИМАННЯ І ОБРОБКА СУПУТНИКОВИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ДАНИХ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Для розв'язання завдань оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах необхідним є збирання великих обсягів супутникових даних, їх обробка з використанням глибинного навчання, створення набору наземних даних для звірки та верифікації отриманих результатів.

2.1 Аналіз інформативних ознак, що є причинами надзвичайних подій, у колекції супутникових та погодних даних

Інформативними змінними – предикторами індексу FWI є: RH – відносна вологість повітря (%), T – температура (°C), V – швидкість вітру (км/год) та добова кількість опадів P (мм) з урахуванням порогового значення 2 мм. Нижче розглянуто вказані інформативні ознаки, що є причинами пожежної небезпеки, у колекції супутникових та погодних даних. Температура повітря та земної поверхні. Метеорологічні супутники визначають температуру повітря шляхом вимірювання яскравості в різних діапазонах довжин хвиль. Температуру земної поверхні визначають за допомогою вимірювання інфрачервоного випромінювання, проте супутникам для цього зазвичай необхідні безхмарні умови. Деякі з супутників включають вдосконалений радіометр з дуже високою роздільною здатністю (AVHRR), радіометри зі скануванням по треку (AASTR), набір радіометрів для візуалізації видимого інфрачервоного зображення (VIIRS), атмосферний інфрачервоний зонд (AIS) і спектрометр з перетворенням Фур'є ACE (ACEFTS). Швидкість вітру. У даний час для вимірювання характеристик вітру використовуються стаціонарні наземні станції. Крім того, дані можна отримувати, запускаючи стратостати з науковим обладнанням. Однак наземні

станції прив'язані до конкретної території і не підходять для постійного спостереження за вітрами над океанами, які мають істотний вплив на формування погоди, а стратостати не дозволяють збирати дані регулярно.

Спутник ADM-Aeolus покликаний заповнити бракуючий об'єм даних про характеристики вітру в нижній половині стратосфери – до 30 км. Для збору даних супутник обладнаний доплеровским лідаром ALADIN, який може визначати не тільки швидкість, але і напрям вітру.

Спостереження за атмосферною температурою і вологістю можна виконувати за допомогою GRAS (Global Navigation Satellite System Receiver for Atmospheric Sounding) – нового європейського приймача глобальної навігаційної супутникової системи (Global Navigation Satellite System, GNSS), який працює як ехолот атмосфери. Обробка навігаційних сигналів, отриманих GRAS, дозволяє щодня одержувати близько 500 високоточних профілів температури, вологості і тиску атмосфери. Спостереження GRAS відрізняються високим вертикальним розрізненням та високою точністю у поєднанні з глобальним охопленням.

Global Precipitation Measurement (GPM) – це спільна місія JAXA і NASA, а також інших міжнародних космічних агентств, яка проводить часті (кожні 2–3 години) спостереження за опадами на Землі. Вимірювання опадів проводить безпосередньо датчик GMI (GPM Microwave Imager), який реєструє мікрохвильову енергію, що випромінюється Землею і атмосферою, в 13 різних частотних / поляризаційних каналах. Ці дані дозволяють скласти кількісні карти опадів у смузі шириною 885 км.

Для обчислення дефіциту вологи у ґрунті може бути використано вологість ґрунту, оцінену за супутниковими даними. Проаналізуємо предиктор пожежної небезпеки – дефіцит вологи у ґрунті, виражений через вологість верхнього шару ґрунту глибиною переважно ~5 см, отриману за допомогою радарів з синтезованою апертурою. Дана глибина верхнього шару ґрунту враховується при визначенні дефіциту вологи у ньому і береться до уваги максимально можлива до насичення кількість вологовмісту, характерна для певного типу ґрунту. Таким чином, дефіцит вологи у ґрунті пов'язаний з певним типом ґрунту,

а для його оцінювання, крім супутникових даних вологості ґрунту, необхідні дані класифікації ґрунтів. Відповідно і розроблювальний індекс пожежної небезпеки теж буде пов'язаний з типом ґрунту.

Отримання карти класифікації ґрунтів у масштабах України у формі векторного геоінформаційного шару для ефективного використання у ГІС стикається з технічними труднощами. Зокрема, у відкритому джерелі даних Публічної кадастрової карти України дані шару «ґрунти» доступні для користувачів лише за протоколом WMS і являють собою мозаїку `grunt-wmcs8` формату `image/png`, що містить інформацію про ґрунтовий покрив України, але не допускається перетворення мозаїки у векторний `shape`-файл. Ручне оцифрування мозаїки з формуванням векторного шару всіх типів ґрунтів навіть для території адміністративної області пов'язане з значними труднощами. Таким чином, існує проблема побудови карти ґрунтів у формі векторного геоінформаційного шару.

Вологість верхнього шару ґрунту може бути отримана з низки джерел супутникових даних та з використанням даних гідрологічних моделей у комбінації з метеорологічними даними.

Інформацію про вологість ґрунту у верхньому шарі глибиною ~ 5 см можна отримати за даними супутникової місії SMOS.

Вологість верхнього шару ґрунту SSM (Surface Soil Moisture) характеризує відносний вміст води у шарі ґрунту ~ 5 см, який визначається відношенням об'ємної (масової) частки води до об'ємної (масової) частки сухого ґрунту. Продукт SSM з просторовим розрізненням 1 км (Version 1), отриманий від сенсора Sentinel-1 C-SAR, охоплює континентальну Європу та надається щодня. Індекс вологи ґрунту SWI кількісно визначає стан вологи на певній глибині ґрунту. Вологість шару ґрунту глибиною 5 см визнана істотною кліматичною змінною. Продукт SWI надається для континентальної Європи з просторовим розрізненням 1 км на основі продукту SSM від сенсора Sentinel-1 C-SAR та продукту SSM від сенсора N SAF Meteor ASCAT супутника EUMETSAT протягом двох днів після спостереження [11].

2.2 Особливості створення набору даних про надзвичайні ситуації, пов'язані з вогнем, у векторному вигляді на основі наявної інформації

Найбільш раціональним підходом до формування надійних моделей визначення пожежної небезпеки природних екосистем та моніторингу пожеж на основі супутникових даних є завірка та верифікація отриманих результатів за наземними даними про пожежі, що сталися в природних екосистемах з відкритих та офіційних джерел інформації. Найбільш вірогідним і повним джерелом такої інформації є дані обласних управлінь ДСНС.

Аналіз інформації щодо викликів підрозділів ДСНС на пожежі в природних екосистемах дозволив визначити необхідну структуру запису про конкретну пожежу, а саме: населений пункт, дата, тип рослинного горючого матеріалу, площа вигорілої ділянки, примітки для зазначення можливої додаткової інформації. Реалізувати збір такої інформації найбільш раціонально у вигляді геоінформаційного шару у форматі shape-файлу. Це широко розповсюджений векторний формат географічних файлів. Він розробляється і підтримується компанією ESRI з метою інтеоперабельності між продуктами ESRI та іншими програмами.

Ефективним є спільне використання супутникових знімків низького та високого просторового розрізень для виконання задач супутникового моніторингу Землі. Така тенденція зумовлена різним набором характеристик та спектральних каналів супутників, що використовують оптичні та радарні способи зйомки поверхні Землі. Поєднуючи високе просторове розрізнення оптичних супутників та можливість радарних супутників зондувати Землю крізь хмари, можна отримати безперебійний інформаційний набір геопросторових даних, який буде використовуватись в задачі оцінки та виявлення пожежонебезпечних ділянок різних природних систем. У дослідженні, що проводиться, використовуються дані оптичних супутників Sentinel-2, що має просторове розрізнення 10 м, Sentinel-3 з просторовим розрізненням 300 м та Landsat-8, з просторовим розрізненням 30 м. У процесі їх спільного

використання виникає необхідність попередньої обробки, створення композитів/гармонізації різнорідних даних і верифікації отриманих результатів – постобробки.

Сезонні зміни та дефіцит даних вимагають від ГІС-розробників використання додаткових математичних засобів для отримання даних з можливістю моніторити природні об'єкти (залежно від задачі геопросторового аналізу) та з високою точністю прогнозувати подальшу поведінку досліджуваної території. Для підвищення точності виявлення посівів застосовано підхід часового ряду для NDVI. Використовуючи дані, отримані на різних етапах росту рослин, можна збільшувати розмірність інформації. Для характеристики сезонних циклів та змін у використанні земель / типах покривів землі, було використано гармоніку (або ряд Фур'є) – гармонічний аналіз на щільних часових рядах NDVI, отриманих із гармонізованого набору даних (Landsat-7, Landsat-8 та Sentinel-2). Математичне визначення гармонічного аналізу представлено в роботі. До уваги також береться гармонізований продукт NASA HLS (Harmonized Landsat/ Sentinel-2), який орієнтовано на отримання зображення поверхні за допомогою бортових приладів OLI та MSI супутників Landsat-8 та Sentinel-2 відповідно. Продукти HLS використовують набори алгоритмів для отримання композитів від обох приладів з урахуванням таких процесів обробки: атмосферна корекція, маскування хмар, загальна сітка, нормалізація функції розподілу, регулювання спектральної смуги пропускання [11, 14].

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА

3.1 Тенденції розвитку систем контролю протипожежної безпеки в Україні

Вогонь, що вийшов із-під контролю, здатний викликати значні руйнівні та смертоносні наслідки. До таких проявів вогняної стихії належать пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується у часі і просторі.

Залежно від розмірів матеріальних збитків пожежі поділяються на особливо великі (коли збитки становлять від 10000 і більше розмірів мінімальної заробітної плати) і великі (збитки сягають від 1000 до 10 000 розмірів мінімальної заробітної плати) та інші. Проте наслідки пожеж не обмежуються суто матеріальними втратами, пов'язаними зі знищенням або пошкодженням основних виробничих та невиробничих фондів, товарно-матеріальних цінностей, особистого майна населення, витратами на ліквідацію пожежі та її наслідків, на компенсацію постраждалим і т. ін. Найвідчутнішими, безперечно, є соціальні наслідки, які, передусім, пов'язуються з загибеллю і травмуванням людей, а також порушенням їх фізичного та психологічного стану, зростанням захворюваності населення, підвищенням соціальної напруги у суспільстві внаслідок втрати житлового фонду, позбавленням робочих місць тощо.

Не слід забувати й про екологічні наслідки пожеж, до яких, у першу чергу, можна віднести забруднення навколишнього середовища продуктами горіння, засобами пожежогасіння та пошкодженими матеріалами, руйнування озонного шару, втрати атмосферою кисню, теплове забруднення, посилення парникового ефекту тощо.

Цілком закономірно, що існує безпосередня зацікавленість у зниженні вірогідності виникнення пожеж і зменшенні шкоди від них. Досягнення цієї мети є досить актуальним і складним соціально-економічним завданням, вирішенню якого повинні сприяти системи пожежної безпеки.

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів. До таких факторів, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, належать: полум'я та іскри, підвищена температура навколишнього середовища, токсичні продукти горіння й термічного розкладу матеріалів і речовин, дим, знижена концентрація кисню.

Вторинними проявами небезпечних факторів пожежі вважаються: уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, викинуті зі зруйнованих апаратів та установок; електричний струм, пов'язаний з переходом напруги на струмопровідні елементи будівельних конструкцій, апаратів, агрегатів внаслідок пошкодження ізоляції під дією високих температур; небезпечні фактори вибухів, пов'язаних з пожежами; вогнегасні речовини.

Системи пожежної безпеки – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004 -91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних заходів

Системи пожежної безпеки мають запобігти виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не повинен бути меншим за 0,999999 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної небезпеки для людей не може

перевищувати 10" впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до загибелі або масового ураження людей небезпечними факторами пожежі та їх вторинними проявами, а також до значного пошкодження матеріальних цінностей, повинні мати системи пожежної безпеки, що забезпечують мінімально можливу імовірність виникнення пожежі. Конкретні значення такої імовірності визначаються проектувальниками та технологами.

Метою пожежної безпеки об'єкта є попередження виникнення пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а у випадку виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Основними вихідними даними при розробці комплексу технічних і організаційних рішень щодо забезпечення потрібного рівня пожежної безпеки в кожному конкретному випадку є чинна законодавча і нормативно-технічна база з питань пожежної безпеки, вибухопожежонебезпечні властивості матеріалів і речовин, що застосовуються у виробничому циклі, кількість вибухопожежонебезпечних матеріалів і речовин і особливості виробництва.

На основі цих вихідних даних визначаються такі критерії вибухопожежонебезпеки об'єкта, як категорії приміщень і будівель за вибуховою і пожежною безпекою, а також класи вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон. Саме залежно від категорії приміщень та будівель і класу зон за вибуховою і пожежною безпекою, відповідно до вимог чинних нормативів, розробляються технічні і організаційні заходи і засоби забезпечення вибухопожежної безпеки об'єкта.

Згідно з викладеним вище на рисунку 3.1 для більшої наочності у вигляді блок-схеми приведена загальна послідовність вирішення питань щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта.



Рисунок 3.1 — Блок-схема забезпечення пожежної безпеки об'єкта

Забезпечення пожежної безпеки – невід’ємна частина державної діяльності щодо охорони життя та здоров’я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища. Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України “Про пожежну безпеку” та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази і розпорядження Президента України, декрети, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України; рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції [15].

Внаслідок таких небезпечних природних явищ як пожежі щорічно знищуються ліси та сільськогосподарські насадження, страждають підприємства та населені пункти, гинуть люди. Раптово почавшись, пожежа за короткий період часу може швидко поширитись на велику кількість кілометрів. А боротьба з такою негодою є дуже важкою та коштовною. Виявити пожежу на її початковій

стадії дозволяють космічні методи стеження. Момент вчасного виявлення пожежі сприяє оперативному прийняттю рішень, що надає змогу здійснювати моніторинг і оцінювати наслідки. Для боротьби зі стихією використання космічних даних моніторингу пожежного стану є економічно вигідним, оскільки дозволяє швидко отримувати об'єктивну і незалежну інформацію, необхідну для оперативного прийняття рішень. Інформація, яка міститься в космічних знімках, надає змогу виявляти пожежі на деяких територіях і також проводити їх первинну класифікацію за площею згорання. Визначати димові поля забруднення та надавати оцінку областям перенесення продуктів горіння допомагають різні поєднання каналів багатоспектральних даних космічних знімків. Активні вогнища горіння і пошкоджені пожежами площі територій – це два головних джерела даних про пожежну активність, які характеризуються специфічними підходами. Проте спосіб детектування активних вогнищ горіння не може бути використаний для оцінювання просторового охоплення пошкоджених вогнем територій, зокрема через те, що він містить певну кількість обмежень та проблем, таких як відсутність супутника у необхідній для детектування точці в момент активного горіння, або погана видимість області пожежі через велику хмарність. Тому виникає потреба в даних саме про пошкоджені пожежами території.

Одним із чинників, які призводять до серйозних порушень природного балансу екосистем є невчасно виявленні лісові та сільськогосподарські пожежі. Нейтралізувати цей фактор можливо завдяки вчасному детектуванню локації пожежі та її подальшого гасіння на ранніх стадіях. Вирішити ці завдання допомагає моніторинг потенційно небезпечних ділянок лісових пожеж, який наразі є досить перспективним, оскільки інформацію про дані щоденного дослідження земної поверхні з супутників, широко застосовують для ефективного моніторингу природних пожеж. Крім того, сучасні геоінформаційні технології надають змогу об'єднувати з космічними даними велику кількість й іншої супутньої інформації. Також одним з пунктів пояснення актуальності представленої роботи є зростаюча роль лісів та сільськогосподарських територій

як важливого компонента природних екосистем і невідпинний розвиток технологій дистанційного зондування Землі. На часі проблема загострення глобальних і регіональних екологічних проблем призвела до необхідності створення інформаційного забезпечення, що дозволило б вивчати вплив пожеж на природне довкілля за допомогою аерокосмічних знімків. Запропонований підхід можна буде використовувати для попередньої оцінки враження площі лісових масивів та подальшого вивчення на предмет планування пожежонебезпечних ситуацій в майбутньому. Також програмний продукт може бути цікавий для робітників сфери журналістських розслідувань, оскільки отриманий результат про площу вигорілих територій можна буде порівняти з офіційними даними Держкомстату, та знайти деякі розбіжності в кількості вигорілих кварталів лісових масивів. Це може бути підставою для свідчення про незаконну вирубку лісу шляхом списання територій як вигорілих після пожежі.

Однак, на жаль, окрім “традиційних” причин підвищення кількості пожеж (загоряння сухостою, підпали, висока температура) наразі різке збільшення показників пожеж пояснюється загостренням активної фази бойових дій.

