

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Факультет агротехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. геоекології і землеустрою

доцент _____ Максим ГАНЧУК

“_19_” січня 2026 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО Магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: **«Використання даних ДЗЗ для картографічного моделювання**
пожеж у Запорізькій області»

25 ГЗ Д 007 000000 ПЗ

Виконав: здобувачка ВО 2М курсу, групи 21 МБГЗ
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
за ОПП Геодезія та землеустрій
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

Здобувач вищої освіти _____ Поліна ЧЕРНИШОВА
(підпис) (П.І.П)

Керівник, професор _____ Віктор СИДОРЕНКО
(підпис) (П.І.П)

Консультант, доцент _____ Михайло ЗОРЯ
(підпис) (П.І.П.)

Нормоконтроль, доцент _____ Вікторія СКИБА
(підпис) (П.І.П)

Запоріжжя - 2026 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет	<u>факультет агротехнологій та екології</u>
Кафедра	<u>геоекології і землеустрою</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Галузь знань	<u>19 «Архітектура та будівництво»</u>
Спеціальність	<u>193 «Геодезія та землеустрій»</u>
Освітня програма	<u>«Геодезія та землеустрій»</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент Максим ГАНЧУК

« 10 » січня 2026 р

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

студенту Чернишова Поліна Андріївна

1. Тема роботи **Використання даних ДЗЗ для картографічного моделювання пожеж у Запорізькій області**

керівник роботи д.т.н., професор Сидоренко Віктор Дмитрович

Затверджені наказом Ректора університету від «31» жовтня 2025 р. № 585/3-С

Строк подання студентом роботи «30» січня 2026 р.

Вихідні дані до роботи дані відділу статистики, держгеокадастру; аналітичні доповіді, дані ГІС та ДЗЗ.

Перелік питань, які потрібно розробити: оцінити проблему визначення пожежної небезпеки та подальшого мніторингу стану цих територій; знайти ефективний метод визначення інформації про заповідяну землям шкоду від пожеж різної давнини; надати методику для визначення території, на яку розповсюдилась пожежа; створити картографічну модель наслідків пожеж на досліджуваній території.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 5 Охорона праці в галузі	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	15.10.2025	15.10.2025

Дата видачі завдання

15.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Робота над літературним оглядом	вересень	Виконано
Розділ 2. Отримання і обробка супутникових та геоінформаційних даних, необхідних для розв'язання завдань оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж у природних екосистемах	жовтень	Виконано
Розділ 3. Методи контролю та оцінки пожежної безпеки об'єкта	листопад	Виконано
Розділ 4. Створення картографічних моделей наслідків пожеж за даними ддз	грудень	Виконано
Розділ 5. Охорона праці в галузі	січень	Виконано
Висновки	січень	Виконано

Студентка _____, П.А. Чернишова
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи В.Д. Сидоренко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Чернишова П.А. Використання даних ДЗЗ для картографічного моделювання пожеж у Запорізькій області. Магістерська робота. Кафедра геоекології і землеустрою. Запоріжжя, ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2026. С. 74

Текст викладений на 70 сторінках, містить 5 розділів, 2 таблиці, 27 рисунків, 28 літературних джерела.

Актуальність теми дослідження

Пожежі у сучасних умовах належать до найбільш небезпечних явищ, які негативно впливають на екосистеми та створюють загрозу екологічній безпеці планети. У контексті сучасного природокористування пожежі, що систематично повторюються на окремих територіях, розглядаються як екзогенний локально-катастрофічний фактор, що спричиняє суттєві зміни природних екосистем. Щороку знищуються сотні тисяч гектарів лісів, виникають займання сухої рослинності, пошкоджуються сільськогосподарські угіддя, фіксуються пожежі на об'єктах техногенного походження тощо. Починаючи з 2022 року, в Україні значного поширення набули пожежі, спричинені бойовими діями. У процесі горіння в атмосферне повітря потрапляють десятки тисяч тонн продуктів згорання.

На сьогодні, завдяки широкій доступності, високій частоті оновлення та оперативності отримання матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а також розвитку технічних засобів їх оброблення, стало можливим вирішення завдань, які раніше потребували використання дорогих спеціалізованих апаратно-програмних комплексів. Це сприяло активному впровадженню методів ДЗЗ для отримання інформації про стан екосистем, що зазнали негативного впливу пожеж.

Метою роботи є використання даних дистанційного зондування Землі для картографічного моделювання пожеж у Запорізькій області, виявлення просторово-часових закономірностей їх поширення, оцінювання наслідків для природних і сільськогосподарських територій та обґрунтування заходів щодо запобігання і мінімізації пожежної небезпеки.

Ключові слова: пожежі; дистанційне зондування Землі; геоінформаційні системи; супутникові знімки; землекористування.

Зміст

ВСТУП	Помилка! Закладку не визначено.
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ І МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	11
1.1 Аналіз та порівняння існуючих систем пожежної небезпеки, доступних баз даних пожеж та термальних аномалій.....	11
1.2 Визначення супутникових, статистичних і наземних джерел даних, необхідних для оцінювання пожежонебезпеки та моніторингу пожеж.....	21
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ І ОБРОБКА СУПУТНИКОВИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ДАНИХ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ.....	24
2.1 Аналіз інформативних ознак, що є причинами надзвичайних подій у колекції супутникових та погодних даних.....	24
2.2 Особливості створення набору даних про надзвичайні ситуації, пов'язані з вогнем, у векторному вигляді на основі наявної інформації.....	27
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА	30
3.1 Тенденції розвитку систем контролю протипожежної безпеки в Україні	30
3.2 Огляд сучасних ГІС-засобів та спеціалізованого ПЗ	52
РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ ЗА ДАНИМИ ДДЗ	58
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ	
5.1 Вимоги безпеки до робочого місця працівника з екранними пристроями	
5.2 Умови праці для працівника з екранними пристроями	
5.3 Раціональна поза при роботі з комп'ютером	
5.4 Поради для працівників з екранними пристроями	
5.5 Безпека та кібергігієна при роботі з комп'ютером	
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

ВСТУП

Пожежі у сучасних умовах належать до найбільш небезпечних явищ, які негативно впливають на екосистеми та створюють загрозу екологічній безпеці планети. У контексті сучасного природокористування пожежі, що систематично повторюються на окремих територіях, розглядаються як екзогенний локально-катастрофічний фактор, що спричиняє суттєві зміни природних екосистем. Щороку знищуються сотні тисяч гектарів лісів, виникають займання сухої рослинності, пошкоджуються сільськогосподарські угіддя, фіксуються пожежі на об'єктах техногенного походження тощо. Починаючи з 2022 року, в Україні значного поширення набули пожежі, спричинені бойовими діями. У процесі горіння в атмосферне повітря потрапляють десятки тисяч тонн продуктів згоряння.

На сьогодні, завдяки широкій доступності, високій частоті оновлення та оперативності отримання матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а також розвитку технічних засобів їх оброблення, стало можливим вирішення завдань, які раніше потребували використання дорогих спеціалізованих апаратно-програмних комплексів. Це сприяло активному впровадженню методів ДЗЗ для отримання інформації про стан екосистем, що зазнали негативного впливу пожеж.

Результати аналізу наукових джерел, присвячених визначенню територій, пошкоджених пожежами, на основі даних ДЗЗ свідчать про наявність значної кількості альтернативних підходів до вирішення цієї задачі. Зокрема, функціонує низка онлайн-сервісів моніторингу пожеж, заснованих на супутникових даних, таких як FIRMS [1], однак їх ефективність щодо оперативного виявлення нових осередків займання та визначення їх площ є неоднаковою.

У цій роботі запропоновано один із можливих оперативних підходів до визначення територій, пошкоджених пожежами, на основі аналізу космічних знімків Sentinel, який було реалізовано у створеній інформаційній системі.

Запропонований метод може становити практичний інтерес для працівників державної лісової охорони, спеціалістів лісового господарства, представників сільськогосподарських підприємств, природоохоронних установ, органів місцевого самоврядування, а також інших зацікавлених юридичних і фізичних осіб [2].