За липень Україна через пожежі втратила найбільше зернових – 317 000 т. Це катастрофічні втрати. Найбільше постраждали Донецька, Миколаївська та Херсонська області. Фермери і місцева влада в прифронтових областях на власні очі бачать втрати врожаю, коли горять поля від ракетних обстрілів, артилерії, розриву мін або пошкодження землі військовою технікою.

Зібрати такі дані по всій Україні – нетривіальне завдання. Далеко не всюди місцева влада має можливість оцінити загальну площу втрачених сільськогосподарських земель.

Українські вчені вже кілька років аналізують дані про землекористування за допомогою супутникових знімків та машинного навчання. Поєднання технологій дозволяє подивитися на знімки з космосу та розпізнати, що саме вирощується на тій чи іншій території.

У липні 2022 року майже вся прифронтна зона на півдні України горіла насамперед поля із зерном. Загалом близько 70 000 га зернових (пшениці та

ячменю) було знищено за місяць. Липень став першим місяцем таких масштабних пожеж. На відміну від попередніх місяців війни, саме в липні вже дозрілий урожай спалахував неймовірно швидко від попадання уламків ракет або обстрілів артилерії.

Минулих років влітку також виникали пожежі на полях. Але вони відбувалися по всій території України і здебільшого були пов'язані з підпалами стерні (залишків рослинності після збирання врожаю) самими фермерами. Цього року всі пожежі сконцентровані виключно вздовж лінії фронту та навряд чи пов'язані із підпалом стерні.

Враховуючи, що середній урожай пшениці у 2021 році становив 45,3 ц/га, а пожежі виникли саме в період збирання врожаю зернових культур, можлива шкода для агровиробників становить приблизно 317 000 т зерна.

70 000 га – це приблизна площа Обухівського району Київської області. 317 000 т зерна – близько 10% врожаю пшениці та ячменю, зібраних у 2021 році у Запорізькій чи Херсонській областях. Насправді це катастрофічні втрати, особливо з огляду на вплив вогню на екосистеми.

Найбільших втрат зернових зазнали Донецька (25 283 га), Миколаївська (14 556 га) та Херсонська (10 843 га) області.

У липні горіли і пасовища та ліси: 16,7 тис. га луків та пасовищ (найсильніше постраждала Донецька область – 9258 га) та 1,1 тис. га лісів (Луганська область – 287 га).

Останній раз настільки масштабно на Луганщині горіли ліси 2020 року. Через вирубку лісів та пожежу в тій частині Смарагдової долини, яка знаходиться на непідконтрольній Україні території, ліс майже повністю знищений, тоді як на підконтрольній території він був збережений [16, 17].

На даний час для вирішення завдань такого типу використовують наступні супутникові системи:

- супутники Terra з встановленими спектр радіометрами MODIS;
- супутники LANDSAT TM / ETM +;
- супутники Sentinel;

- супутники NOAA / AVHRR.

Кожну супутникову систему доцільно використовувати для різних цілей. LANDSAT та Sentinel успішно застосовуються для виявлення і контролю лісових пожеж та пожеж на сільськогосподарських територіях. NOAA і Terra мають велике значення під час оцінки стану атмосфери та аналізу впливу метеорологічних факторів на розвиток осередків пожеж.

Об'єктивна і своєчасна інформація про наслідки пожеж необхідна для вирішення широкого класу прикладних завдань лісового господарства, включаючи планування охорони і захисту лісів, лісокористування та лісовідновлення, актуалізацію даних про лісові ресурси [18]. Дані про ступінь пошкодження лісів пожежами є невід'ємною складовою інформаційного забезпечення оцінок обсягів прямих і вторинних пірогенних емісій вуглекислого та інших газів парникового ефекту в атмосферу, виконуваних в рамках зобов'язань країн за умовами Кіотського протоколу, а також наукових досліджень з проблем глобальних змін клімату і біосфери. В останні роки в організації та проведенні лісопатологічних обстежень все більшого застосування знаходять супутникові зображення, що дозволяють суттєво підвищити повноту виявлення та точність визначення площі усихаючих насаджень, а також більш ефективно організувати наземну оцінку кількісних характеристик їх стану.

Можливість використання супутникових даних для оцінки пожеж відзначалася багатьма дослідниками. Результати досліджень, зокрема, продемонстрували наявність кореляції між показниками ступеня пошкодження і значеннями коефіцієнта відображення в середньому інфрачервоному каналі, нормалізованого різницевого вегетаційного індексу NDVI і ряду інших вегетаційних індексів, одержуваних на основі супутникових зображень. Була відзначена також доцільність комбінованого використання різночасових супутникових даних, отриманих до і після пожежі [19]. При цьому більшість досліджень до теперішнього часу носило локальний характер, виконуючись на невеликих територіях, часто обмежених окремими пожежами.

Розроблені до теперішнього часу автоматичні технології супутникового моніторингу забезпечують фактично безперервне виявлення та оцінку площі ушкоджень пожежами на основі комплексного використання даних MODIS і Landsat. Застосування супутникових систем стало можливим завдяки використанню апаратів, що вловлюють світлові промені різних спектрів. У тому числі інфрачервоних. Для вирішення задачі знаходження оптимального рішення, що є особливо важливим для проведення ситуаційного аналізу, використовують аерокосмічний моніторинг, який надає змогу отримувати найактуальнішу інформацію. Такий вид даних є найбільш вагомим при створенні нових тематичних і топографічних карт, а також слугує першоджерелом сучасної картографічної інформації. Крім цього, інструменти, якими зараз розпоряджається людство, серед яких сучасні технології аерокосмічного моніторингу, дистанційного зондування Землі та комп'ютерної обробки ДДЗ, значно перевищують можливості традиційних паперових карт, як і з боку їх змістовності, так і з боку різноманітності методів візуалізації. За оцінками експертів, в найближчому майбутньому ДДЗ стануть основним джерелом інформації для ГІС, в той час як традиційні карти будуть використовуватися тільки на початковому етапі в якості джерела статичної інформації (рельєф, гідрографія, основні дороги, населені пункти, адміністративне поділ). Можна також додати, що практично весь комп'ютерний географічний аналіз виконується з поданням даних в растровій формі, яка властива ДДЗ. Розвиток космічних засобів дистанційного зондування і географічних інформаційних систем (ГІС) дозволяє розробити принципово нові методи оцінки наслідків пожеж.

Попри наявний арсенал сучасних засобів протипожежного моніторингу та протипожежної охорони, через відсутність можливості вчасного виявлення та знешкодження, пожежі з незначних осередків часто швидко переростають в екологічні катастрофи (рис. 3.2), адже при швидкості поширення вогню по фронту 3 м/хв, за сприятливих умов зовнішнього середовища площа пожежі через 2 години після виникнення може зрости в 10 разів [20].



Рисунок 3.2 — Наслідки несвоєчасного виявлення епіцентрів лісової пожежі

Для наочності представлення проведено узагальнення та наведемо класифікацію засобів виявлення та ліквідації пожежі у відповідності із класами пожежної небезпеки (рис. 3.3):

- засоби попередження, моніторингу та раннього виявлення пожежі;
- засоби боротьби з пожежею;
- засоби інформування про високий
- «червоний» клас небезпеки.

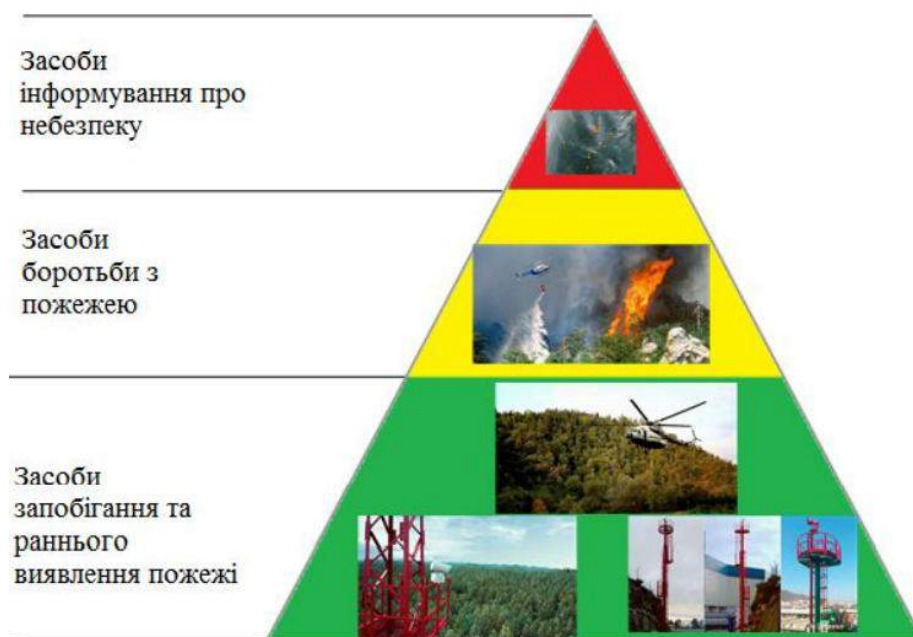


Рисунок 3.3 — Класифікація засобів виявлення та ліквідації пожеж

Як видно з наведеної схеми, в основі технології охорони від пожеж лежать засоби запобігання та раннього їх виявлення (перший нижній рівень піраміди). Ефективність їх діяльності є запорукою швидкого реагування аварійних бригад та недопущення переростання епіцентру пожежі в широкомасштабну екологічну катастрофу (другий, третій рівні). Таким чином, пожежі легше запобігти, ніж вести боротьбу з нею, залучаючи значні технічні засоби та людські ресурси. Відсутність надійних універсальних засобів розвідки осередків пожеж на ранніх стадіях загоряння призводить до переростання малих осередків в широкомасштабні катастрофи. Тому питання протипожежного захисту сьогодні залишається відкритим та потребує детального вивчення, а наявні інформаційні технології, що не забезпечують в повній мірі вирішення питання раннього виявлення осередків пожеж, підлягають удосконаленню. Як правило, пожежна небезпека посилюється навесні та наприкінці літа під впливом людського фактора та погодних умов. За даними статистичних показників Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту (УкрНДІЦЗ) за останні роки спостерігається тенденція до збільшення пожеж, основною причиною яких є необережне поводження людей з вогнем. За даними статистики понад 98% пожеж виникає через масові порушення вимог пожежної безпеки з боку населення. Особливо гостро це питання постає під час найбільш засушливого літнього періоду в місцях, на які припадає найбільше рекреаційне навантаження – в приміських лісових масивах, заповідниках, під час етнографічних, пісенних фестивалів, що проводяться на природі, народних гулянь, туристичних зльотів. Для того, щоб учасники таких заходів не стали винуватцями або заложниками пожежі, для особистої та суспільної безпеки, в програму проведення заходів завжди включені вимоги та суттєві обмеження, що стосуються безпечного поводження з вогнем. Так, купуючи квиток на будь-який з численних open-air фестивалів учасник автоматично погоджується з правилами перебування, встановленими на території проведення фестивалю. У випадку порушення цих правил квиток автоматично анулюється, а адміністрація залишає за собою право вигнати порушника [20].

Опрацювання даних ДЗЗ включає в себе велику кількість різних методів, але суть їх зводиться до отримання карти на основі космічного знімка. Створена карта має відображати інформацію про певні важливі для дослідника об'єкти і явища. Цей процес називається дешифруванням знімка. Залежно від завдання і доступних даних застосовують автоматичне, напівавтоматичне та ручне дешифрування зображень. Для розпізнавання об'єктів необхідно володіти знаннями про особливості їх відображення на знімку. Найкраще, якщо аналіз космічних знімків підкріплений наземними дослідженнями, за допомогою яких можна перевірити дистанційні дані. Також може допомогти використання будь-якої довідкової інформації – відкритих даних OpenStreetMap, тематичних геопорталів, фотографій місцевості тощо. Дешифрування космічних знімків високої та середньої просторової розрізненості дещо відрізняється, адже воно напряму залежить від того, наскільки дрібні об'єкти на знімках ми можемо побачити та виокремити. Так, для початкового рівня освоєння ГІС-технології більше підходять знімки високої деталізації, які можна легко «читати» без підготовки [21].

Візуальне дешифрування відбувається шляхом аналізу зображення досліджуваного об'єкта неозброєним оком, або використовуючи збільшувальні чи стереоскопічні прилади на аерофото- або космічному знімку, що зображений на паперовому носії чи моніторі комп'ютера. Це означає, що дані з аерокосмічного зображення аналізуються і отримуються за допомогою зорового і логічного апаратів дешифрування. Тому цей вид дешифрування називається також аналітичним, і його успішність залежить від ступеня підготовленості і досвіду дешифрувальника. Вимірювальне дешифрування відбувається шляхом знаходження параметрів і характеристик об'єкта на знімку за допомогою механічних оптико-електронних, оптико-механічних та інших вимірювальних пристроїв, інструментів, приладів і систем. Аналітико-вимірювальне дешифрування виконується за допомогою поєднання різних параметрів об'єкта, що дешифрується, з логічним аналізом зображення.

Автоматичне дешифрування виконуються шляхом розпізнавання кількісних і якісних ознак об'єкта, використовуючи його спектральні та морфометричні характеристики. В даному випадку дешифрування проводиться завдяки технічними засобами обробки зображень. При таких обставинах, роль людини полягає в проектуванні та створенні відповідної системи, що дозволяє визначати конкретні завдання та обробляти дані зі знімків, використовуючи відповідні технологій, а також в підтримці коректної роботи інформаційної системи. Автоматизоване (інтерактивне, людино машинне) дешифрування містить в собі елементи автоматичного та аналітико-вимірювального видів дешифрувань, останнє з яких виконуються дешифрувальником-оператором по знімку, що відображається на моніторі комп'ютера. При даних обставинах аналіз та обробка даних відбувається оператором-дешифрувальником шляхом використання технічних засобів обробки зображень [12].

Аналітичні можливості сучасних інструментальних ГІС поділяються на такі групи:

- картометричні операції;
- операції вибору;
- рекласифікація;
- картографічна алгебра;
- статистичний аналіз;
- просторовий аналіз;
- оверлейний аналіз;
- мережний аналіз;
- аналітичні процедури, що базуються на цифровій моделі рельєфу;
- операції просторової інтерполяції, завданням яких є побудова безперервних поверхонь на основі наборів дискретних просторово-координованих даних.

До алгебраїчних операцій відносять операції перетворення змісту комірок растра з використанням таких алгебраїчних функцій, як степенева, логарифмічна, експоненційна. З тригонометричних операцій в ГІС, як правило,

реалізуються основні прямі і зворотні тригонометричні функції. При операціях сусідства (фокальних операціях) вміст (властивості) комірки растра зіставляється зі вмістом (властивостями) оточуючих комірок і змінюється за певним правилом, або на основі властивостей оточуючих комірок, або залежно від характеристик потоку матеріалу із сусідніх комірок. Дистанційні операції визначають шлях між розглянутою (цільовою) та іншими комірками растра. Операція з аналізу видимості використовує вихідну карту висот (цифрову модель рельєфу), за якою визначаються комірки, що знаходяться в прямій видимості від даної. Зональні операції картографічного моделювання складаються із операторів, що обчислюють нове значення для кожної комірки як функцію значень комірок, які входять у той самий ареал (зону), що і розглянута в даний момент комірка. Глобальні операції виконуються в тому випадку, коли карта класів об'єктів представлена одним об'єктом, розподіленим по всій площі.

Сучасні інструментальні ГІС мають різні можливості статистичного аналізу:

- обчислення статистичних параметрів просторового розподілу змінної, представленої на карті;
- середнього, середньоквадратичного відхилення, дисперсії, мінімального і максимального значень;
- побудова гістограм просторового розподілу змінної для всієї території або її частини в графічній і табличній формі з можливістю завдання користувачем кількості інтервалів i / або ширини інтервалів;
- визначення статистичних параметрів середнього, середньоквадратичного відхилення, мінімального і максимального значень, розмаху коливань вибіркової сукупності, сформованої на основі карти по масці, що задається;
- лінійної регресії просторових розподілів двох змінних з побудовою графіка регресії;
- множинної лінійної регресії кількох просторових змінних (геозображень);
- лінійної регресії двох логарифмічно перетворених просторово розподілених змінних;

- побудови трендової поверхні геозображення з використанням поліномів першого, другого і третього порядку, параметри яких визначаються за допомогою методу найменших квадратів;
- розрахунку характеристики «однокрокової» просторової автокореляції статистики Морана / для усього геозображення або його частин, що задаються картоюмаскою;
- зіставлення двох просторових розподілів і оцінка їх відповідності один одному;
- нормалізації просторового розподілу кількісної змінної з використанням попередньо обчислених середнього арифметичного значення і середньоквадратичного відхилення шляхом віднімання від значення кожної комірки середнього значення і ділення отриманої різниці на середньоквадратичне відхилення;
- генерування просторового розподілу випадкової змінної, що підпорядковується лінійному, нормальному і логнормальному законам розподілу.

До методів просторового аналізу можна, по суті, віднести переважну більшість процедур аналітичного блока сучасних ГІС, а саме: побудову буферів, аналіз географічного збігу і включення, аналіз близькості і зонування території з використанням полігонів Тиссена - Вороного. При представленні аналітичних можливостей ГІС серед інших звичайно називають і оверлейні операції, або оверлейний аналіз. Аналіз рельєфу у геоінформатиці звичайно розуміють цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру або нерегулярної трикутної мережі. Ці дві форми подання ЦМР є в наш час взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу. Для мережного аналізу в різних ГІС-пакетах розроблено ряд спеціальних алгоритмів, користувач має можливість створювати власні алгоритми на основі набору функцій мережного аналізу [21, 22].

Можливість дослідження Землі з космосу ґрунтується на залежності між властивостями земних об'єктів і характеристиками електромагнітного

випромінювання. З усієї різноманітності видів випромінювань найбільші значення для ДМ має так званий оптичний діапазон, у якому основним джерелом енергії є Сонце. Довжини хвиль оптичного випромінювання розташовуються в діапазоні від 10^{-8} до $3,4 \cdot 10^{-4}$ м, що включає області УФ видимого і ІЧ випромінювань (УФ менше 0,4 мкм, видимий 0,4-0,75 мкм, ІЧ 0,75-1 мм, радіодіапазон 1 мм-10 м - діапазони, що виділяються в оптичній частині спектра). У УФ діапазоні виділяють: 1) ближній (0,3-0,4 мкм) УФ-діапазон; 2) середній (0,2-0,3 мкм) УФ-діапазон; 3) далекий (менше 0,2 мкм) УФ-діапазон. Видиме світло, тобто світло, яке сприймається людським оком, лежить у діапазоні 0,39-0,8 мкм. Діапазон ІЧ випромінювання розділяють на:

- ближній (0,75-1,5 мкм) ІЧ-діапазон;
- середній (1,5-3 мкм) ІЧдіапазон;
- далекий (3-1000 мкм) ІЧдіапазон.

У радіодіапазоні виділяють мікрохвильовий діапазон (1-10000 мм), у якому в свою чергу можна виділити радіотепловий або НВЧ - діапазон (3 мм-30 см). У ближньому ІЧ-діапазоні реєструється відбите земною поверхнею сонячне випромінювання; в середньому і далекому ІЧ-діапазонах - власне теплове випромінювання земної поверхні (теплова зйомка). Перевагою є можливість реєстрації температури природних утворень і виконання зйомки вночі, недоліками є поглинання випромінювання аерозолями і менша чутливість результатів до змін фізико-хімічних характеристик об'єктів. Перевага зйомки у радіодіапазоні це можливість дослідження значних товщ земної поверхні, велика чутливість результатів вимірів до геометричних характеристик поверхонь, до утримання вологи в ґрунті та незалежність вимірів від метеоумов і впливу атмосфери. Недоліком є менша кількість інформації про природні ресурси. Найбільш оптимальними умовами зйомки, що дозволяють одержати різноманітну інформацію про природні ресурси, є вимір відбитої або власної радіації земної поверхні одночасно в декількох спектральних діапазонах, тобто використання багатоспектрального методу дослідження. Максимальне значення так званої функції видимості людського ока відповідає довжині хвилі, що

дорівнює 0,556 мкм та відповідає жовтозеленому кольору видимої ділянки спектра. Звідси й сприйняття нами кольору.

В залежності від того, яка довжина хвилі, такий колір ми сприймаємо. Зйомка з космосу ведеться через товщу атмосфери, що викликає ускладнення різного характеру: вплив хмарності, яка екранує, поглинання променів певних довжин хвиль атмосферою, розсіювання променів, вплив атмосферного шлейфу тощо. Отримані в результаті величини переводяться в дискретні безрозмірні цифрові значення, що відповідають характеристикам відбивної здатності, які називають коефіцієнтом спектральної яскравості — коротше спектральною яскравістю.

Перший клас — гірські породи та ґрунти - характеризуються збільшенням спектральних яскравостей по мірі наближення до червоної області спектру.

Другий клас — рослинний покрив - максимум відбивної здатності у зеленому, мінімум - у червоному діапазоні.

Третій клас — водні поверхні - характеризуються монотонним зменшенням відбивної здатності від синьо-фіолетової та червоної зон спектру, оскільки зі збільшенням довжини хвилі вони сильніше поглинаються водою.

Четвертий клас — снігові поверхні та близькі до них хмари - мають найбільш високі значення спектральної яскравості з невеликим їх зниженням в ближній ІЧ зоні. У результаті поглинання і розсіювання випромінювання в атмосфері сонячна радіація зменшується, зменшується її спектральний склад, тому що промені різних довжин хвиль поглинаються і розсіюються в атмосфері порізно.

Рослинний покрив — це комплексне поняття, що включає в себе ґрунт у сукупності з рослинним угрупованням та приповерхневим шаром атмосфери. Сучасні уявлення про механізми відбивання оптичного випромінювання від листка базуються на твердженні, що і дифузне, й дзеркальне відбиття мають місце; характер відбивання залежить від довжини світлової хвилі, кута падіння, структури поверхні листка, наявності листяних волосків, поверхневого воску, режиму живлення та впливу зовнішніх факторів. Для встановлення

функціональних зв'язків між вегетаційними характеристиками рослин, що перебувають у стресових умовах, і спектральними параметрами цих рослин доцільно вживати так звані спектральні вегетаційні індекси, що являють собою суму, різницю або відношення спектральних параметрів, визначених на певних аналітичних довжинах хвиль. Відбивальні властивості рослинного покриву. Кожний листок відбиває приблизно 50% і пропускає приблизно 50% оптичного випромінювання. Ефективне відбивання оптичного випромінювання від рослинного покриву принципово відрізняється від ситуації, властивій одному листку. Вплив різних факторів на відбивання рослинного покриву. Відбивальні властивості рослинного покриву залежать від геометрії покриву (площі та орієнтації листя, кількості листяних шарів), типу рослин, що утворюють покрив. Навіть при безхмарному небі зйомку доводиться вести через усю товщу атмосфери, що поглинає частину променів. Тому зйомку виконують, використовуючи ті ділянки спектра, де ЕМ випромінювання не поглинається, тобто у «вікнах прозорості» атмосфери. Тому при плануванні зйомок важливо мати у своєму розпорядженні дані про умови вологості у різних районах земної кулі.

Вікна прозорості атмосфери — це ті частини спектра сонячного випромінювання, де електромагнітні хвилі не поглинаються в атмосфері. Найбільш перспективними для космічної зйомки за умов хмарності, є субтропічні райони, найбільші ускладнення спостерігаються в Антарктиді й екваторіальних тропічних районах, у середніх широтах вплив екранованої хмарності також ускладнює зйомку земної поверхні.

Оцінка стану геосистем з використанням даних дистанційного зондування Землі із космосу складається із таких загальних етапів: — отримання, накопичення і попередня обробка візуальної космічної інформації; — отримання і накопичення наземної інформації, яка містить різні параметри геосистем; — сумісна обробка космічної та наземної інформації із застосуванням ГІС-технологій та програмних продуктів. Виділяють глобальний, континентальний, регіональний та локальний рівні спостереження (дистанційної оцінки стану

досліджуваної поверхні), що різняться функціональними задачами, територіальним охопленням, а також вимогами до просторової й тематичної детальності інформації. У видимому й ближньому інфрачервоному діапазоні зосереджено 95 % енергії сонячної радіації, яка здійснює опромінення («під світку») наземних природних й антропогенних компонентів ландшафту, а потужність відбитого від них сонячного випромінювання вдень значно перевищує їх власне теплове випромінювання. Вдень наземні компоненти геосфери опромінюються прямим сонячним випромінюванням, яке ослаблюється атмосферою та об'ємно-розсіяним випромінюванням атмосфери. Сумарне відбите від елементарної ділянки наземної поверхні випромінювання та об'ємно-розсіяне випромінювання атмосфери, яке діє і в напрямку оптичного приладу, реєструється на борту космічного апарата й утворює результуючу яскравість пікселя цифрового зображення. Друга складова разом із тепловим випромінюванням є завадою, яка погіршує відношення сигнал / шум в елементарному інформаційному каналі знімальної апаратури й спотворює зображення. Найбільш інформативні для характеристики рослинності дані червоної та ближньої інфрачервоної зони спектра оптичного випромінювання. У червоній області спектру (довжина хвилі $\lambda = 0,62-0,76$ мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а в ближній інфрачервоній області ($\lambda = 0,76-1,3$ мкм) знаходиться область максимального відбивання кліткових структур листя. Висока фотосинтезуюча активність рослин приводить до збільшення їх фітомаси. Кількість фітомаси на одиницю площі, що попадає у межі елемента розрізнення (пікселя), залежить від щільності рослин та фенологічної фази їх розвитку. Із ростом фітомаси й щільності рослинності значення її яскравості зростають у ближній інфрачервоній зоні й зменшуються у червоній. Двовірний простір спектральних ознак яскравості пікселів рослинності у вказаних зонах утворює характерну область, яка за формою нагадує трикутник.

Під дешифруванням розуміється виявлення, розпізнавання і визначення характеристик об'єктів місцевості, що зображені на фотознімках. Дешифрування

проводиться або шляхом простого розгляду окремих контактних відбитків через лупу, або шляхом широкого огляду накладних монтажів. В залежності від призначення і вирішуваних в ході дешифрування задач, розрізняють два його види: топографічне і спеціальне. Ефективність дешифрування, тобто розкриття інформації, що міститься в аерознімках, визначається особливостями досліджуваних об'єктів і характером їх передачі при аерозйомці (дешифрувальними ознаками), досконалістю методики роботи, забезпеченням приладами і кваліфікацією виконавців дешифрування. В переліку дешифрувальних (демаскувальних) ознак розрізняють прямі і опосередковані. Ті об'єкти (комплекси), наявність і властивості яких вказують на наявність і властивості інших об'єктів називають індикаторами, а метод дешифрування за опосередкованими ознаками – індикаційним. Часто виділяють ще комплексні дешифрувальні ознаки, до яких відносять сполучення у певній закономірності прямих ознак об'єктів, що утворюють природно-територіальні комплекси (ландшафти). Комплексні ознаки пов'язані зі структурою об'єктів або рисунком аерофотозображення, що відображує характер ландшафту. Дешифрування аерознімків, полягає у виявленні і розпізнаванні знятих об'єктів, встановленні їх якісних і кількісних характеристик, а також реєстрації результатів в графічній (умовними знаками), цифровій і текстовій формах. Дешифрування (аерознімків) має спільні риси, властиві методу в цілому і відомі розбіжності, обумовлені особливостями галузей науки і практики у яких воно застосовується поряд з іншими методами досліджень. У методичному відношенні для дешифрування характерне сполучення польових і камеральних робіт, об'єм і послідовність яких залежать від їх призначення і досліджуваної місцевості. Сьогодні ведуться розробки по автоматизації дешифрування. Для дешифрування використовуються прилади: збільшувальні — лупи і оптичні проектори, вимірювальні — паралактичні лінійки і мікрофотометри і стереоскопічні — польові переносні і кишенькові стереоскопи, стереоскопічні окуляри і камеральні настільні стереоскопи, частково з біноклярними пристроями і вимірниками (наприклад стереометр СТД). Стационарним приладом,

розробленим спеціально для цілей дешифрування, є інтерпретоскоп. Дешифрування проводять і на універсальних стереофотограмметричних приладах у комплексі робіт по складанню оригінала карти. Залежно від завдання дешифрування може виконуватися по негативах аерознімків або їх копіях (на фотопапері, склі або позитивній плівці) на змонтованих по маршруту або по площах фотосхемах і на точних фотопланах. Дешифрування здійснюють в наскрізному або відбитому світлі з викреслюванням (або гравіюванням) його результатів в одному або декількох кольорах на самих матеріалах аерозйомки або накладених на них листах прозорого пластика. Розрізняють загальногеографічне і галузеве дешифрування. До першого відносять топографічне і ландшафтне дешифрування, до другого — решту його видів. Топографічне дешифрування, що характеризується найбільшим вживанням і універсальністю, має своїми об'єктами мережу гідрографії рослинність, ґрунти, угіддя, форми рельєфу, льодовикові утворення, населені пункти, будови і споруди, дороги, місцеві предмети, геодезичні пункти, кордони. Ландшафтне дешифрування завершується регіональним або типологічним районуванням місцевості. Основні з галузевих видів дешифрування застосовуються при виконанні наступних робіт: геологічне — при площинному геологічному картуванні і пошуках корисних копалини, гідрогеологічних і інженерно-геологічних роботах; болотне — при розвідці торф'яних родовищ; лісове — при інвентаризації і впорядкуванні лісів, лісогосподарських і лісокультурних дослідженнях; сільськогосподарське — при створенні землевпорядкувальних планів, обліку земель і стану посівів; ґрунтове — при картуванні і вивченні ерозії ґрунтів; геоботанічне — при вивченні розподілу рослинних співтовариств (переважно в степах і пустелях), а також для індикаційних цілей; гідрографічне — при дослідженні вод суші і площ водозбору, при дослідженні морів щодо характеру течій, морської криги і дна мілинних ділянок; геокріолітологічне — при вивченні мерзлотних форм і явищ, а гляціологічне — льодовикових і супутніх ним утворень. Дешифрування застосовується також в метеорологічних цілях (спостереження за хмарами, сніговим покривом і ін.), при пошуку

промислових тварин (особливо тюленів і риби), у археології, при соціально-економічних дослідженнях (наприклад, контролі руху транспорту) і у військовій справі при обробці матеріалів аерофоторозвідки. При вирішенні багатьох завдань дешифрування носить комплексний характер (наприклад, для цілей моніторингу пожеж) [23].

3.2 Огляд сучасних ГІС-засобів та спеціалізованого ПЗ

Програмне забезпечення для розробки ГІС можна поділити на три основні групи:

- системи з широкими можливостями, що включають введення даних, збереження, складні запити, просторовий аналіз та вивід даних. Такі системи мають власні мови програмування, що дозволяють розширювати дану систему функціями користувачів (ArcGIS);
- програмні компоненти або бібліотеки, які мають у своєму складі певний ряд корисних функцій (MapObjects, GeoConstructor);
- середовища розробки програмного забезпечення на різних мовах програмування (Visual C++, Visual Basic, Delphi).

ArcGIS (рис. 3.4) є інтегрованим набором програмних продуктів ГІС для розробки повнофункціональної ГІС. ArcGIS дозволяє користувачам розгорнути функціональність ГІС в тому місці де вона потрібна в настільному варіанті, серверному або у вигляді спеціально створеного додатку; для Web або для роботи в польових умовах.

Настільна ГІС є основною платформою для ГІС професіоналів об'єднують, створюють і використовують географічну інформацію і знання, серверна ГІС дозволяє програмному забезпеченню ГІС бути централізованим на серверах додатків-надаючи ГІС можливості великому числу користувачів через мережі, а мобільна ГІС дозволяє польовому персоналу компанії збирати, зберігати, оновлювати, обробляти, аналізувати та відображати географічну інформацію.