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

Станом на сьогодні на глобальному та регіональному рівнях функціонують сучасні інформаційні системи оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж, у тому числі із використанням супутникових даних. У більшості країн основою таких систем є оцінка пожежної небезпеки на основі метеорологічних умов. Наприклад, у Канаді, Новій Зеландії, Фіджі, Мексиці, а також у штатах Аляска, Флорида і Мічиган (США), Хорватії та країнах Південно-Східної Азії використовується канадська система оцінювання небезпеки лісових пожеж CFFDRS, тоді як в Австралії застосовується показник пожежної небезпеки FFDI. У США функціонує національна система оцінки пожежної небезпеки NFDRS. Нижче наведено результати аналізу зазначених систем та методів оцінювання ризику виникнення пожеж, які в них застосовуються.

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).

Інформаційна система FIRMS (Fire Information for Resource Management System), розроблена NASA, призначена для забезпечення менеджерів природних ресурсів оперативною інформацією про місцезнаходження активних пожеж у режимі, близькому до реального часу. Вона була створена для вирішення проблеми своєчасного отримання супутникових даних про пожежі. FIRMS надає інформацію про активні осередки займання протягом приблизно 3 годин після проведення супутникових спостережень із використанням спектро радіометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), встановленого на супутниках Terra і Aqua, а також радіометра VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), розміщеного на супутниках Suomi NPP і NOAA-20. Крім того,

система забезпечує доступ до інформації про пожежі за попередні 24, 48 годин і 7 днів у форматі шейп-файлів.

Відповідно до даних Лісової служби США [3], займання сухої деревини відбувається при температурі близько 540° F, тоді як сформована лісова пожежа може супроводжуватися температурами понад 1500° F. Такі температурні аномалії реєструються орбітальними сенсорами, зокрема MODIS і VIIRS, які фіксують теплове випромінювання. Кожна зафіксована гаряча точка відповідає центру пікселя, який містить одну або декілька пожеж чи інші джерела тепла, наприклад вулканічну активність. Просторовий розмір пікселя залежить від використовуваного сенсора і становить приблизно 1 км для MODIS та близько 375 м для VIIRS. При цьому координати відповідають центру пікселя і не обов'язково збігаються з фактичним місцем пожежі [4].

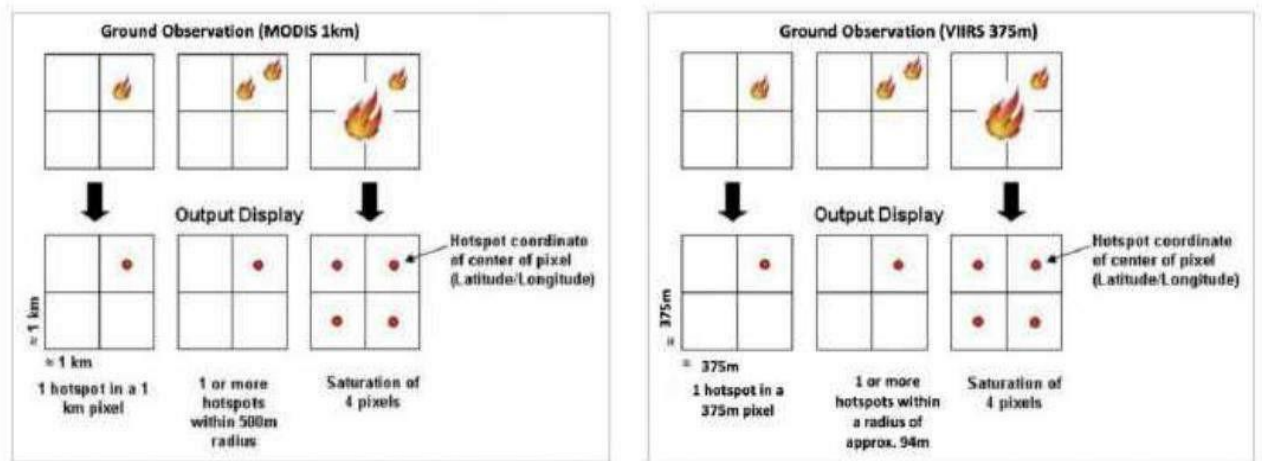


Рисунок 1.1 — Виявлення пожежі на Землі за допомогою датчиків MODIS і VIIRS

У межах окремої сцени мінімальний розмір пожежі, який може бути виявлений, визначається рядом факторів, серед яких кут сканування, тип біому, положення Сонця, температура земної поверхні, наявність хмарності, концентрація диму та швидкість і напрямок вітру. У зв'язку з цим точність оцінювання площі пожеж може варіювати. Наприклад, сенсор MODIS здатний

регулярно виявляти як відкриті, так і тліючі осередки займання площею близько 1000 м².

Водночас використання даних про активні пожежі для точного визначення площ вигорілих територій є обмеженим через складність формування просторово-часових вибірок. Хоча в окремих випадках можливо досягти прийнятної точності, ефективна площа вигорання в межах одного пікселя не є сталою величиною і залежить від характеристик рослинності та умов горіння.

На рисунку 1.2 наведено залежність ймовірності виявлення пожеж сенсором MODIS від температури та площі пожежі для різних біомів у денний і нічний періоди [5].

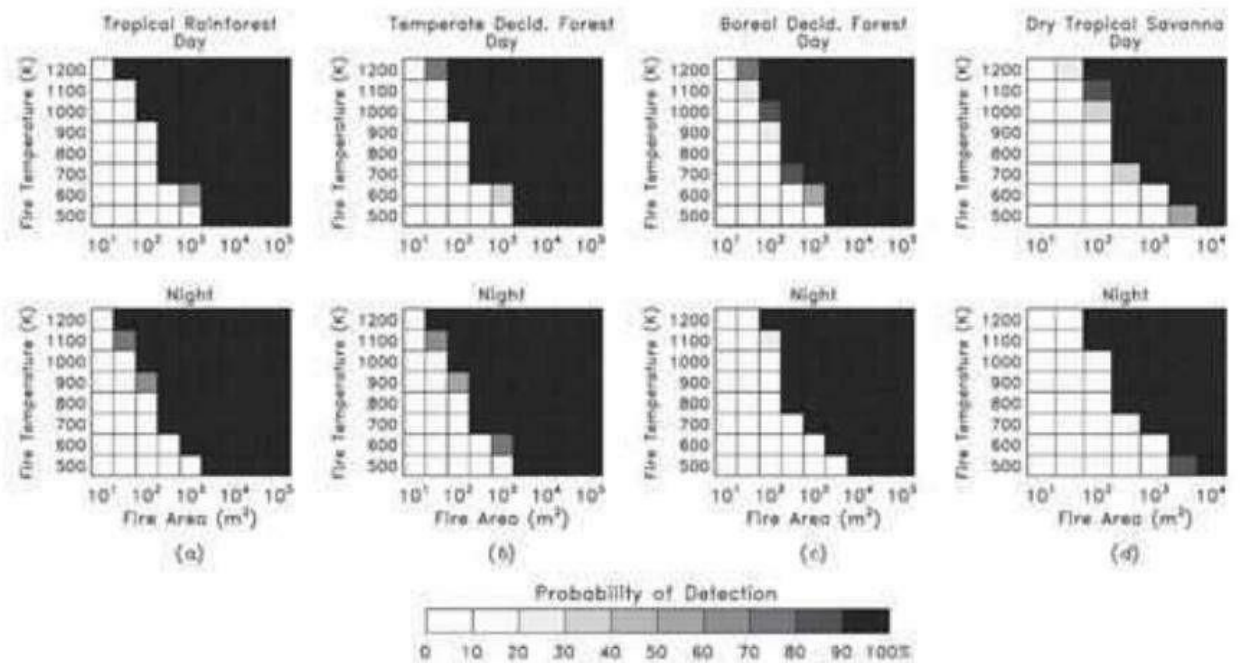


Рисунок 1.2 — Приклад денної і нічної залежності розміру пожежі і температури спалаху

Продукт MODIS MCD14DL, призначений для виявлення пожеж і теплових аномалій, є основою системи FIRMS, починаючи з 2007 року. У разі виявлення теплової аномалії спеціальний алгоритм визначає центр області площею 1 км², у межах якої зафіксовано джерело тепла. При цьому географічне положення

визначається на основі прогнозних, а не остаточних орбітальних даних супутника.