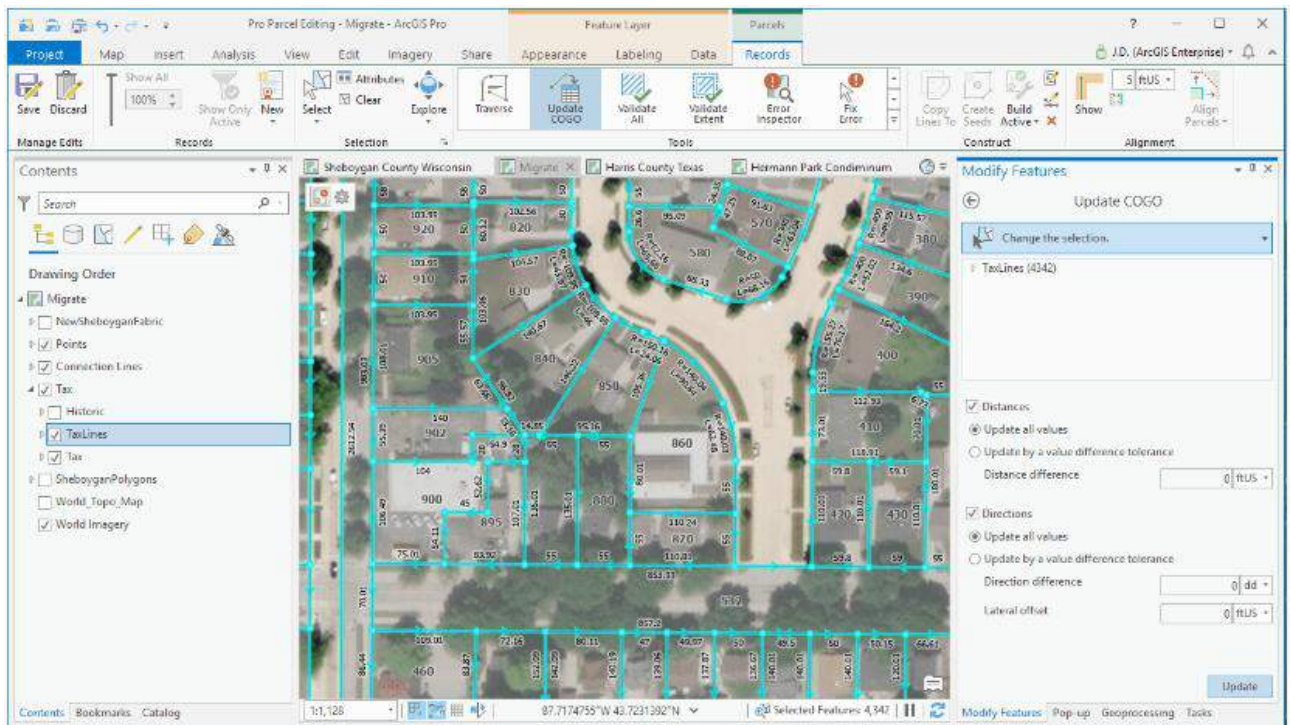


Рисунок 3.4 — Робоче вікно крайньої версії програми ArcGIS (ArcGIS Pro 2.5)

Подібно до всіх інформаційних систем, ArcGIS забезпечена перевіреною моделлю для роботи з даними - базою геоданих. База геоданих є загальним середовищем, що розділяється всіма продуктами і додатками сімейства ArcGIS, яка дозволяє:

- працювати з різноманітними типами даних;
- застосовувати витончені правила і зв'язку;
- отримувати доступ до величезних обсягів географічних даних зберігаються в файлах і базах даних.

База геоданих не тільки є менеджером географічних даних але також реалізує витончену бізнес-логіку яка, наприклад, формує зв'язки між такими типами даних як топології і геометричні мережі, перевіряє дані та управляє доступом до них.

AutoCAD Map (рис. 3.5) це САПР-система для роботи з картами та інфраструктурою вашого проекту. Дозволяє працювати з картографічним ПЗ та даними ГІС, а також з GPS пристроями. Інструментарій програми використовується для автоматизації, підготовки та випуску проекту у світ.

Вбудовані моделі систем електропостачання та інших комунікацій допоможуть сформуванню необхідної документації, підпорядкувати проект нормам галузевих стандартів, а також скласти всю інформацію по полицках.

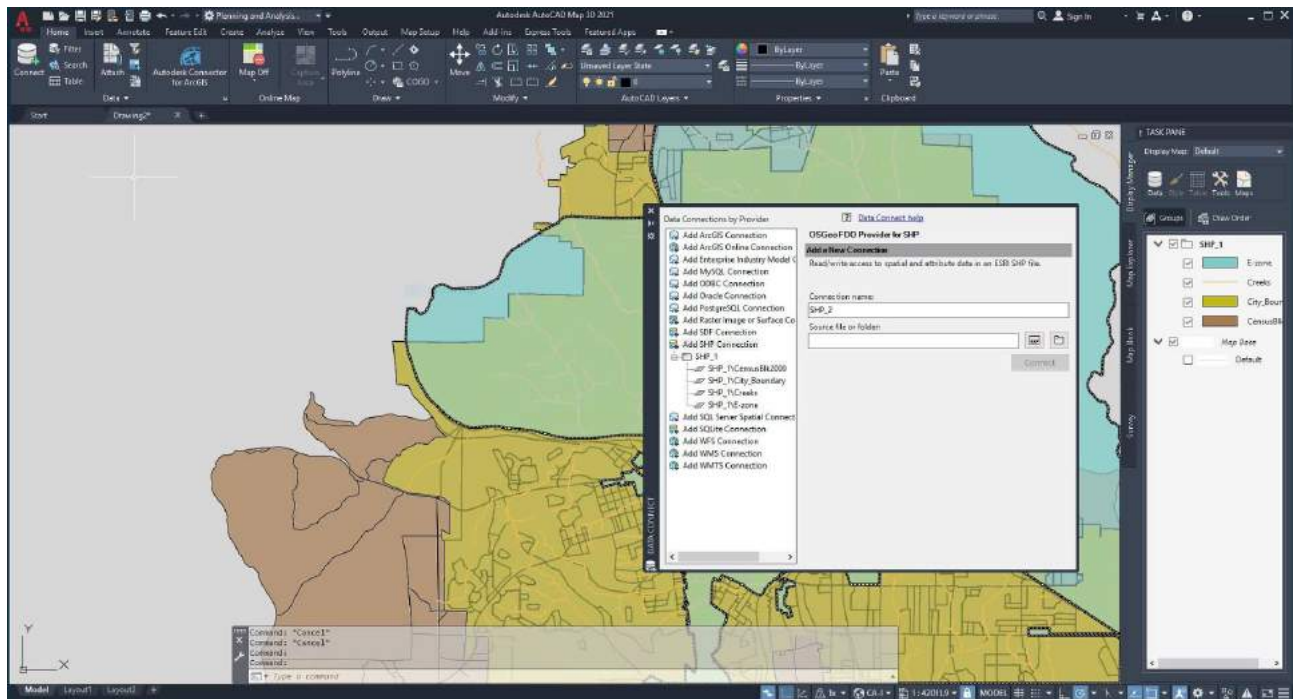


Рисунок 3.5 — Робоче вікно крайньої версії програми AutoCAD Map 3D 2023

Особливості та переваги програми:

- підтримка сучасного картографічного ПЗ та даних;
- робота з ArcGIS та GPS-даними;
- інтегровані системи координат;
- інтеграція моделей систем комунікації;
- структурування інформації;
- точне планування комунікаційних систем, включаючи електрику, газ, трубопроводи тощо;
- наявність російського перекладу інтерфейсу та його повна кастомізація;
- створення тематичних карт та формування їхньої топології;
- робота з базами даних типу SQL, MySQL та іншими.

GeoMedia (рис. 3.6) є найкращим вибором програмного забезпечення ГІС для користувачів, які хочуть безпосередньо підключитися до баз даних із серверною частиною, які вони вже використовують, наприклад, Oracle, SQL

Server та сервер даних PostGIS без використання додаткового імпорту або конверсії.

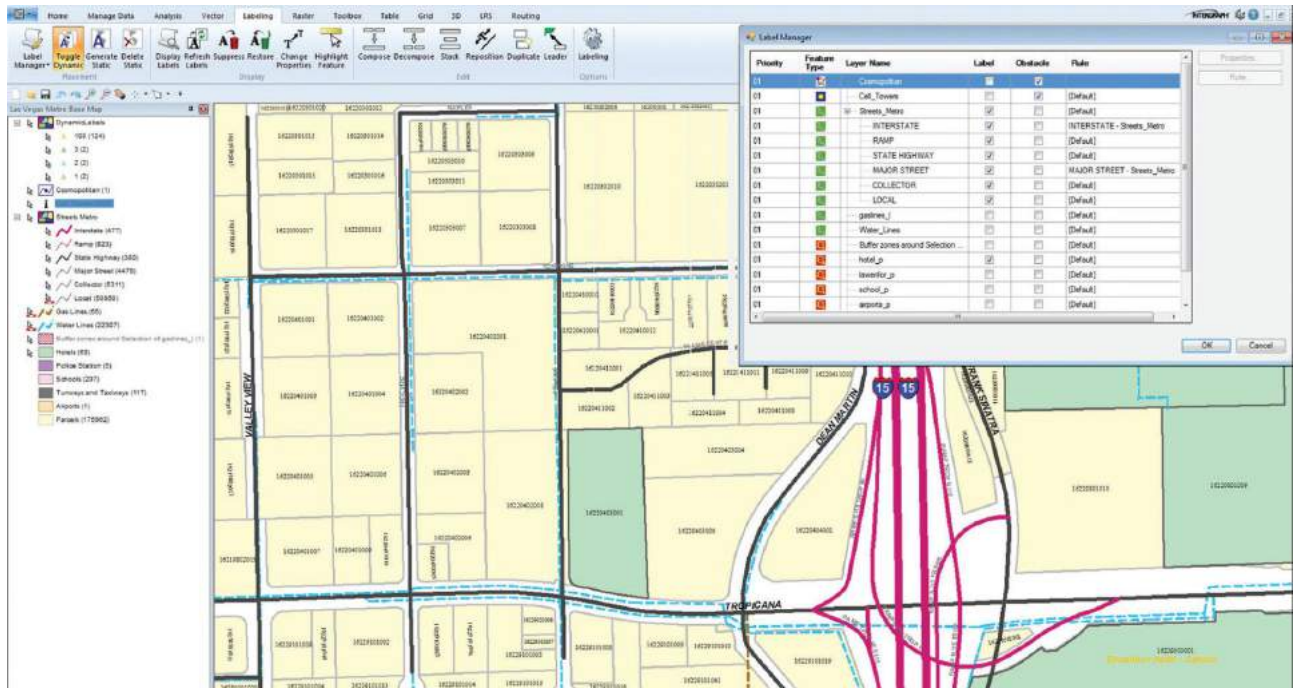


Рисунок 3.6 — Робоче вікно крайньої версії програми GeoMedia

Крім того, у GeoMedia існує можливість отримати доступ до багатьох поширених форматів геоданих, більшості форматів CAD-моделей, Esri ArcView та файлів GeoDatabase, KML, простих текстових файлів та веб-сервісів OGC (Open Geospatial Consortium), таких як WMS, WMTS та WFS. GeoMedia також включає оглядач каталогів ERDAS APOLLO для просторового пошуку, пошуку та відображення даних і зображень безпосередньо у вікні карти.

GeoMedia пропонує безліч опцій для забезпечення високої якості даних, що додаються до вашої ГІС, протягом усього терміну їх використання. GeoMedia оптимізує додавання великих обсягів інформації до бази даних вашого підприємства, забезпечує повноту даних (заповнення атрибутів та правильність геометрії) та відповідність моделі даних, що використовується вашою організацією. Платформа дозволяє приймати та інтегрувати дані різних типів із кількох джерел у єдину високоякісну інформаційну систему. Після інтеграції даних GeoMedia дозволяє відстежувати та контролювати зміни, внесені

користувачами, встановити контрольну точку забезпечення якості до оновлення бази даних. Це полегшує роботу з будь-якими суперечливими чи неоднозначними змінами.

GeoMedia надає можливості інтелектуального моделювання об'єктів, які розпізнають зв'язки між об'єктами, що представляють реальні об'єкти в мережі, такі як каналізаційні, водні, електричні або газові вузли. Розпізнавання за допомогою GeoMedia цих елементів у процесі редагування підвищує продуктивність оператора та допомагає забезпечити відповідність змін діючим бізнес-процесам для коректного відображення існуючих мереж у вашій ГІС-системі. GeoMedia також надає можливість виконання тимчасових запитів та візуалізації, які дозволяють точно визначати зміни в мережі, що відбулися за певний час, та аналізувати можливі причини та наслідки у реальному світі.

Scribble Maps (рис. 3.7) це картографічний сервіс, який дає можливість користувачам створювати свої карти з можливістю нанесення на них маркерів, ліній, простих фігур, фотографій та навіть відео.

Онлайнові картографічні послуги є незамінним інструментом для наочного представлення будь-якої інформації, що вимагає прив'язки на території. Їх можна використовувати для створення простої схеми розташування вашої організації або більш складних інформаційних проектів, що демонструють дані, що оновлюються в реальному часі, на карті світу.

Поряд з такими відомими сервісами, як Google Maps і OpenStreetMap, про які ми вже писали раніше, у цій категорії програмного забезпечення є і менш відомі, але від цього не менш гідні проекти. Наприклад, веб-додаток Scribble Maps завдяки своїй простоті та функціональності відмінно підійде як новачкам, так і експертам у галузі картографії.

Безкоштовний сервіс Scribble Maps дозволяє користувачам створювати свої карти з можливістю нанесення на них маркерів, ліній, простих фігур, фотографій та навіть відео.



Рисунок 3.7 — Робоче вікно крайньої версії програми Scribble Maps

Сучасні засоби ГІС невпинно і стрімко розвиваються разом із тенденціями розвитку цифрових технологій. Програмних засобів геоінформаційного спрямування стає дедалі більше, однак лідером галузі вже багато років є ArcGIS, що поєднав у своїй структурі велику кількість функціоналу для обробки та інтерпретації різноманітної інформації. Саме цей продукт було використано під час виконання практичної частини роботи.

РОЗДІЛ 4 СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

На рисунку 4.1 наведена структурна схема роботи.

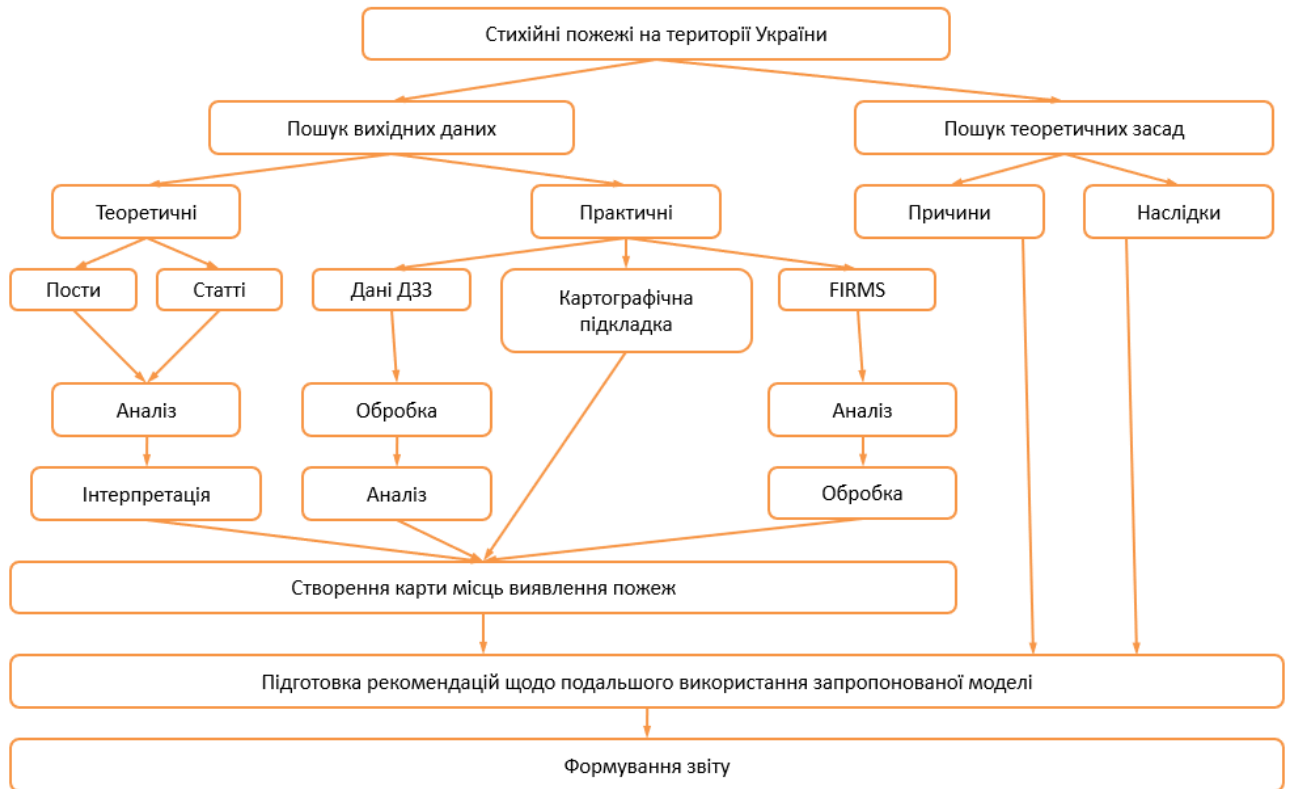


Рисунок 4.1 — Структурна схема роботи

Для здійснення моніторингу пожеж, а також проведення подальшого аналізу та побудови картографічних моделей на основі обробки даних ДЗЗ необхідно було визначитись з тесовою територією. У якості території дослідження було обрано Запорізьку область України. Тестовий період спостереження за пожежами – 2023 рік. Я якості вихідних даних ДЗЗ було обрано знімки із відкритим режимом доступу від системи Landsat 9 із сервісу <https://earthexplorer.usgs.gov/> (рис. 4.2), а також дані автоматизованої системи моніторингу пожеж на поверхні Землі FIRMS <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> (рис. 4.3). А для їх обробки та аналізу використано потужності програмного засобу компанії ESRI, а саме продукту ArcMAP версії 10.5.

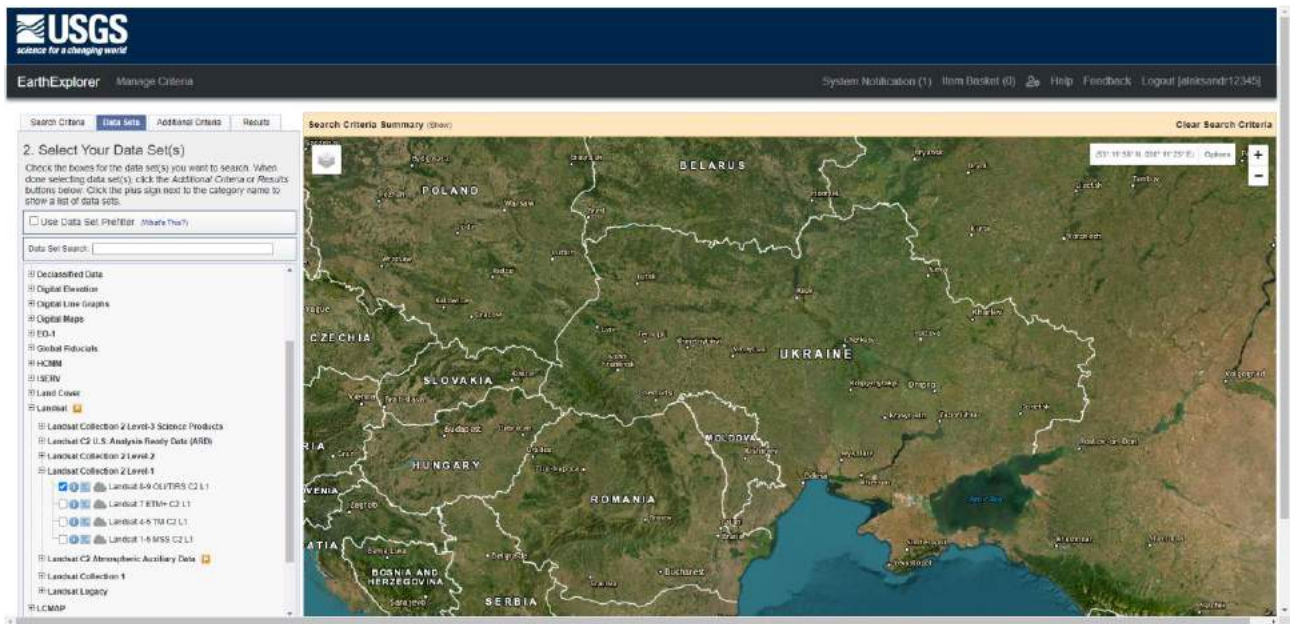


Рисунок 4.2 — Робоче вікно сервісу Earthexplorer

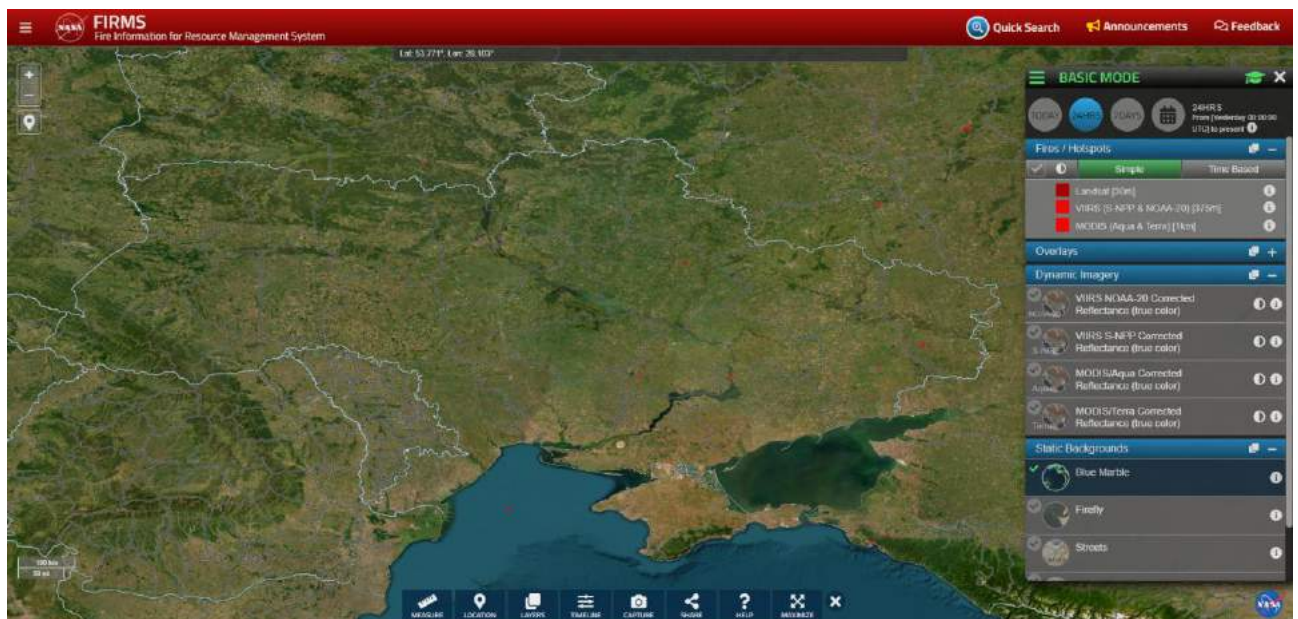


Рисунок 4.3 — Робоче вікно сервісу FIRMS

Дані сервісу FIRMS надають інформацію про пожежі, які було ідентифіковано супутниками систем NOAA, MODIS та Landsat. Звісно, що частина ідентифікованих пожеж дублюються, оскільки вони були зафіксовані кількома сенсорами одночасно. Для перенесення наведених даних до структури ГІС системи було проведено фільтрацію пожеж за часовим інтервалом їх

виникнення (по місяцях). Ці зображення було збережено для подальшої обробки у середовищі ArcGIS.

Процес створення будь-якої картографічної моделі має починатись із підготовки топографічної основи карти. Створення власної топооснови карти в межах Запорізької області не є пріоритетним завданням нашого дослідження, через це уякості джерала таких даних було вирішено скористатись вбудованими можливостями програмного продукту ArcGIS, а саме даними його базової карти, наданими відкритим сервісом OpenStreetMap (рис. 4.4).

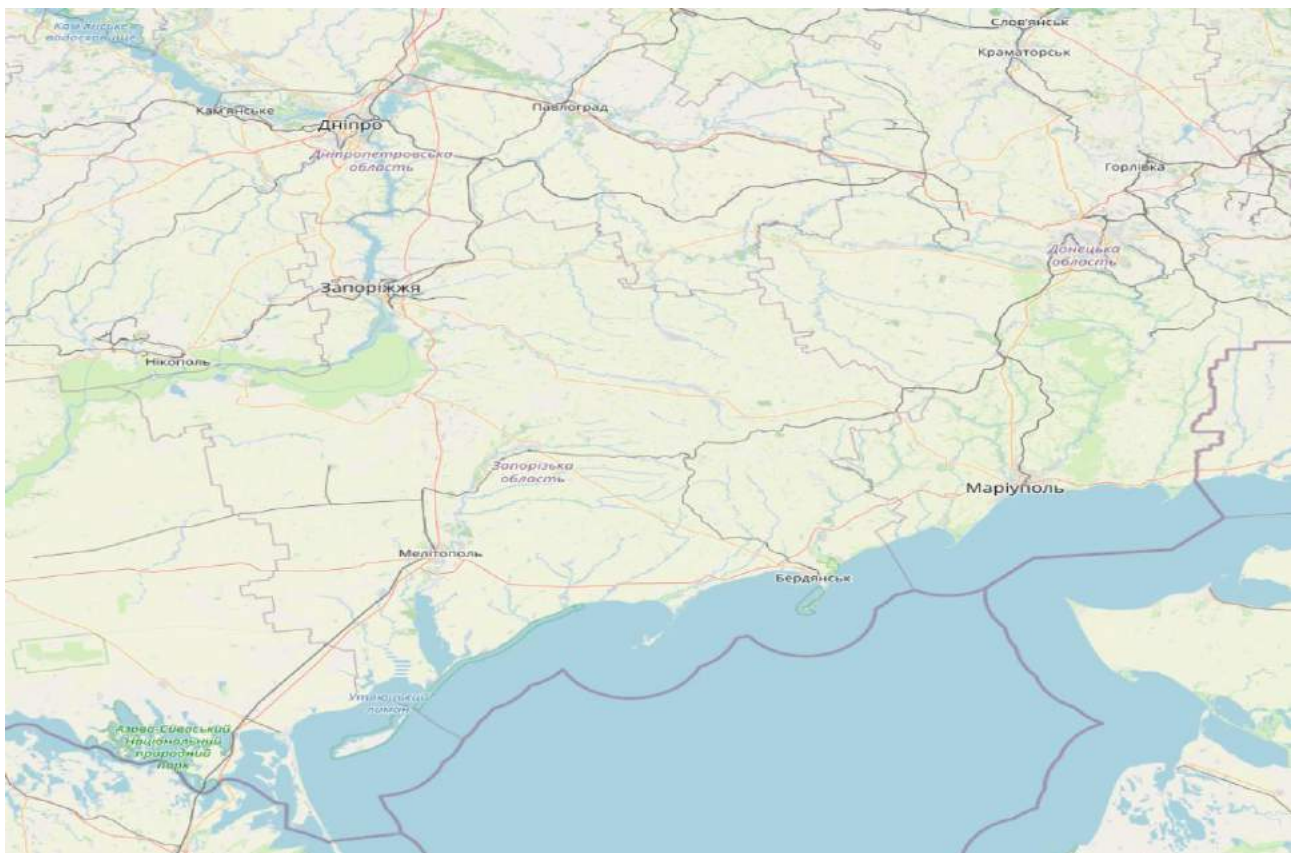


Рисунок 4.4 — Дані сервісу OpenStreetMap на територію Запорізької області України у вікні програми ArcGIS

Ці дані мають всю необхідну інформацію для формування топографічної основи майбутніх картографічних моделей. Однак, для формування коректного представлення картографічних моделей слід відокремити інформацію, що міститься поза межами території дослідження (поза межами Запорізької області

України). Для цього було створено 2 векторні шари. Перший містить ареал меж Запорізької області (рис. 4.5), а другий є шаром-маскою, що відокремлює всю інформацію сервісу OpenStreetMap поза межами ареалу шару території Запорізької області (рис. 4.6).

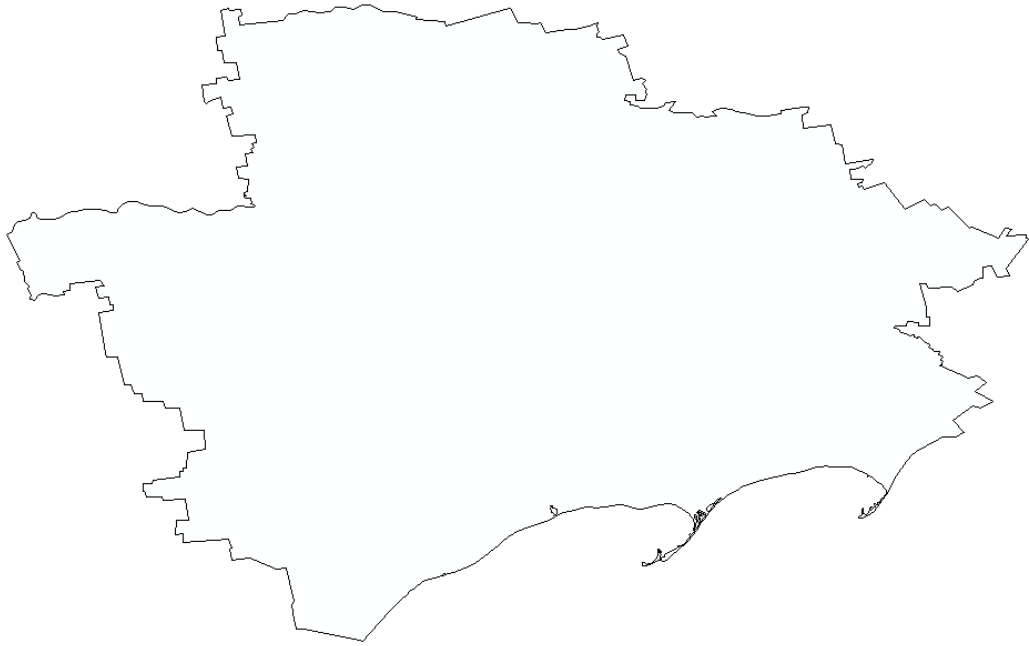


Рисунок 4.5 — Створений шар меж Запорізької області України



Рисунок 4.6 — Дані сервісу OpenStreetMap для території Запорізької області

Ці векторні шари також було використано під час проведення географічної прив'язки растрових зображень із помісячними даними сервісу FIRMS (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 — Місця локалізації виявлених пожеж на території Запорізької області України у травні 2023 року

Наступним етапом роботи було проведення векторизації місць локалізації пожеж на території Запорізької області України на протязі 2023 року (рис. 4.8). Після чого базу даних (рис. 4.9) створеного векторного шару було наповнено інформацією про:

- географічні координати виявлених пожеж;
- дату локалізації пожежі;
- календарний місяць її виникнення;
- адміністративну одиницю у якому вона виникла (наразі дані сервісу не надають інформації щодо розподілу по територіальних громадах, тому у якості адміністративних одиниць було наведено район області у якому виникла пожежа).

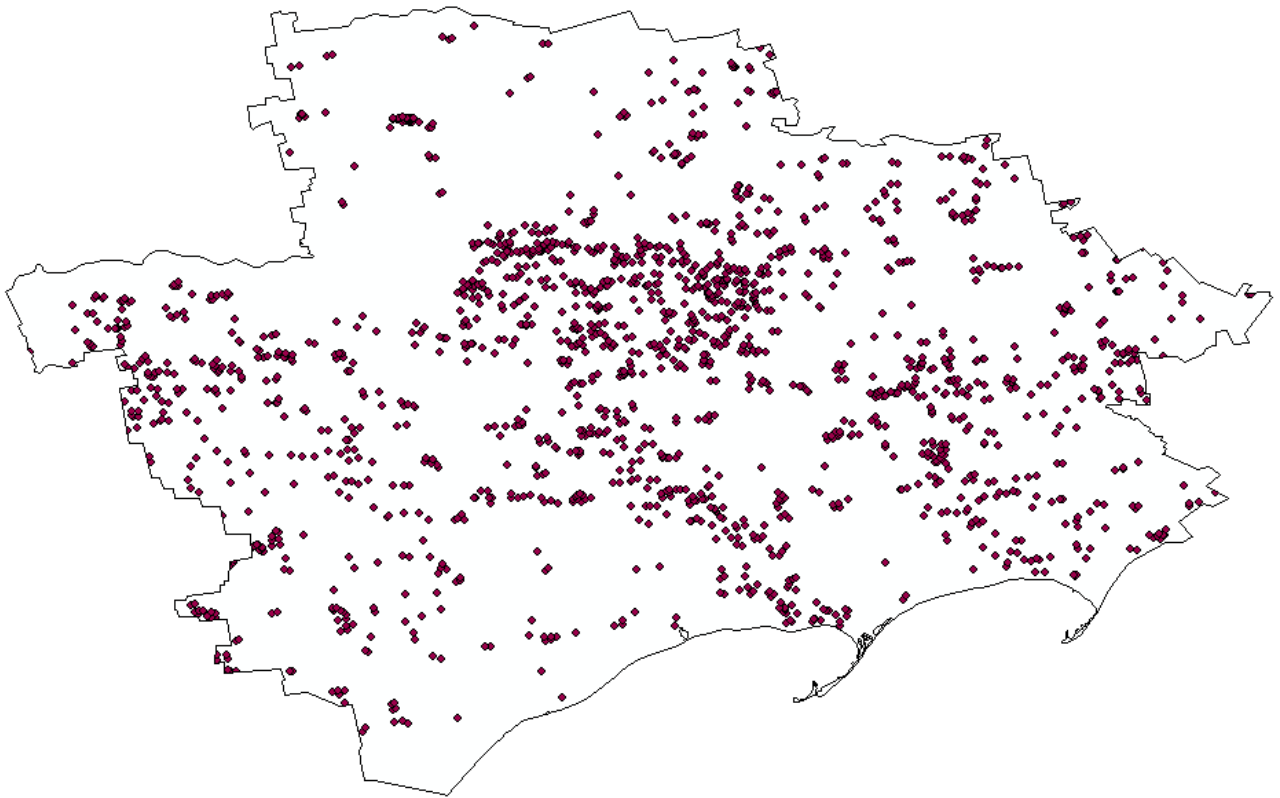


Рисунок 4.8 — Місця локалізації виявлених пожеж

FID *	Shape *	OBJECTID	LATITUDE	LONGITUDE	ACQ_DATE	MONTH	TYPE	ADM
1675	Point	1675	48,06122	35,52514	27.09.2023	9	1	Віпнянський
1676	Point	1676	48,06897	35,28815	05.08.2023	8	3	Віпнянський
1677	Point	1677	48,07232	35,29524	05.08.2023	8	3	Віпнянський
1678	Point	1678	48,07804	35,27032	05.08.2023	8	3	Віпнянський
1679	Point	1679	48,10429	35,3479	14.09.2023	9	3	Віпнянський

Рисунок 4.9 — Проміжний вигляд бази даних про пожежі

Для отримання та збереження інформації про координати пожежі було використано вбудований інструментарій програми ArcGIS. У атрибутивній таблиці для одного з шарів було викликано контекстне меню, із якого обрано інструмент Calculate Geometry, який обчислив та зберіг у нові окремі поля таблиці дані про географічні координати нанесених точкових об'єктів (рис.4.10).