У 2016 році до системи FIRMS було інтегровано продукт активних пожеж VIIRS I-band із просторовим розрізненням 375 м, створений на основі алгоритмічних підходів MODIS. Дані VIIRS і MODIS взаємодоповнюють один одного і демонструють високий рівень узгодженості при виявленні теплових аномалій. Виявлення пожеж здійснюється за допомогою контекстного алгоритму, який аналізує підвищене випромінювання в середньому інфрачервоному діапазоні, характерне для процесу горіння [5].

Відповідно до політики відкритих даних NASA, усі продукти MODIS і VIIRS, а також алгоритми їх оброблення і програмні інтерфейси є повністю відкритими і доступними для користувачів.

Дані FIRMS широко використовуються різними міжнародними організаціями, зокрема Європейською інформаційною системою про лісові пожежі (European Forest Fire Information System, EFFIS) та Лісовою службою Індії. Лісова служба США застосовує ці дані для картографування активних пожеж і аналізу їх характеристик. Інститут світових ресурсів (World Resources Institute) використовує інформацію FIRMS для моніторингу навмисного випалювання земель, що дозволяє оперативно реагувати на пожежі, виявляти незаконні підпали і притягати винних до відповідальності.

Центр архівування даних наземних процесів LP DAAC (The Land Processes Distributed Active Archive Center), що входить до складу системи EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) NASA, забезпечує доступ до продуктів MCD64A1v006 і VNP64A1v001, пов'язаних із пожежами.

Щомісячний комбінований продукт MCD64A1 Version 6 Burned Area, створений на основі даних супутників Terra і Aqua, має глобальне покриття з просторовим розрізненням 500 м і містить інформацію про площу вигорання та показники якості даних. Аналогічно, продукт VNP64A1 Version 1 Suomi National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP) NASA VIIRS Burned Area також має глобальне

покриття і просторове розрізнення 500 м, що містить інформацію про випалену площу на піксель та якісну інформацію. Обидва продукти включають дані про 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 року надає продукт "випалені площі" (burned area, BA) із просторовим розрізненням 300 м, який генерується кожні 10 днів на основі даних супутника PROBA-V. Результати валідації за протоколами CEOS Land Product Validation показали, що оцінки площ вигорілих територій, отримані на основі цього продукту за 2017–2018 роки, є співставними з оцінками, отриманими на основі продукту MODIS MCD64, хоча спостерігаються певні відмінності у часових і просторових характеристиках виявлених вигорілих ділянок [6]. Порівняння із даними Copernicus CEMS (Copernicus Emergency Management Service) і системи EFFIS (European Forest Fire Information System) підтвердило високу достовірність оцінок площ вигорілих територій на континентальному рівні.

Глобальна база даних викидів від пожеж GFED (Global Fire Emissions Database) містить супутникову інформацію MODIS із просторовим розрізненням 500 м і використовується для оцінювання щомісячних площ вигорання, продуктивності рослинності та обсягів викидів. База даних включає інформацію про площі пожеж, у тому числі малих, на основі виявлень активних пожеж поза картами спалених площ, також є інформація щодо викидів вуглецю тощо. Версія 4 має просторове розрізнення $0,25^\circ$ і охоплює період з 1997 по 2016 рік, при цьому дані про викиди доступні і для наступних років. Крім того, GFED містить глобальний атлас щоденної динаміки пожеж для визначення місця і часу їх виникнення, площі, тривалості та характеристики поширення [7].

Канадська система оцінювання небезпеки лісових пожеж CFFDRS (Canadian Forest Fire Danger Rating System) розробляється з 1968 року. На даний час її основні підсистеми — система погодного індексу пожежної небезпеки FWI (Forest Fire Weather Index) та система прогнозування поведінки пожеж FBP

(Forest Fire Behavior Prediction) — широко застосовуються як у Канаді, так і на міжнародному рівні.

На рисунку 1.3 наведено складові системи CFFDRS [8].

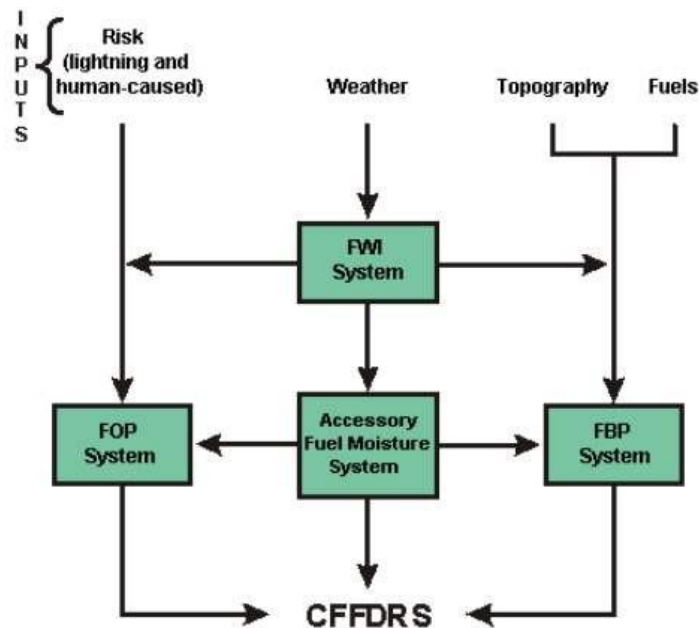


Рисунок 1.3 — Діаграма компонентів системи CFFDRS

Ризик виникнення пожеж, погодні умови, характеристики палива та особливості рельєфу є основними вхідними параметрами для прогнозування пожежонебезпечних погодних умов, ймовірності займання та поведінки вогню. Під терміном «пожежонебезпечні» розуміють такі метеорологічні умови, які підвищують імовірність виникнення та сприяють поширенню лісових пожеж. Наразі для різних типів канадських лісових екосистем створюються моделі оцінювання вологості горючих матеріалів. У сукупності підсистеми CFFDRS забезпечують прогнозування потенційного рівня пожежної небезпеки. Система FWI включає шість складових, які враховують вплив вологості палива та погодних факторів на розвиток пожежі (рис. 1.4). Їх обчислення базується на щоденних послідовних вимірюваннях температури повітря, відносної вологості, швидкості вітру та кількості опадів. Перші три компоненти (коди) характеризують вологість у трьох шарах лісових горючих матеріалів: підстилки та тонкому паливі; органічному шарі середньої щільності (duff), що перебуває у стадії розкладання; а також у глибокому щільному органічному шарі.