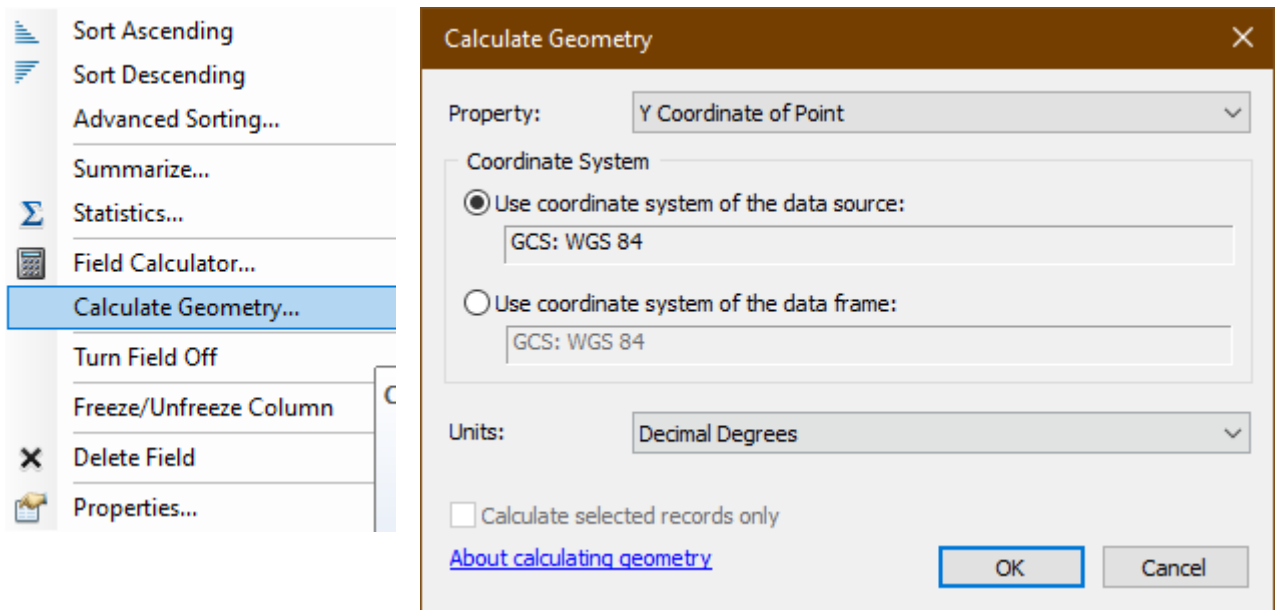


Рисунок 4.10 — Інструмент Calculate Geometry

Дешифрування типу території на котрій відбулась пожежа здійснювалось за візуальними ознаками із використанням картографічних даних сервісу OpenStreetMap. Після чого інформація про тип їх просторового розташування зберігалась до БД і як наслідок була створена відповідна картографічна модель (рис. 4.11).

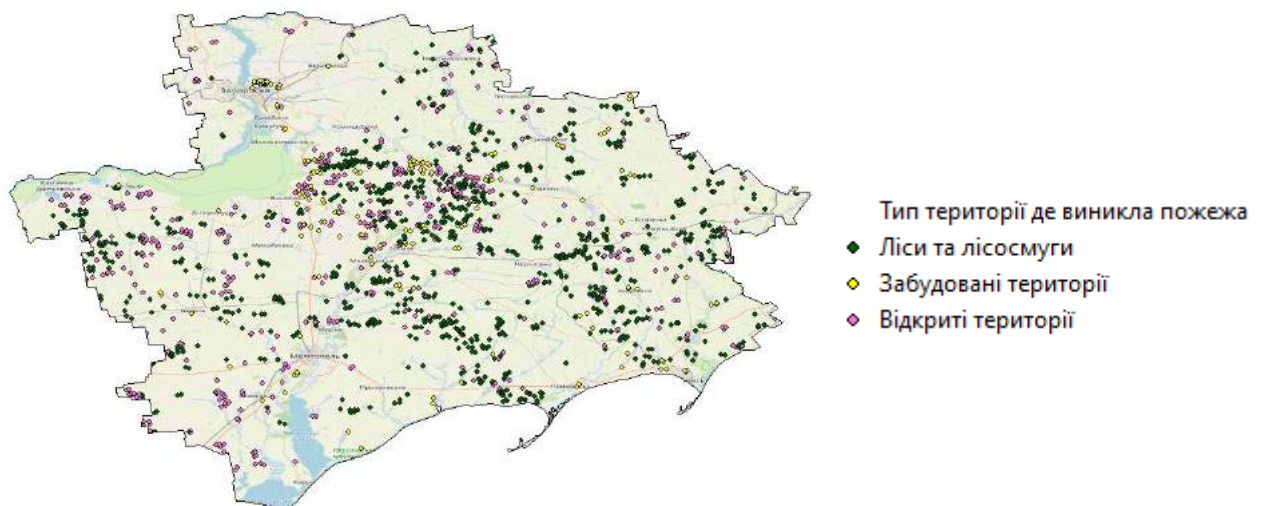


Рисунок 4.11 — Картографічна модель типів пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх локалізації на місцевості

Інформацію про кількість пожеж було поєднано із інформацією про адміністративний устрій області та інтерпретовано у вигляді картографічної моделі кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області (рис. 4.12).

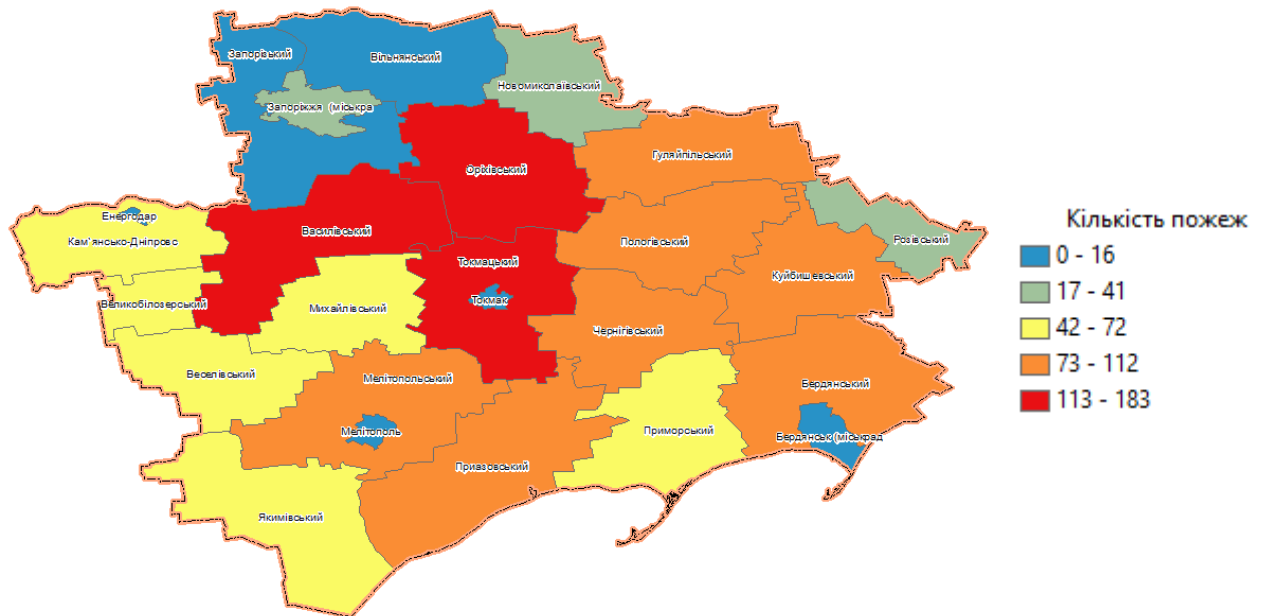


Рисунок 4.12 — Картографічна модель кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області

Інформацію про тип локалізації пожеж за територією було поєднано із інформацією про адміністративний устрій області та інтерпретовано у вигляді картографічної моделі кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області та типом їх локалізації (рис. 4.13).

Після цього було сформовано графік, що ілюструє розподіл кількості зафіксованих пожеж на території Запорізької області України у 2023 році по місяцях їх виникнення (рис. 4.14).

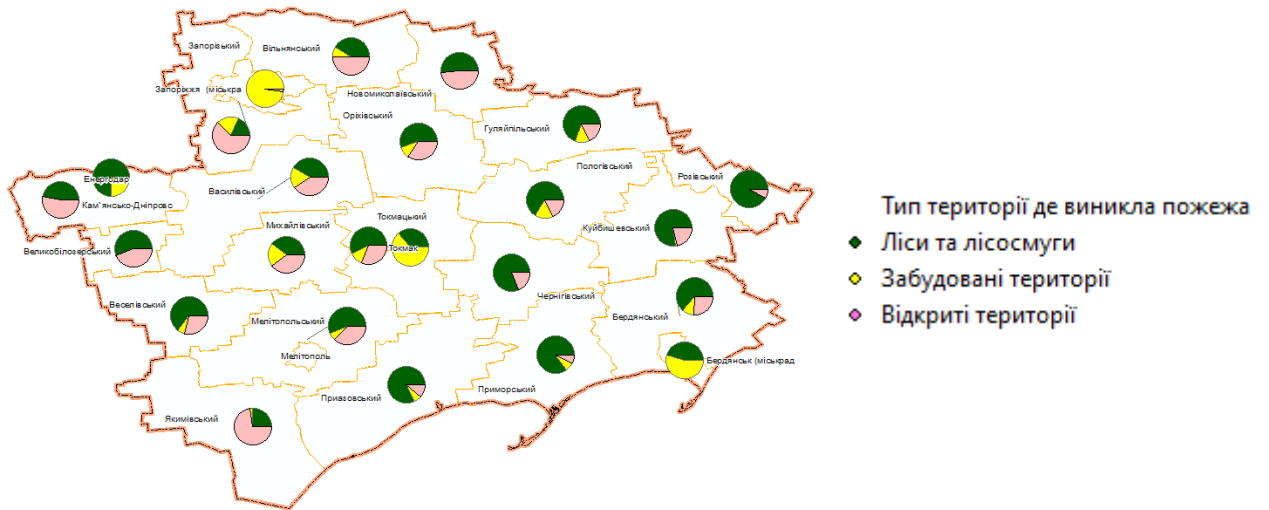


Рисунок 4.13 — Кількість пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області та типом їх локалізації

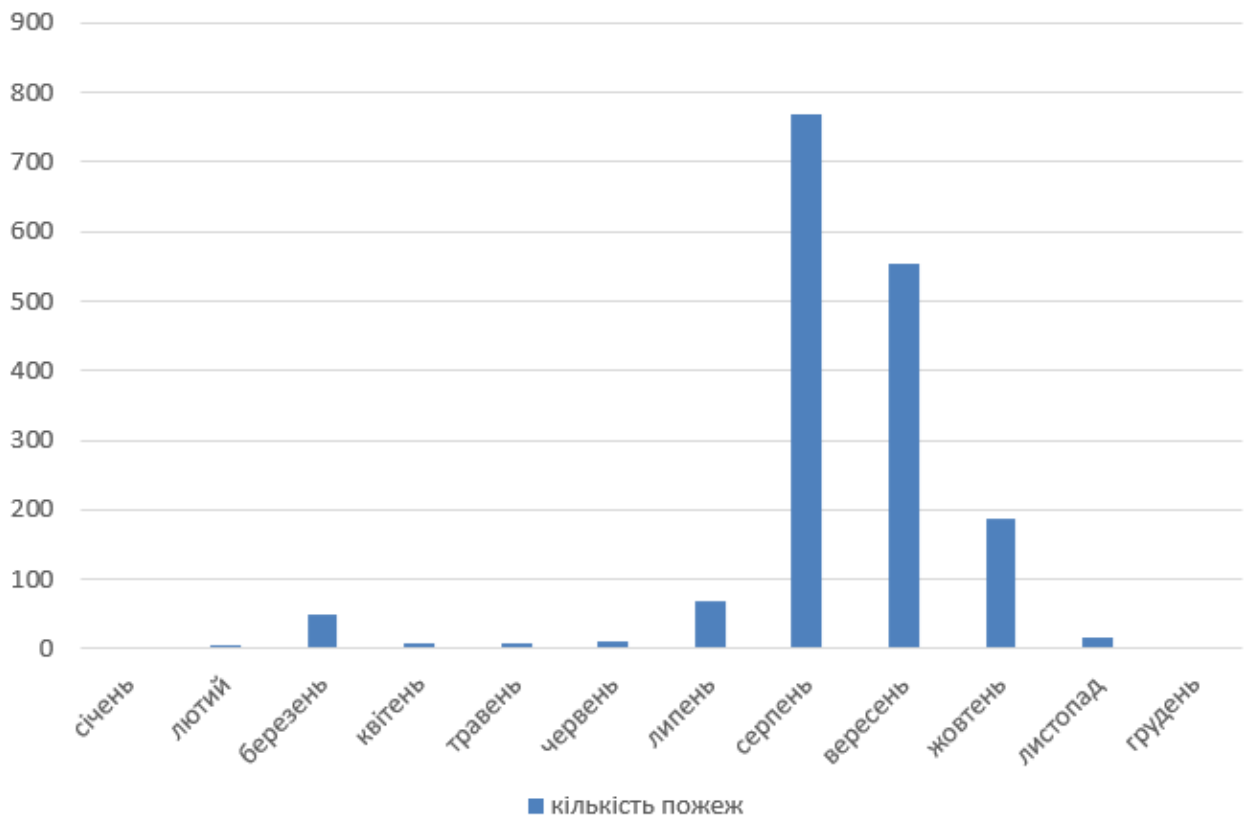


Рисунок 4.14 — Кількість зафіксованих пожеж на території Запорізької області України у 2023 році по місяцях

В результаті проведення дослідження було сформовано картографічну модель, наведену на рисунку 4.15.

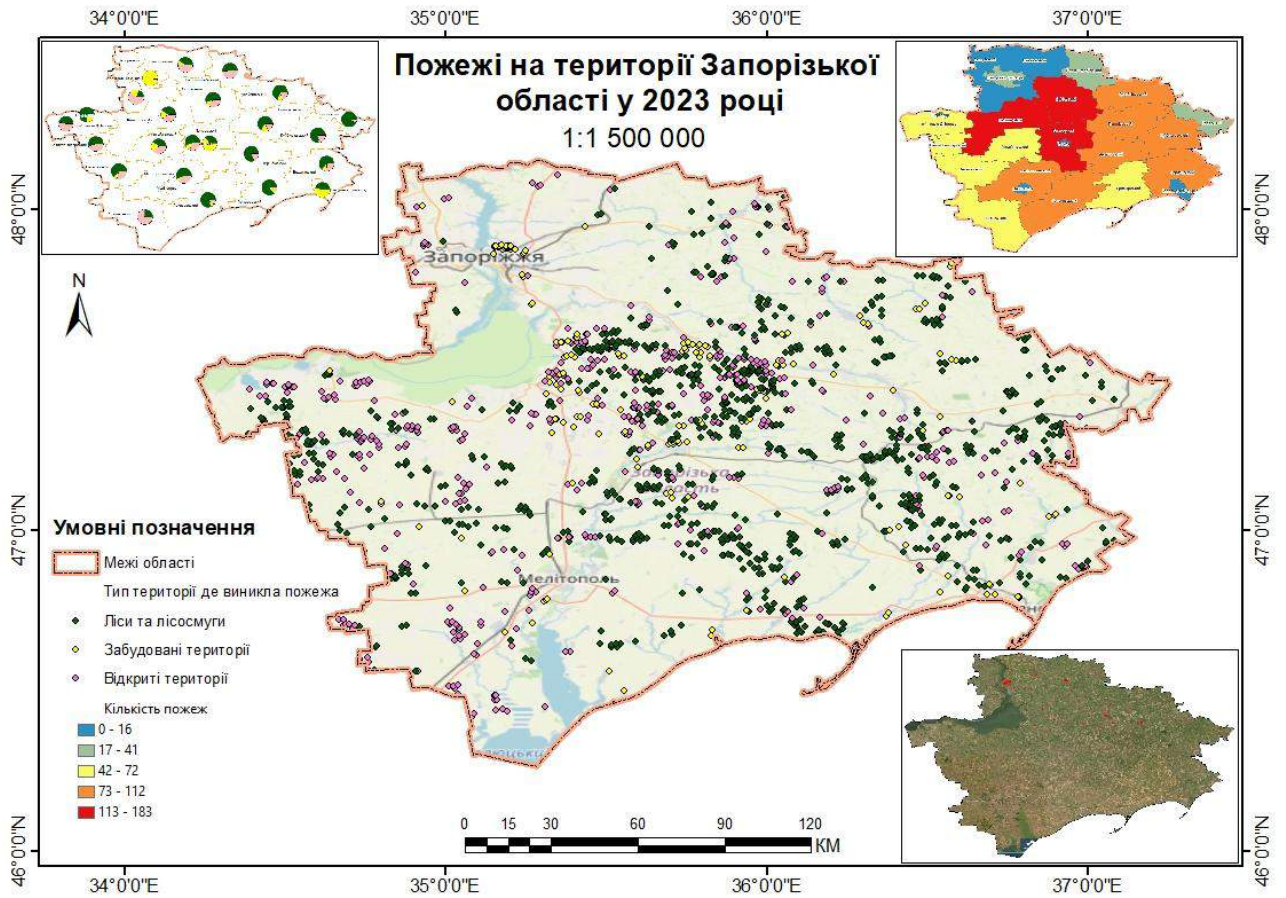


Рисунок 4.15 — Картографічна модель пожеж на території Запорізької області України у 2023 році

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналіз статистичних даних із відкритих інформаційних джерел для визначення кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році.