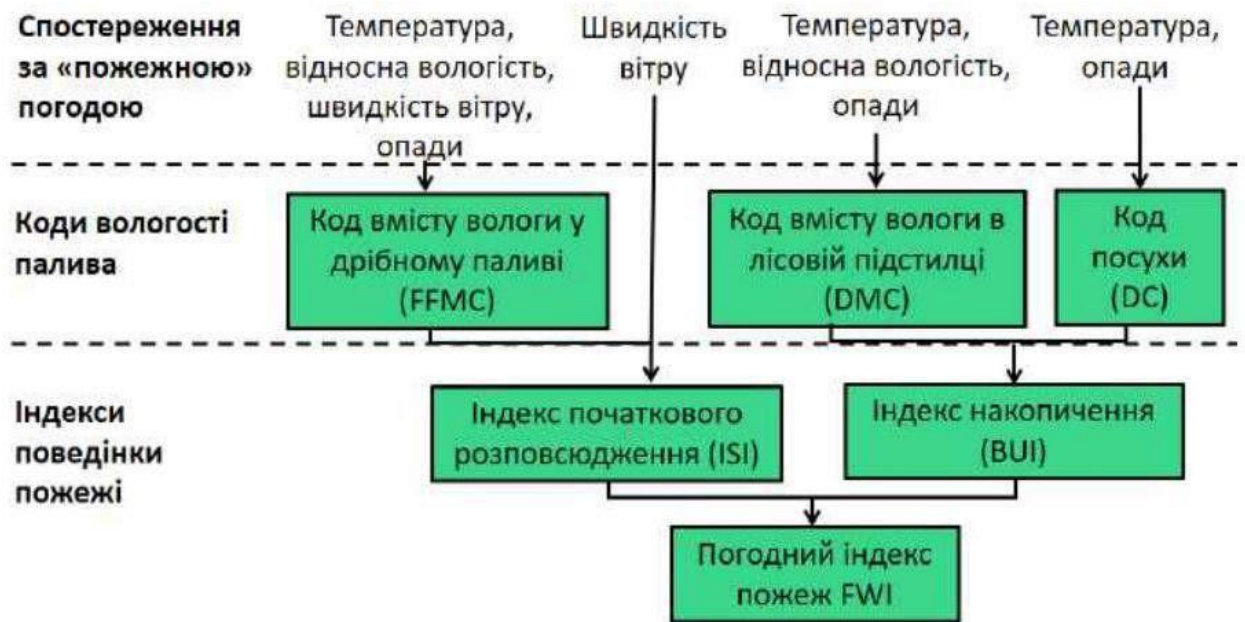


Рисунок 1.4 — Компоненти системи FWI

Інші три складові системи представлені індексами, значення яких збільшуються зі зростанням пожежної небезпеки і відображають особливості розвитку пожежі, а саме: швидкість поширення полум'я, обсяг доступного для горіння палива та інтенсивність пожежі. Сукупність цих стандартних компонентів забезпечує кількісну оцінку відносної ймовірності виникнення пожеж у лісових екосистемах.

Європейська інформаційна система лісових пожеж EFFIS є WEBорієнтованою геоінформаційною системою, яка забезпечує отримання даних про лісові пожежі та їх режими на території Європи, Близького Сходу та Північної Африки як у режимі, наближеному до реального часу, так і в ретроспективному аспекті [9]. Система EFFIS охоплює повний цикл моніторингу пожеж, включаючи оцінювання передумов їх виникнення, спостереження за розвитком пожежі та визначення завданих збитків. Функціональний модуль «Переглядач поточної ситуації» дозволяє користувачам отримувати та аналізувати поточні й архівні дані у вигляді карт пожежної небезпеки, прогнозів до 9 днів, а також щоденно оновлюваних карт теплових аномалій і меж пожеж.

На даний час модуль прогнозування пожежної небезпеки EFFIS забезпечує доступ до відповідних індексів із використанням чисельних прогнозів погоди, отриманих на основі двох детермінованих моделей. Зокрема, індекс FWI обчислюється за допомогою моделі Європейського центру середньострокових прогнозів погоди ECMWF із просторовим кроком 8 км, яка забезпечує прогнозування на період від 1 до 9 днів, а також із застосуванням моделі MeteoFrance із просторовим кроком 10 км, що дозволяє отримувати прогнози до 3 днів. Компоненти індексу FWI наведені у таблиці 1.1. Класифікація індексу є уніфікованою для всіх країн, а відповідні карти відображають узгоджений просторовий розподіл рівнів пожежної небезпеки.

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

Класи пожежної небезпеки	FWI	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI
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 у системі EFFIS використовуються супутникові дані, що надаються системою FIRMS, зокрема продукти MODIS (MCD14DL, 1 км) та VIIRS (VNP14IMGTDL_NRT, 375 м). Виявлення пожеж базується на реєстрації теплових аномалій. Алгоритми аналізують різницю температур між потенційним осередком займання та навколишньою поверхнею, і у випадку перевищення встановленого порогового значення відповідний об'єкт класифікується як активна пожежа або «гаряча точка».

Картографування вигорілих територій на основі даних MODIS передбачає визначення масштабів пожеж шляхом напівавтоматичної класифікації супутникових зображень із залученням допоміжних просторових даних.

У системі оцінювання лісових пожеж WFAS (Wildland Fire Assessment System), що використовується Лісовою службою США, здійснюється збір, обробка та відображення інформації щодо пожежної небезпеки на території країни. Основою системи є дані метеорологічних спостережень із пожежних метеостанцій, які передаються до системи управління метеорологічною інформацією WIMS (Weather Information Management System). Інтернет-ресурс WFAS містить щоденні карти пожежної небезпеки на основі індексів NFDRS з WIMS, історичні карти, метеорологічні дані та інформацію про вологість палива тощо.

Оцінювання рівня пожежної небезпеки здійснюється з урахуванням поточних і попередніх погодних умов, типів палива, а також вологості «живого» (life fuel) та «відмерлого» (dead fuel) палива. Під «відмерлим» паливом розуміють горючі матеріали, вологість яких визначається виключно метеорологічними факторами, тоді як вологість «живого» палива залежить від фізіологічних процесів рослин. Вологість живого палива, зокрема трав'янистої та чагарникової рослинності, характеризується сезонною та короткостроковою мінливістю.

Під час створення карт пожежної небезпеки вибір паливної моделі, індексу та відповідного рівня пожежної небезпеки (табл. 1.2) визначається локальними операторами метеостанцій. Близько 90 % користувачів застосовують індекс горіння, тоді як інші використовують компонент вивільнення енергії. Супутникові продукти в даний час є самостійними індикаторами пожежонебезпеки і не враховуються при розрахунках, за винятком експериментальних проєктів.

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 непердбачуваних напрямках. Небезпека виникнення таких ділянок незначна.
середній (М) (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 (Н) (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 (VН) (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 розповсюджуються завдяки більш важких видів палива
екстримальний (Е) (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 загорання. 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 щоденно отримує інформацію з WIMS та формує карти фактичних і прогнозованих погодних умов, вологості палива та пожежної небезпеки. Розташування метеостанцій відображається на картах, а значення між ними визначаються методом зворотних квадратів відстані із просторовим кроком 10 км.

Система моделювання пожеж BehavePlus, розроблена Міністерством сільського господарства США, є однією з найбільш поширених систем прогнозування поведінки лісових пожеж. Вона використовується для прогнозування поширення пожеж, оцінювання пожежної небезпеки залежно від типу рослинного покриву, а також для моделювання характеристик пожежі. Система базується на математичних моделях, що описують поведінку вогню

залежно від умов середовища. Вхідними даними є температура, відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, характеристики рельєфу, вологість поверхні та модель горючих матеріалів. У BehavePlus використовується 13 типів паливних моделей. На основі моделі Ротермеля система забезпечує розрахунок швидкості поширення пожежі, її інтенсивності, тепловиділення, розмірів безпечної зони, висоти полум'я, площі та периметра пожежі.

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

Супутникові спостереження Землі відіграють ключову роль як джерело інформації для вирішення широкого спектра управлінських завдань. Вони забезпечують отримання достовірних даних про стан атмосфери, ґрунтів, рослинності, лісів, екосистем і природних ресурсів, а також про їх зміни у часі, що використовується у різних галузях економіки та сферах діяльності. Відповідно до визначення саміту ООН зі сталого розвитку (2019 р.), використання супутникової інформації є важливим елементом 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.

На сьогодні існує значна кількість відкритих ресурсів, які забезпечують безкоштовний доступ до супутникових знімків. У цьому підрозділі розглянуто

основні джерела супутникових даних, які можуть застосовуватися для оцінювання пожежної небезпеки та моніторингу пожеж.

Сервіс EarthExplorer Геологічної служби США (USGS) містить одну з найповніших колекцій безкоштовних супутникових і геоінформаційних даних, доступних через інтерфейс Google Maps. Архів EarthExplorer включає знімки за понад 40 років, отримані із супутників Terra, Aqua, MODIS, ASTER, VIIRS і багатьох інших. У сервісі є набори даних з відкритим вихідним кодом, які були отримані в результаті співпраці з Індійською 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.

Сервіс LandViewer компанії EOS є сучасною платформою із загальним доступом до супутникових даних та їх аналітичної обробки. Він забезпечує доступ до знімків супутників CBERS-4, Sentinel-1 і Sentinel-2, MODIS, Landsat-7, Landsat-8, Landsat-4 і Landsat-5, а також SPOT-5-7, Pleiades-1, Kompsat-2, 3, 3A та SuperView-1. Максимальне просторове розрізнення становить 40 см на піксель.