Результатами даної роботи є проведення аналізу існуючих методів дистанційного зондування Землі та способів обробки даних, що отримуються за допомогою них, реалізація механізму детектування спалених пожежами територій на основі використання даних порталу FIRMS, проектування бази даних для інформаційної системи, що надає змогу зберігати та переглядати інформацію про пожежі, класифікація пожеж за показниками їх просторового розташування (на прикладі території Запорізької області України) та створення картографічних моделей місць виникнення пожеж на території Запорізької області України у 2023 році.

Аналіз засвідчив, що в умовах збройного конфлікту на території України окрім “традиційних” причин підвищення кількості пожеж (загоряння сухостою, підпали, висока температура) наразі різке збільшення показників пожеж пояснюється загостренням активної фази бойових дій [24].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fire Information for Resource Management System [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>
2. Інформаційна система реалізації технології визначення спалених пожежами територій за космічними знімками [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/44038/1/Chorniy_bakalavr.pdf
3. Schneider R. G., Breedlove D. Fire Management Study Unit. Repository of United States Department of Agriculture [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fsm9_028958.pdf
4. Kussul N. Resilience Aspects in the Sensor Web Infrastructure for Natural Disaster Monitoring and Risk Assessment Based on Earth Observation Data / N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kussul and B. Yailymov. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2014. Vol. 7, No. 9. P. 3826–3832. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2313573
5. The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment / Schroeder W. [et al]. Remote Sensing of Environment. 2014. Vol. 143. P. 85–96. DOI: 10.1016/j.rse.2013.12.008
6. Scientific quality evaluation burned area collection 300m for 2019 Version 1 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_SQE2019_BA300m-V1_I1.00.pdf
7. Giglio L., Randerson J. T., Van Der Werf G. R. Analysis of daily, monthly, and annual burned area using the fourth generation global fire emissions database (GFED4). Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. 2013. Vol. 118, No. 1. P. 317–328. DOI: 10.1002/jgrg.20042
8. Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cwffis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fdr>
9. European Forest Fire Information System (EFFIS). Welcome to EFFIS [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://effis.jrc.ec.europa.eu>

10. Stocks B. J., Lawson B. D., Alexander M. E., Van Wagner C. E., McAlpine R. S., Lynham T. J., Dube D. E. The Canadian Forest Fire Danger Rating System: an overview. *For. Chron.* 1989. V. 65. P. 450–457
11. Kussul N. Crop classification in Ukraine using satellite optical and SAR images / N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kravchenko, O. Kussul *International Journal "Information Models and Analyses.* 2013. Vol. 2, No. 2. P. 118–122. ISSN: 1314–6432
12. Чорний О.О. Інформаційна система реалізації технології визначення спалених пожежами територій за космічними знімками [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/44038>
13. Colorimetric Parameters Modeling of Test Micro-Ecosystems for Lands Pollution Remote Sensing [Text] / O. Vysotska, A. Greben, V. Kalashnikova, S. Rakhmetullina, T. Klochko, A. Kotyra, O. Mamyrbayev, A. Iskakova // *Journal of Ecological Engineering*, 2021. – № 22(2). – pp. 161 - 168. DOI: 10.12911/22998993/130889
14. Danshyna S. Method of information technology for structure analysis of urban network fire-rescue units / S. Danshyna, A. Nechausov A. - *Radioelectronic and computer systems.* – 2023. – № 4 (108). – P. 171 – 183. doi: <https://doi.org/10.32620/reks.2023.4.12>
15. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2011. – 384 с.
16. Через російські обстріли лише за липень згоріло 70 000 га зернових. Що це означає для України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://forbes.ua/ru/inside/через-rosiyski-obstrili-lishe-za-lipen-zgorilo-70-000-ga-zernovikh-shcho-tse-oznachaе-dlya-ukraini-17082022-7744>
17. Статистика пожеж Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/>
18. Forest disturbances, forest recovery, and changes in forest types across the Carpathian ecoregion from 1985 to 2010 based on Landsat image composites / P. Griffiths [et al.] // *Remote Sensing of Environment.* 2014. Vol. 151. P. 72-88

19. Гусак О. М. Інформаційна технологія раннього виявлення осередків лісових пожеж. Інформаційні технології, економіка та право – 2017 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Чернівці, 27-28 квіт. 2017 р. Чернівці, 2017. С. 135–136.
20. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навч.-метод. посіб. / С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. – 268 с.
21. Determining perturbing factor of changes in the ecological state of monitored objects [Online] / O. Butenko, S. Horelyk, I. Krasovska, S. Gnatyuk // Proceedings of Information technology and mathematical modeling for environmental safety. – 2021. – Vol. 3021 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ceur-ws.org/Vol-3021>
22. Danshyna, S. Formalizing the land inventory process for information support of land projects management [Text] / S. Danshyna, V. Cheranovskiy // Radioelectronic and computer systems. – 2022. – № 3. – pp. 7 – 19. DOI: 10.32620/reks.2022.3.01
23. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Дистанційні методи та ГІС у природокористуванні» освітньо-наукового рівня: доктор філософії спеціальності: 103 Науки про Землю. / Укладач С.П.Сонько. – Умань: Ред-вид центр УНУС, 2019. – 10 с.
24. Перелік ракетних ударів під час російського вторгнення [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Перелік_ракетних_ударів_під_час_російського_вторгнення

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Кваліфікаційна робота магістра
Спеціальність 8.193 Геодезія та землеустрій

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

Виконав:

Сопельник В.О.

СТУДЕНТ ГРУПИ 462М

Керівник:

Даншина С.Ю.

Д.Т.Н., ПРОФ.

Харків 2024

Актуальність

- 1 Можливість застосування для завдань автоматичного виявлення пожеж
- 2 Можливість накопичення бази розрізнених даних із метою їх аналізу та статистичного представлення
- 3 Можливість здійснення оцінки впливу на навколишнє середовище
- 4 Можливість розробки моделей ймовірних сценаріїв розвитку процесів протікання пожеж різного рівня небезпеки



Мета:

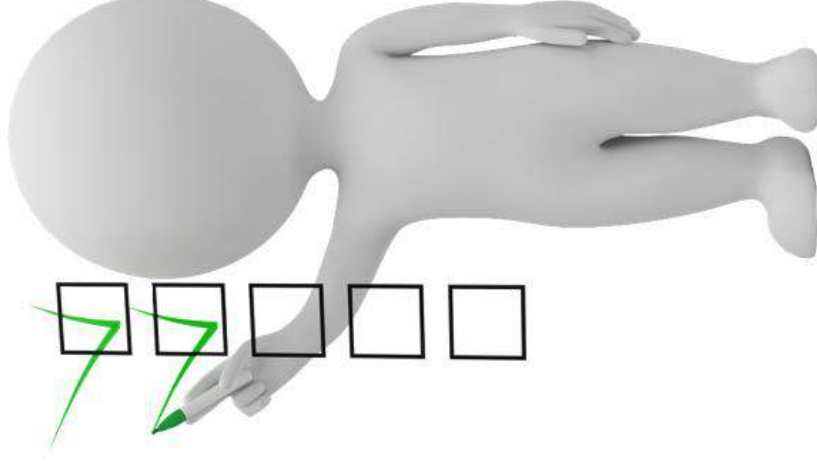
підвищення ефективності аналізу статистичних даних про пожежі для визначення причин їх виникнення

Об'єкт:

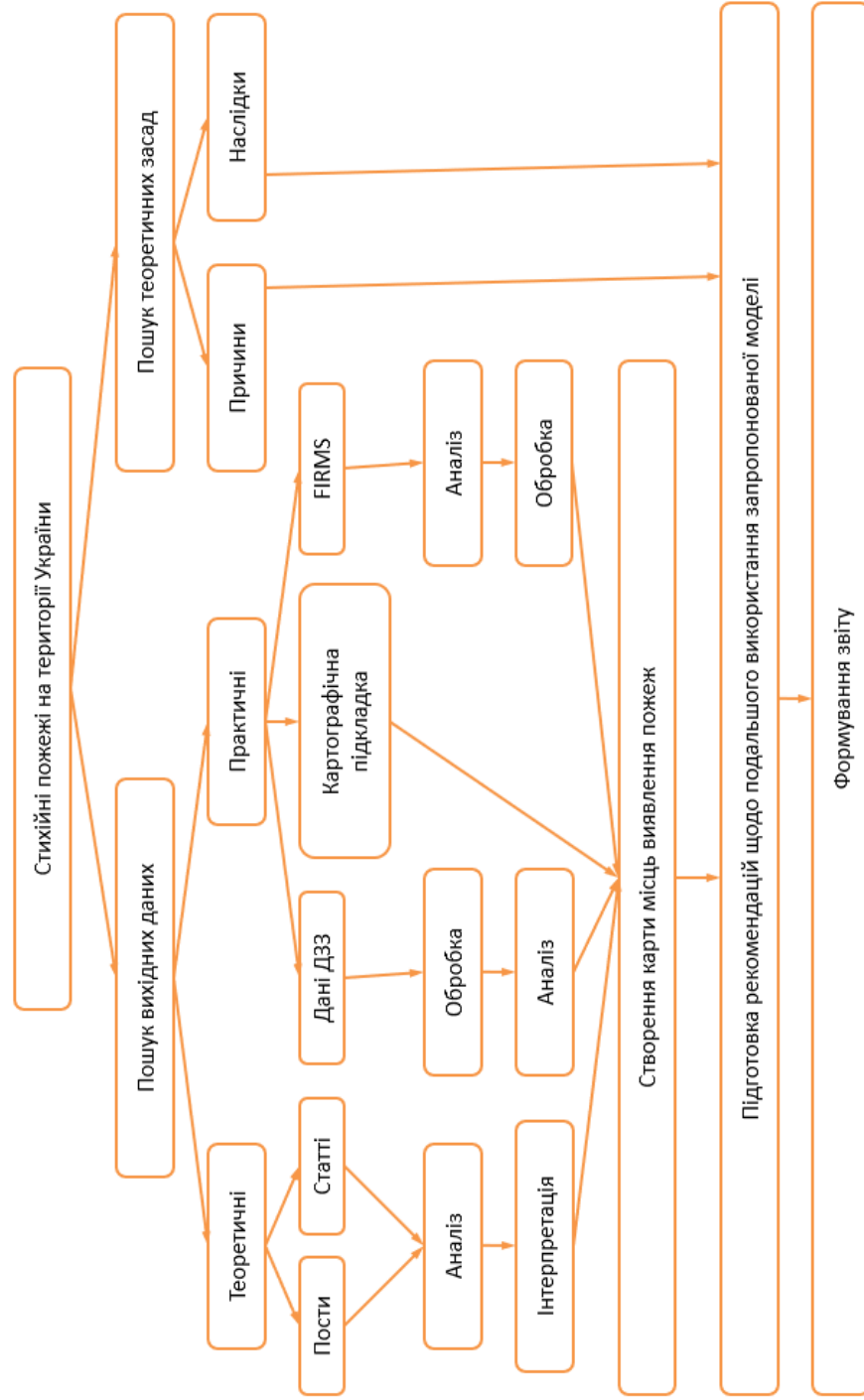
процес аналізу даних про пожежі з використанням сучасних ГІС-технологій

Предмет:

ГІС-методи аналізу статистичних даних про пожежі



Структурна схема





FIRMS

(<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>)

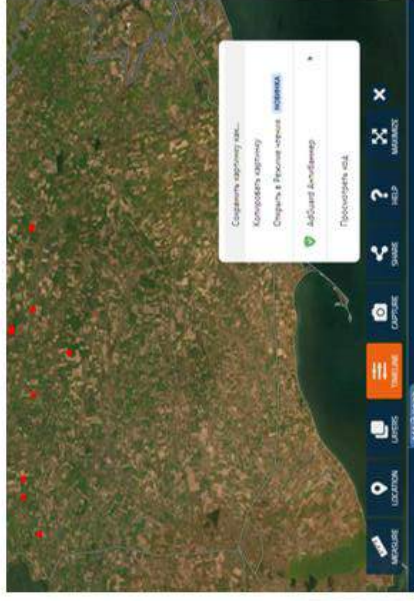
Система пожежної інформації для системи управління ресурсами (FIRMS) поширює дані про активні пожежі в результаті обробки даних середньої роздільної здатності (MODIS), даних видимого інфрачервоного зображення (VIIRS) та даних супутників Landsat.



Налаштування
параметрів
пошуку



Отримання інформації щодо
виявлених пожеж на території
Запорізької області України у
травні 2023 року



Збереження даних для
подальшої обробки у
середовищі ArcGIS



5



ArcGIS

комплекс геоінформаційних програмних продуктів американської компанії ESRІ що застосовуються для земельних кадастрів, у завданнях землеустрою, обліку об'єктів нерухомості, систем інженерних комунікацій, геодезії та надрокористування та інших областях

Додавання даних
сервісу

OpenStreetMap для
створення шару меж
Запорізької області



Результат
створення
шару меж
Запорізької
області



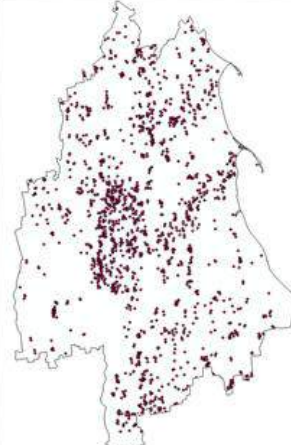
Створення
шару-маски для
підготовки
основи
картографічної
моделі



Додавання
та
прив'язка
зображень
із даними
FIRMS (по
місяцях)



Результат
нанесення
місць
виявлення
пожеж за
2023 рік



№	Штат	Суб'єкт	Адреса	Дата
1	Point		31.24.08.2023	
2	Point		31.21.08.2023	
3	Point		4.21.08.2023	
4	Point		31.21.08.2023	
5	Point		31.21.08.2023	

Виявлено та нанесено 1679 пожеж



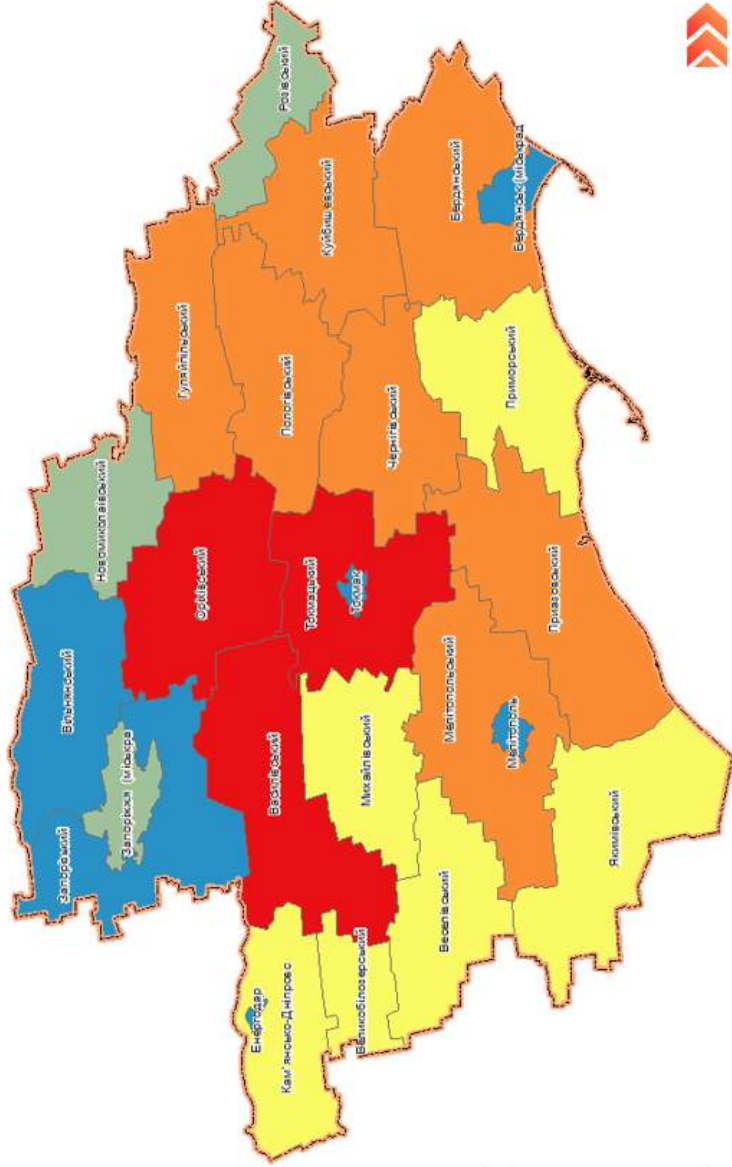
6

ArcGIS

Наступним етапом було додавання до бази даних інформації про просторове розташування кожної виявленої пожежі в рамках адміністративного устрою області та побудова відповідної картографічної моделі.