Сервіс Sentinel Hub забезпечує доступ до супутникових знімків через платформи EO Browser і Sentinel Playground. У EO Browser можна отримати знімки з середнім і низьким просторовим розрізненням, до яких відносяться необмежені колекції від всіх місій Sentinel, Landsat, Envisat, Meris, MODIS, GIBS і Proba-V.

Copernicus Open Access Hub надає безкоштовний доступ до повного набору супутникових даних Sentinel, включаючи радарні знімки Sentinel-1, оптичні мультиспектральні знімки Sentinel-2, а також дані про земну поверхню від Sentinel-3 для спільного аналізу навколишнього середовища з даними про атмосферу та якість повітря в Sentinel-5P.

Сервіс ASF Data Search дозволяє завантажувати супутникові знімки Sentinel-1, ALOS PALSAR, ALOS AVNIR-2, SIR-C, S1 InSAR, SMAP, UAVSAR, RADARSAT-1, ERS, JERS-1, AIRSAR, SEASAT.

Окрім супутникових даних, для оцінювання пожежної небезпеки важливе значення мають наземні метеорологічні спостереження (для завірки та верифікації), зокрема температура повітря, швидкість вітру, відносна вологість та кількість опадів, отримані з географічною прив'язкою. Далі розглянемо декілька сервісів, що повністю або частково можуть надати архів таких даних.

Сервіс Meteorpost забезпечує доступ до архіву метеорологічних даних з 2010 року з інтервалом 30 хвилин, які щоденно оновлюються. Український сервіс RP5 надає аналогічні дані з 2005 року з інтервалом 3 години, включаючи температуру повітря, відносну вологість, швидкість вітру та кількість опадів, а також можливість вибрати діапазон дат та формат для завантаження даних. Платформа NASA POWER (NASA's Prediction Of Worldwide Energy Resources) містить дані, отримані зі супутникової метеорології та аналізу сонячної енергії. CCDS (Copernicus Climate Data Store) забезпечує легкий доступ до широкого спектра кліматичних даних через пошуковий каталог. ДСНС України надає інформацію про пожежі у природних екосистемах у вигляді текстових описів, що містять інформацію про дату, населений пункт (без вказування координат), площу та причини пожежі [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 подальша обробка із застосуванням глибинного вивчення, 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. Дана ознака вимірюється яскравістю в різних діапазонах довжин хвиль. Температуру земної поверхні визначають за допомогою вимірювання інфрачервоного випромінювання, проте зазвичай для цього 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. Проте наземні станції прив'язані до певної 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.

Супутник ADM-Aeolus надає необхідний 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.

Атмосферна температура та вологість. Дані цих показників можна визначити за допомогою GRAS (Global Navigation Satellite System Receiver for Atmospheric Sounding) – нового європейського приймача глобальної навігаційної супутникової системи (Global Navigation Satellite System, GNSS) з механізмом роботи ехолота атмосфери. Щоденно GRAS надає 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 з іншими міжнародними космічними агентствами, яка проводить спостереження за опадами на Землі кожні 2–3 години. Мікрохвильову енергію, що випромінюється Землею і атмосферою, реєструє датчик GMI (GPM Microwave Imager) в 13 різних частотних / поляризаційних каналах. На основі цих даних складаються кількісні карти опадів у смузі шириною 885 км.

Вологість ґрунту, оцінену за супутниковими даними, можна використати для обчислення дефіциту вологи у ґрунті. Проаналізуємо предиктор пожежної небезпеки – дефіцит вологи у ґрунті, виражений через вологість верхнього шару ґрунту глибиною переважно ~5 см, отриманий 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 й індекс пожежної небезпеки, що розробляється, теж буде пов'язаний з типом ґрунту.

Класифікація ґрунтів. 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`, який має інформацію про ґрунтовий покрив України, проте перетворення мозаїки у векторний `shape`-файл не допускається. Мануальне оцифрування мозаїки з формуванням векторного шару всіх типів ґрунтів навіть для території адміністративної області пов'язане зі значними труднощами. Тобто 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. Щоденний продукт SSM з просторовим розрізненням 1 км (Version 1), отриманий від сенсора Sentinel-1 C-SAR, охоплює континентальну Європу. 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

Раціональним рішенням для створення надійних моделей визначення пожежної небезпеки природних екосистем та моніторингу пожеж на основі супутникових даних є перевірка та верифікація отриманих результатів за наземними даними про пожежі на основі відкритих, офіційних джерел інформації, зокрема від обласних управлінь ДСНС, адже вони є вірогідним і повним джерелом такої інформації.

Аналітична робота з інформацією щодо викликів підрозділів ДСНС на пожежі в природних екосистемах дозволила отримати наступну інформацію: населений пункт, дата, тип рослинного горючого матеріалу, площа вигорілої ділянки, примітки для зазначення можливої додаткової інформації. В результаті було сформовано структуру бази пожеж у вигляді геоінформаційного шару формату shape-file, який є стандартним форматом векторних геоданих. Він розробляється і підтримується компанією ESRI з метою інтероперабельності між продуктами ESRI та іншими програмами.

Ефективність супутникового моніторингу забезпечується комплексним використанням даних, отриманих із супутників, які характеризуються різними технічними параметрами та спектральними каналами і здійснюють спостереження із застосуванням як оптичних, так і радарних методів дистанційного зондування земної поверхні. Поєднання високого просторового розрізнення оптичних супутникових систем із можливістю радарних супутників виконувати зондування незалежно від наявності хмарного покриву дозволяє формувати безперервний та цілісний інформаційний масив геопросторових даних. Такий масив може ефективно застосовуватися для оцінювання стану природних територій, а також для своєчасного виявлення ділянок із підвищеною пожежною небезпекою в межах різних природних екосистем. У межах даного

дослідження використовуються супутникові дані, отримані з оптичних платформ Sentinel-2, яка забезпечує просторове розрізнення 10 м, Sentinel-3 із просторовим розрізненням 300 м, а також Landsat-8, для якого просторове розрізнення становить 30 м. Водночас їх комплексне застосування потребує виконання попередніх процедур оброблення, що включають створення композитних зображень, гармонізацію різнорідних наборів даних, а також перевірку достовірності отриманих результатів, яка здійснюється на етапі постобробки.

Сезонна мінливість природних процесів, а також періодична відсутність або недостатність супутникових спостережень обумовлюють необхідність використання фахівцями з геоінформаційних систем додаткових математичних методів оброблення інформації. Застосування таких методів дозволяє отримувати узгоджені набори даних, придатні для моніторингу природних об'єктів відповідно до поставлених завдань геопросторового аналізу, а також забезпечує можливість прогнозування подальшого розвитку та змін досліджуваних територій із високим рівнем точності. З метою підвищення точності ідентифікації посівних площ у роботі використано підхід аналізу часових рядів нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI.

Використання супутникових даних, отриманих на різних фенологічних стадіях розвитку рослинності, дає змогу суттєво розширити інформаційну складову дослідження та підвищити інформативність аналізу. Для опису сезонної динаміки рослинного покриву, а також для оцінювання змін у структурі землекористування та типах земного покриву було застосовано гармонічний підхід, що базується на використанні гармонік або рядів Фур'є. Зокрема, було виконано гармонічний аналіз щільних часових рядів NDVI, сформованих на основі гармонізованого супутникового набору даних, який включає інформацію із супутників Landsat-7, Landsat-8 та Sentinel-2. Формалізоване математичне представлення гармонічного аналізу наведено у представленій роботі. Крім того, було враховано гармонізований супутниковий продукт NASA HLS (Harmonized

Landsat/Sentinel-2), який призначений для отримання узгоджених зображень земної поверхні на основі даних, отриманих за допомогою сенсора OLI супутника Landsat-8 та сенсора MSI супутника Sentinel-2. Продукти HLS формуються із застосуванням спеціалізованих алгоритмічних процедур, що забезпечують створення узгоджених композитів із використанням даних обох сенсорів. При цьому враховуються такі етапи оброблення, як виконання атмосферної корекції, автоматизоване маскування хмарності, приведення даних до єдиної просторової сітки, нормалізація функції розподілу, а також регулювання характеристик спектральних смуг 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 виходить з-під контролю, здатний спричиняти масштабні руйнування та становити смертельну небезпеку для живих організмів і навколишнього середовища. Однією з найбільш небезпечних форм прояву вогняної стихії є пожежі.

Пожежею називається процес неконтрольованого горіння, що виникає поза межами спеціального вогнища та має властивість поширюватися у просторі й часі.

Залежно від обсягів завданих матеріальних збитків пожежі класифікують на особливо великі, коли сума втрат становить 10 000 і більше мінімальних заробітних плат, великі — у межах від 1000 до 10 000 мінімальних заробітних плат, а також інші пожежі з меншими масштабами збитків. Однак негативні наслідки пожеж не обмежуються лише матеріальними втратами, які пов'язані зі знищенням або пошкодженням виробничих і невиробничих фондів, товарно-матеріальних ресурсів, приватного майна громадян, а також із витратами на ліквідацію пожежі, усунення її наслідків і виплату компенсацій постраждалим. Найбільш серйозними є соціальні наслідки пожеж, які насамперед проявляються у загибелі та травмуванні людей, погіршенні їх фізичного і психоемоційного стану, зростанні рівня захворюваності населення, посиленні соціальної напруженості через втрату житла, робочих місць, джерел доходу тощо.

Крім того, значну небезпеку становлять екологічні наслідки пожеж, до яких належать забруднення довкілля продуктами згорання, речовинами, що застосовуються для пожежогасіння, і залишками зруйнованих матеріалів, порушення стану озонового шару, зменшення вмісту кисню в атмосфері, теплове забруднення та посилення парникового ефекту.

У зв'язку з цим цілком обґрунтованою є зацікавленість суспільства у зниженні ймовірності виникнення пожеж та мінімізації їх негативних наслідків. Досягнення цього завдання є важливим і складним соціально-економічним процесом, який реалізується за допомогою систем пожежної безпеки.

Пожежна безпека об'єкта – це такий його стан, за якого з установленою нормативною ймовірністю виключається виникнення і розвиток пожежі, вплив її небезпечних факторів на людей, а також забезпечується збереження матеріальних цінностей.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є запобігання виникненню пожеж і зменшення тяжкості їх наслідків. Для цього об'єкти повинні бути оснащені відповідними системами пожежної безпеки, які спрямовані на попередження пожеж і захист людей та матеріальних ресурсів від небезпечних факторів, включаючи їх вторинні прояви. До основних небезпечних факторів пожежі, відповідно до ГОСТ 12.1.004-91, належать відкритий вогонь і іскри, підвищена температура навколишнього середовища, токсичні продукти горіння і термічного розкладання речовин, задимлення, а також зниження концентрації кисню.

До вторинних проявів небезпечних факторів пожежі відносять уламки та частини зруйнованих конструкцій, апаратів і установок, небезпечні токсичні і радіоактивні речовини, що можуть вивільнитися внаслідок руйнування відповідного обладнання, електричний струм, який виникає через пошкодження ізоляції під впливом високих температур, небезпечні фактори вибухів, пов'язаних із пожежами, а також вогнегасні речовини.

Система пожежної безпеки являє собою комплекс взаємопов'язаних організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на попередження виникнення пожеж і мінімізацію збитків від них.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом функціонування систем запобігання пожежам, систем протипожежного захисту та організаційно-технічних заходів.

Зазначені системи мають забезпечувати такий рівень безпеки, при якому ймовірність запобігання впливу небезпечних факторів пожежі на людину становить не менше 0,999999, а допустима ймовірність небезпечного впливу не перевищує 10^{-6} на одну людину протягом року.

Об'єкти, на яких пожежі можуть спричинити масове ураження або загибель людей, а також значні матеріальні втрати, повинні бути обладнані системами пожежної безпеки, що забезпечують максимально низьку ймовірність виникнення пожеж. Конкретні значення допустимих ризиків визначаються спеціалістами на етапі проєктування.

Головною метою забезпечення пожежної безпеки є попередження виникнення пожежі відповідно до встановлених нормативів, а у разі її виникнення — своєчасне виявлення, локалізація, гасіння, обмеження поширення і захист людей та матеріальних ресурсів.

Вихідними даними для розроблення комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки є чинна законодавча та нормативно-правова база, характеристики пожежо- і вибухонебезпечних матеріалів, їх кількість і особливості технологічних процесів виробництва.

На основі цих даних визначаються категорії приміщень і будівель за рівнем пожежної та вибухової безпеки, а також класи небезпечних зон, відповідно до яких в подальшому, відповідно до вимог чинних нормативів, розробляються необхідні технічні та організаційні заходи.

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 є невід'ємною складовою державної політики щодо охорони життя людей, національних ресурсів і довкілля. В Україні правову основу цієї діяльності становлять 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].

Пожежі є небезпечними природними явищами, які щорічно знищують ліси, сільськогосподарські угіддя, завдають шкоди підприємствам і населеним пунктам та призводять до загибелі людей. Виникнувши раптово, пожежа може швидко поширитися на великі території, а боротьба з нею потребує значних

ресурсів. Завдяки використанню космічних методів задля моніторингу пожежного стану можливо виявити пожежу на ранніх стадіях, що дозволяє оперативно приймати рішення, оцінювати масштаби і наслідки пожеж. Такий моніторинг пожежного стану є економічно вигідним, оскільки дозволяє швидко отримувати об'єктивну і незалежну інформацію, необхідну для моментальних дій. Інформація, яка міститься в космічних знімках, надає змогу виявляти пожежі одразу на декількох територіях і проводити їх первинну класифікацію за площею згорання.

Визначати поширення диму і оцінювати переміщення продуктів горіння дозволяють комбінації багатоспектральних каналів супутникових зображень. Основними джерелами інформації про пожежі є активні осередки горіння і площі пошкоджених територій – вони характеризуються специфічними підходами. Однак методи виявлення активного горіння не можуть бути використані для оцінювання просторового охоплення пошкоджених вогнем територій, адже мають обмеження, пов'язані з хмарністю або відсутністю супутника в момент пожежі, тому важливе значення має визначення саме вигорілих площ.

Несвоєчасне виявлення лісових та сільськогосподарських пожеж призводить до серйозних порушень природних екосистем. Усунення цього негативного чинника можливе за умови своєчасного виявлення місця виникнення пожежі та оперативного проведення заходів з її ліквідації ще на початкових стадіях розвитку. Реалізації цих завдань сприяє організація моніторингу територій, що характеризуються підвищеною потенційною небезпекою виникнення лісових пожеж. На сьогодні такий підхід вважається надзвичайно перспективним, оскільки результати щоденних супутникових спостережень земної поверхні активно використовуються для ефективного контролю природних пожеж і оцінки пожежної ситуації. Крім того, сучасні геоінформаційні системи та технології забезпечують можливість інтеграції космічних даних із великою кількістю додаткової супутньої інформації різного характеру. Додатковим аргументом на користь актуальності даного дослідження

є зростання значущості лісових і сільськогосподарських територій як ключових компонентів природних екосистем, а також постійний розвиток методів і засобів дистанційного зондування Землі. Водночас загострення глобальних і регіональних екологічних проблем обумовило необхідність створення спеціалізованого інформаційного забезпечення, яке дозволило б досліджувати вплив пожеж на природне середовище із застосуванням аерокосмічних знімків. Запропонований підхід може бути використаний для попереднього визначення площ пошкоджених лісових масивів, а також для їх подальшого аналізу з метою прогнозування і планування заходів щодо запобігання пожежонебезпечним ситуаціям у майбутньому. Окрім цього, розроблений програмний продукт може становити інтерес для фахівців у сфері журналістських розслідувань, оскільки отримані результати щодо площ вигорілих територій можна порівнювати з офіційними статистичними даними, що надаються державними органами. Виявлення розбіжностей між фактичними та офіційними показниками площ вигорілих лісових кварталів може свідчити про можливі випадки незаконної вирубки лісу, коли території навмисно списуються як знищені внаслідок пожеж.

Проте, на жаль, окрім "традиційних" причин зростання кількості пожеж, таких як займання сухої рослинності, навмисні підпали або тривалі періоди високих температур, у сучасних умовах різке збільшення кількості пожеж значною мірою пов'язане із загостренням активної фази бойових дій.