Кількість пожеж (за рік)

- 0 - 16
- 17 - 41
- 42 - 72
- 73 - 112
- 113 - 183



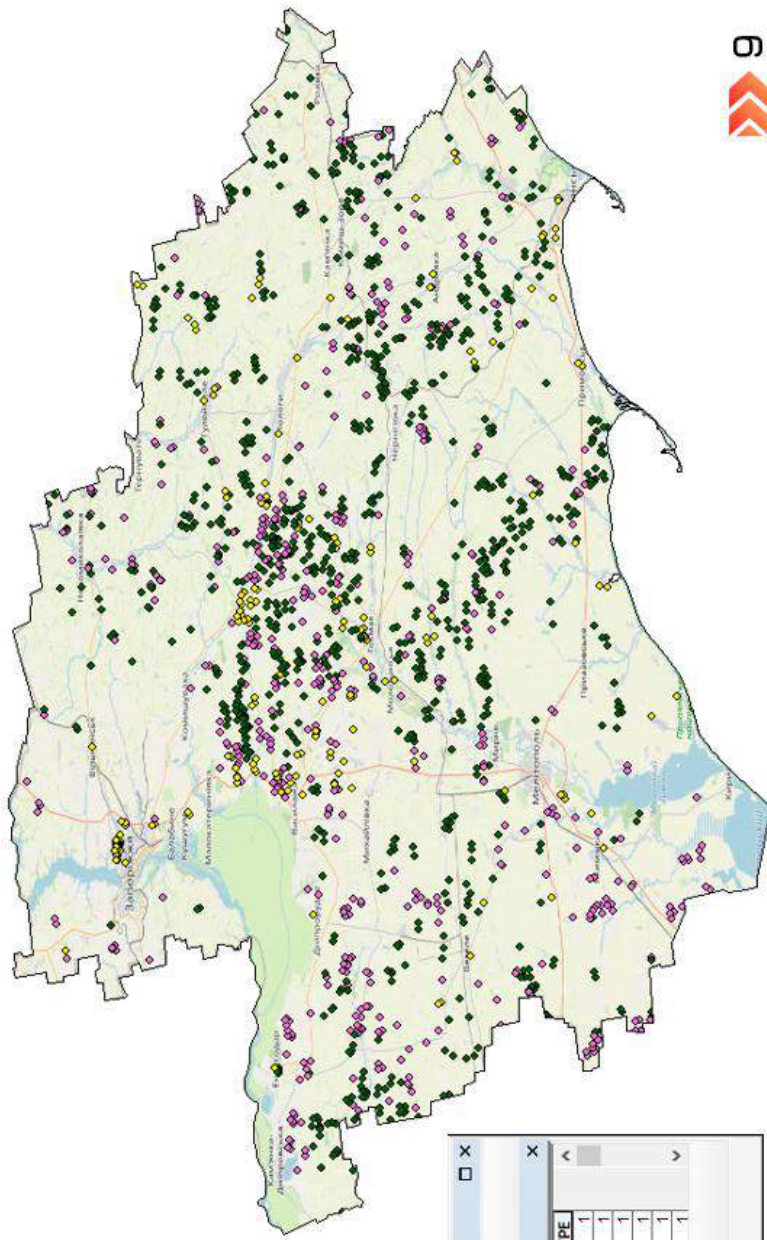
№П.	Шварц *	ОБ'ЄКТ	LONGITUDE	ASO_DATE	МОМІНТ	ТИП	ADM
1675	Point	1675	48.06122	35.52514	12.09.2023	9	1
1676	Point	1676	48.06897	35.28615	05.08.2023	8	3
1677	Point	1677	48.07232	35.29624	05.08.2023	8	3
1678	Point	1678	48.07804	35.27032	05.08.2023	8	3
1679	Point	1679	48.10429	35.34719	14.09.2023	9	3

№П.	Шварц *	ОБ'ЄКТ	ТИП	Шварц_Area	Шварц_Area	ТОТАЛ	ТИП	ТИП	ТИП
4	Рівненський	5	Закарпатський	3.725415	0.16787	16	6	0	0
20	Рівненський	21	Київська-Дніпропетровський	2.161947	0.127186	53	0	0	0
16	Рівненський	17	Київська-Дніпропетровський	2.697344	0.153798	112	0	0	0
33	Рівненський	14	Хмельницький	0.277592	0.008917	0	0	0	0
6	Рівненський	7	Київська-Дніпропетровський	3.2.1018	0.138235	81	0	0	0

ArcGIS

Отримані точкові дані було відкласифіковано за типом локалізації пожежі на основі візуального співставлення із картою місцевості сервісу OpenStreetMap.

- Пожежі
- ◆ Ліси та лісосмуги
- ◆ Збудовані території
- ◆ Відкриті території



FID	Shape	OBJECTID	LATITUDE	LONGITUDE	ACQ. DATE	MONTH	TYPE
18	Point	19	46.55935	34.90406	18.08.2023	8	1
19	Point	20	46.55939	34.76361	28.08.2023	8	1
21	Point	22	46.56113	34.77701	28.08.2023	8	1
25	Point	26	46.59087	35.26593	21.08.2023	8	1
26	Point	27	46.59706	35.2483	06.08.2023	8	1
33	Point	34	46.63226	34.77673	30.10.2023	10	1



ARCGIS

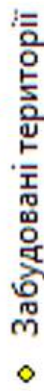
Далі інформацію про просторове розташування кожної виявленої пожежі було проаналізовано в рамках адміністративного устрою області та побудовано відповідну картографічну модель.



Пожєжі



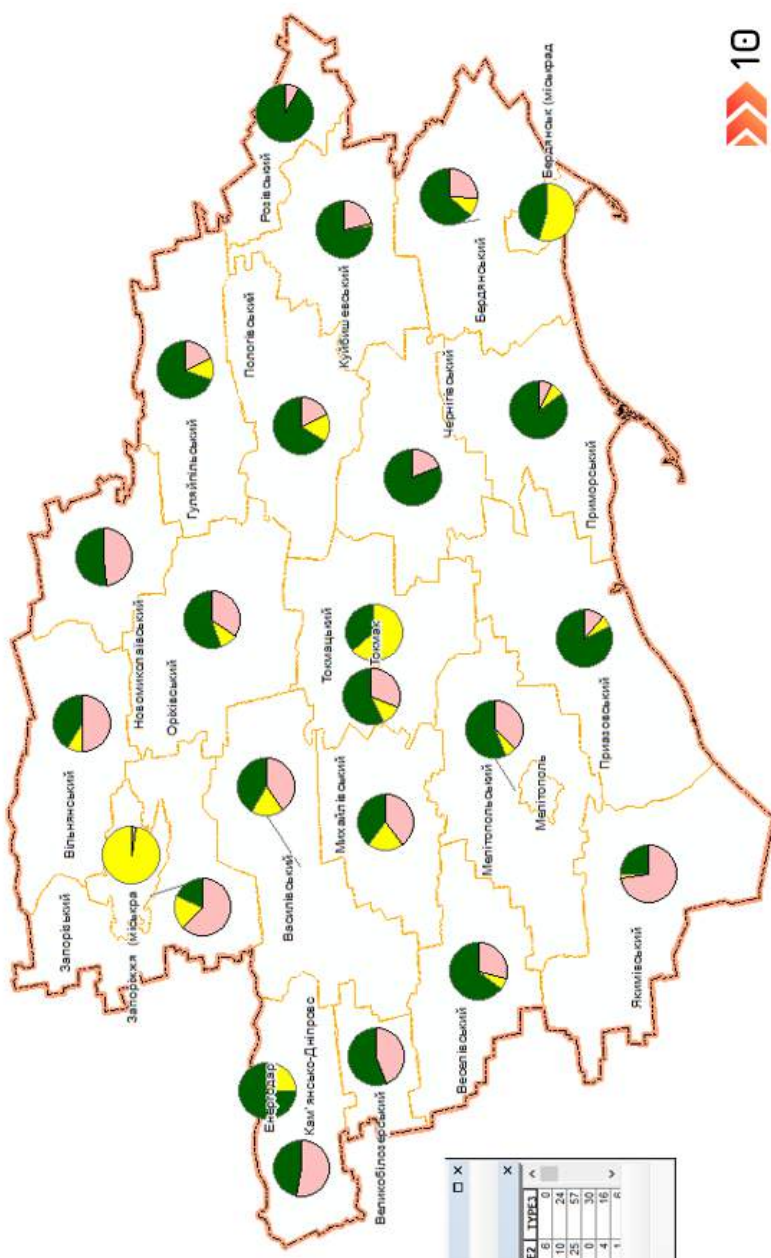
Ліси та лісосмуги



Забудовані території



Відкриті території



Table

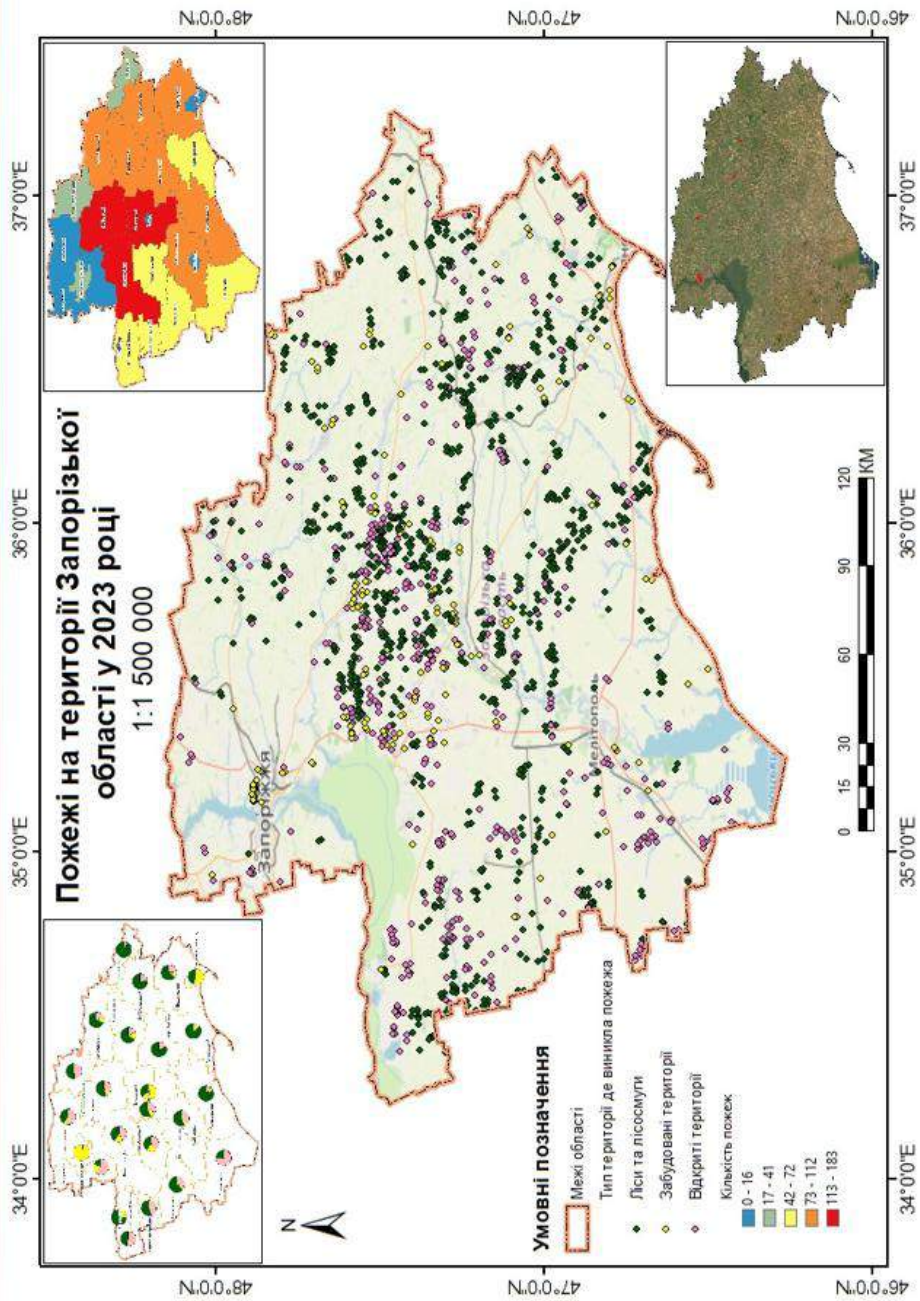
Адміністративний устрій

ID	Shape	ОБ'ЄКТ	TITLE	Shape_Length	Shape_Area	TOTAL	TYPЕ1	TYPЕ2	TYPЕ3
19	Polygon	20 Берднєвський міський		1.110675	0.025397	11	5	6	0
17	Polygon	18 Берднєвський		2.990772	0.195392	84	60	10	24
0	Polygon	1 Вєлнєвський		2.92189	0.21167	141	59	25	57
15	Polygon	1 Вєлнєвський		2.73266	0.192034	66	38	4	16
2	Polygon	1 Рнєвський		2.107111	0.146511	12	4	1	6

Адміністративний устрій | Адміністративний устрій_Inte



Картографічна модель



Можливості подальшого вдосконалення системи

Для підвищення інформативності щодо обсягів завданої шкоди можуть бути додатково залучені космічні знімки систем Landsat або Sentinel, що дозволять побудувати контури погорілих територій та будуть слугувати основою для подальших польових досліджень.



Отримані результати

- 1 Проаналізовано існуючі методи дистанційного зондування Землі та способи обробки даних, що отримуються за допомогою них
- 2 Реалізовано механізм детектування спалених пожежами територій на основі використання даних порталу FIRMS
- 3 Спроектовано базу даних для інформаційної системи, що надає змогу зберігати та переглядати інформацію про пожежі
- 4 Проведено класифікацію пожеж за показниками їх просторового розташування (на прикладі території Запорізької області України)
- 5 Створено картографічну модель місць виникнення пожеж на території Запорізької області України у 2023 році



ДОДАТОК Б

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

Виконав: Сопельник Владислав Александрович

Керівник: д.т.н., проф. Даншина Світлана Юріївна

Актуальність роботи

Сучасні пожежі загрожують екосистемам та екологічній безпеці планети, спричинюючи трансформацію природних екосистем. За останні роки велика кількість лісових насаджень зазнала знищення, а великі обсяги продуктів згорання незмінно потрапляють в атмосферу. Розвиток технологій дистанційного зондування Землі дозволяє ефективно та оперативно визначати пошкоджені території та виконувати завдання, які раніше були доступні лише на професійних апаратно-програмних комплексах або із залученням значного часового та людського ресурсу.

Мета роботи

Підвищення ефективності аналізу статистичних даних про пожежі для визначення причин їх виникнення.

Об'єкт дослідження

Процес аналізу даних про пожежі з використанням сучасних ГІС-технологій

Предмет дослідження

ГІС-методи аналізу статистичних даних про пожежі

Отримані результати