Так, лише протягом липня Україна зазнала значних втрат зернових культур внаслідок пожеж, які становили близько 317 000 тонн. Такі втрати мають катастрофічний характер. Найбільших збитків зазнали Донецька, Миколаївська та Херсонська області. Фермери та представники місцевої влади у прифронтових регіонах безпосередньо спостерігають наслідки втрати врожаю, коли сільськогосподарські поля знищуються внаслідок ракетних обстрілів, артилерійських ударів, вибухів мін або пошкодження ґрунтового покриву військовою технікою.

Водночас збирання узагальнених даних щодо втрат по всій території України є досить складним завданням, оскільки далеко не всі органи місцевої влади мають технічні можливості та доступ до інформації для повноцінної оцінки площ знищених сільськогосподарських угідь.

Протягом останніх років українські науковці активно застосовують супутникові знімки та методи машинного навчання для аналізу структури землекористування. Поєднання сучасних технологій дозволяє аналізувати космічні зображення та визначати типи сільськогосподарських культур, що вирощуються на конкретних територіях.

У липні 2022 року практично по всій території прифронтової зони півдня України вогнем були охоплені насамперед посіви зернових культур. Загалом протягом одного місяця було знищено близько 70 000 гектарів посівів пшениці та ячменю. Саме липень став першим місяцем, коли пожежі досягли настільки значних масштабів. На відміну від попередніх періодів війни, у цей час дозрілий урожай виявився надзвичайно вразливим і швидко займався внаслідок потрапляння уламків ракет або артилерійських обстрілів.

У попередні роки пожежі на сільськогосподарських полях також траплялися в літній період, однак вони були характерні для всієї території України і здебільшого виникали внаслідок підпалювання стерні самими фермерами після збирання врожаю. Проте у 2022 році пожежі були локалізовані переважно вздовж лінії фронту і навряд були пов'язані з підпалами стерні.

З урахуванням того, що середня врожайність пшениці у 2021 році становила 45,3 ц/га, а пожежі відбувалися саме у період збирання врожаю, загальні втрати аграрного сектору оцінюються приблизно у 317 000 т зерна.

Площа знищених посівів у 70 000 гектарів є співставною з територією Обухівського району Київської області. Водночас втрати у 317 000 т становлять близько 10% від загального обсягу врожаю пшениці та ячменю, зібраного у 2021 році в Запорізькій або Херсонській області. Це катастрофічні втрати, особливо з огляду на вплив вогню на екосистеми.

Найбільше постраждали Донецька область, де вигоріло 25 283 га зернових, Миколаївська область із втратою 14 556 га та Херсонська область, де було знищено 10 843 га посівів.

Окрім сільськогосподарських угідь, у липні також було знищено близько 16,7 тисяч га луків і пасовищ (найбільше постраждала Донецька область – 9258 га). Також було пошкоджено 1,1 тис. га лісових масивів (Луганська область – 287 га).

Варто зазначити, що настільки масштабні лісові пожежі на Луганщині востаннє спостерігалися у 2020 році. Внаслідок вирубування лісів та пожеж у частині Смарагдової долини, яка розташована на тимчасово непідконтрольній території, лісові екосистеми були майже повністю знищені, тоді як на підконтрольних територіях значну їх частину вдалось вберегти [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.

Різні супутникові системи використовуються для виконання різних завдань. Наприклад, супутники LANDSAT та Sentinel широко застосовуються для виявлення і моніторингу лісових пожеж і пожеж на сільськогосподарських територіях. У свою чергу супутникові системи NOAA та Terra відіграють важливу роль при аналізі атмосферних умов і дослідженні впливу погодних факторів на розвиток осередків пожеж.

Отримання об'єктивної та своєчасної інформації про наслідки пожеж є необхідним для вирішення широкого спектра практичних завдань у сфері лісового господарства, зокрема для планування заходів із захисту лісів, організації раціонального використання лісових ресурсів, відновлення пошкоджених територій і актуалізацію даних про стан лісових екосистем [18].

Інформація про ступінь пошкодження лісів також є важливою складовою оцінювання обсягів прямих і вторинних пірогенних емісій вуглекислого та інших газів парникового ефекту в атмосферу, що здійснюється відповідно до міжнародних зобов'язань у рамках Кіотського протоколу, а також використовується для наукових досліджень, пов'язаних із глобальними кліматичними та біосферними змінами. 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.

Численні наукові дослідження підтвердили ефективність використання супутникових даних для оцінювання наслідків пожеж. Було встановлено наявність взаємозв'язку між показниками ступеня пошкодження рослинності та коефіцієнтом відображення в середньому інфрачервоному каналі нормалізованого різницевого вегетаційного індексу NDVI та інших вегетаційних індексів, отриманих із супутникових зображень. Також доведено 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.

Сучасні автоматизовані системи 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 на кшталт сучасних технологій аерокосмічного моніторингу, дистанційного зондування Землі та комп'ютерної обробки ДДЗ, значно перевищують можливості традиційних паперових карт, як і за обсягом інформації, так і за можливостями її візуалізації. В найближчому майбутньому 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 дозволяє розробити принципово нові методи оцінки наслідків пожеж.

Попри використання сучасних систем протипожежного моніторингу та охорони, через відсутність можливості вчасного знешкодження, пожежі можуть дуже швидко перерости у проблему розміру екологічної катастрофи (рис. 3.2). Наприклад, при швидкості поширення вогню 3 м/хв площа пожежі вже через 2 години може збільшитися у десять разів, що підкреслює критичну важливість своєчасного виявлення і оперативного реагування [20].



Рисунок 3.2 — Наслідки несвоєчасного виявлення епіцентрів лісової пожежі

Для наочності представлення проведемо 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 заручниками пожежі, для особистої та суспільної безпеки, в програму проведення заходів завжди включені вимоги та суттєві обмеження, що стосуються безпечного повождення 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. Тому 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 технічним засобам 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 технології, 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 виконується дешифрувальником-оператором по знімку, що відображається на моніторі комп'ютера. За даних обставин аналіз та

обробка даних виконуються 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 яким будуються безперервні поверхні на основі наборів дискретних просторовокоординованих 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) зміст (властивості) комірки растра зіставляється зі змістом (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 і/ 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 картою маскою;
- 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. Під аналізом рельєфу у геоінформатиці зазвичай мають на увазі цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру або нерегулярної трикутної мережі. Ці дві форми подання ЦМР в наш час є взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу. Для мережного аналізу в різних ГІС-пакетах розроблено ряд спеціальних алгоритмів, завдяки яким 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 найбільше 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 та 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). В 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 0,390,8 мкм. Діапазон ІЧ випромінювання розділяють на:

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

У радіодіапазоні виділяють мікрохвильовий діапазон (1-10000 мм), який в свою чергу поділяється на 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, бо 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. 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 спектру 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: 1) отримання, накопичення і попередня обробка візуальної космічної інформації; 2) отримання і накопичення наземної інформації, яка містить різні параметри геосистем; 3) сумісна обробка космічної та наземної інформації із застосуванням ГІТехнологій 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 («підсвітку») 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 перешкодою, 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. У методичному відношенні для дешифрування характерне сполучення польових і камеральних робіт, об'єм і послідовність яких залежать від їх призначення і досліджуваної місцевості. Сьогодні ж ведуться розробки по автоматизації дешифрування. Для дешифрування використовуються прилади: збільшувальні — лупи і оптичні проектори, вимірювальні — паралактичні лінійки і мікрофотометри, стереоскопічні — польові переносні і кишенькові стереоскопи, стереоскопічні окуляри і камеральні настільні стереоскопи, частково з бінокулярними пристроями і вимірниками (наприклад стереометр СТД). Стаціонарним 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, містить об'єкти мережі 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 інженерногеологічних 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 мілічних 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 та ін.), при пошуку промислових

тварин (особливо 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 розгортати 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.

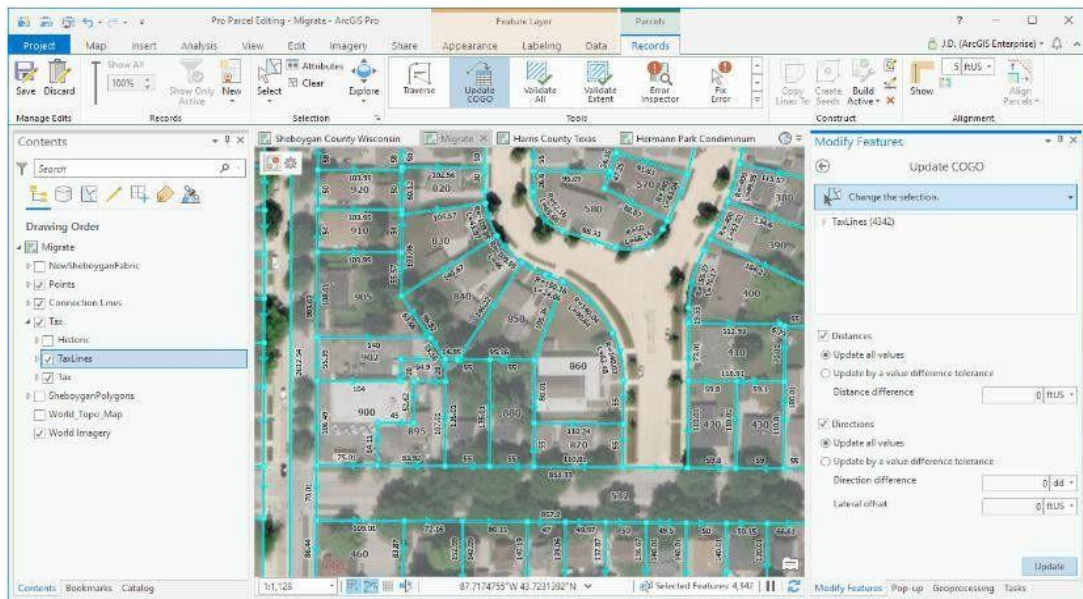


Рисунок 3.4 — Робоче вікно крайньої версії програми ArcGIS (ArcGIS Pro 2.5)

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

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'язок;
- отримувати доступ до величезних обсягів географічних даних, які зберігаються в файлах і базах даних.

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

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

Вбудовані моделі систем електропостачання та інших комунікацій допоможуть сформуванню необхідну документацію, підпорядкувати проєкт нормам галузевих стандартів, а також скласти всю інформацію по полицках.

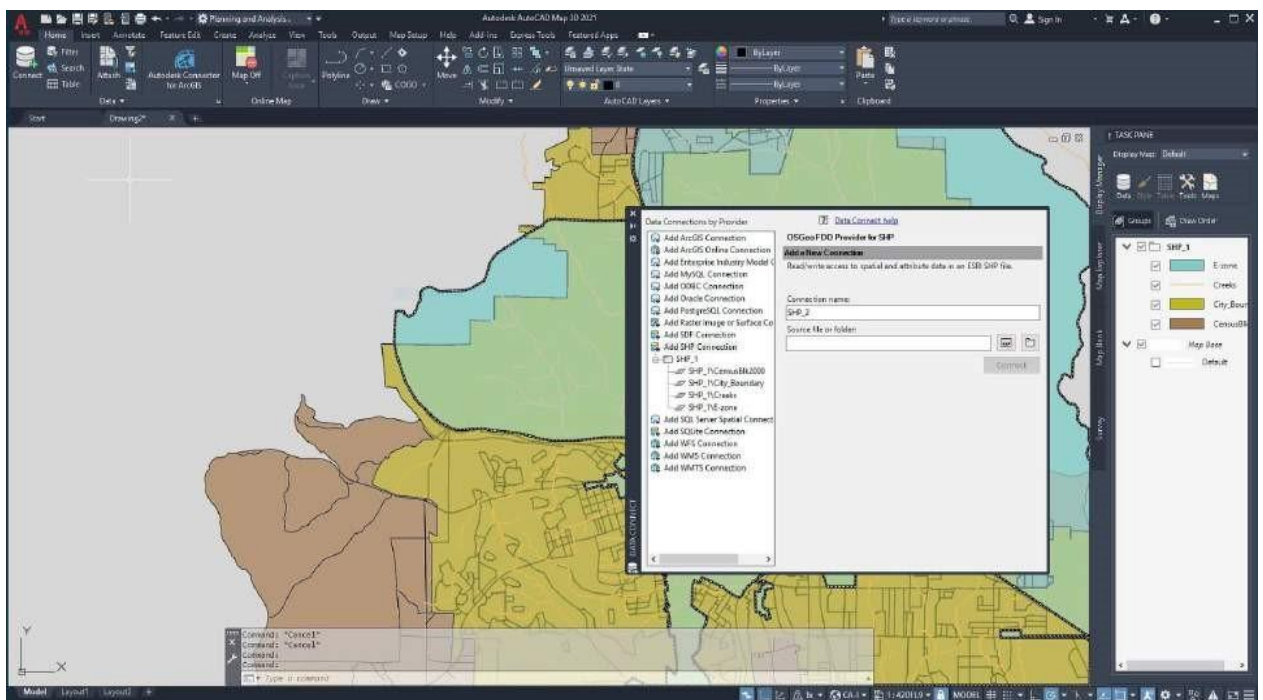


Рисунок 3.5 — Робоче вікно версії програми AutoCAD Map 3D (2023)

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;
- 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 підключатися до баз даних із серверною частиною, які вони вже використовують, наприклад, Oracle, SQL Server та сервер даних PostGIS без використання додаткового імпорту або конверсії.

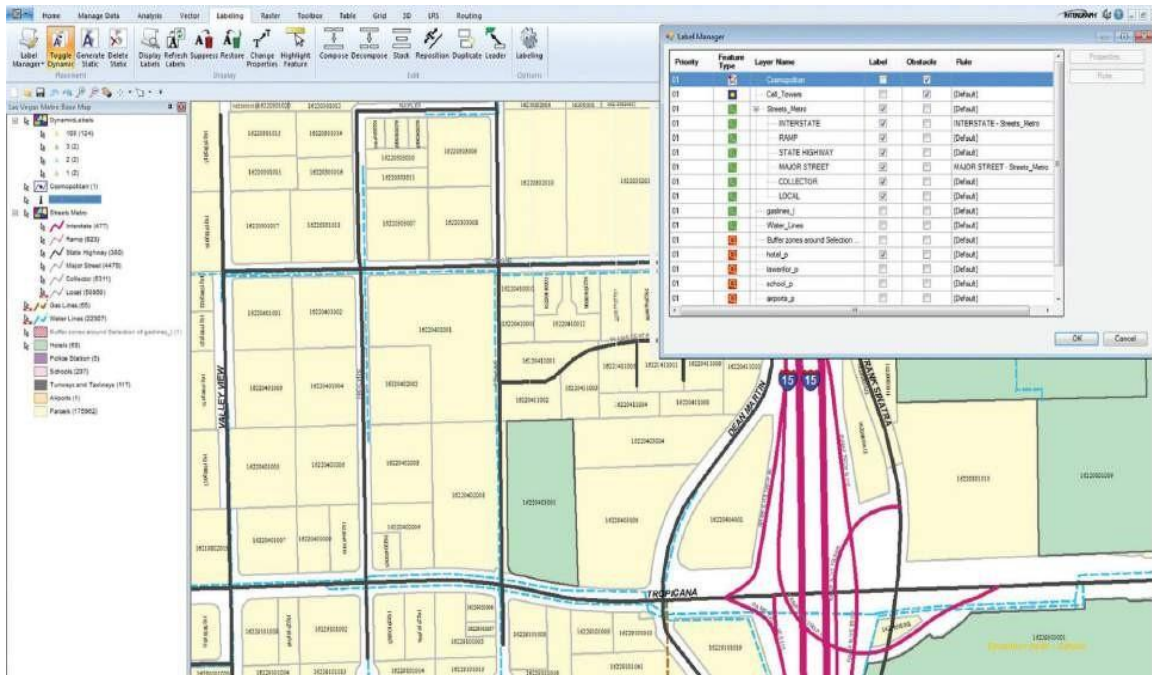


Рисунок 3.6 — Робоче вікно програми GeoMedia

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 ГІСсистемі. 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.



Рисунок 3.7 — Робоче вікно програми Scribble Maps

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.

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.

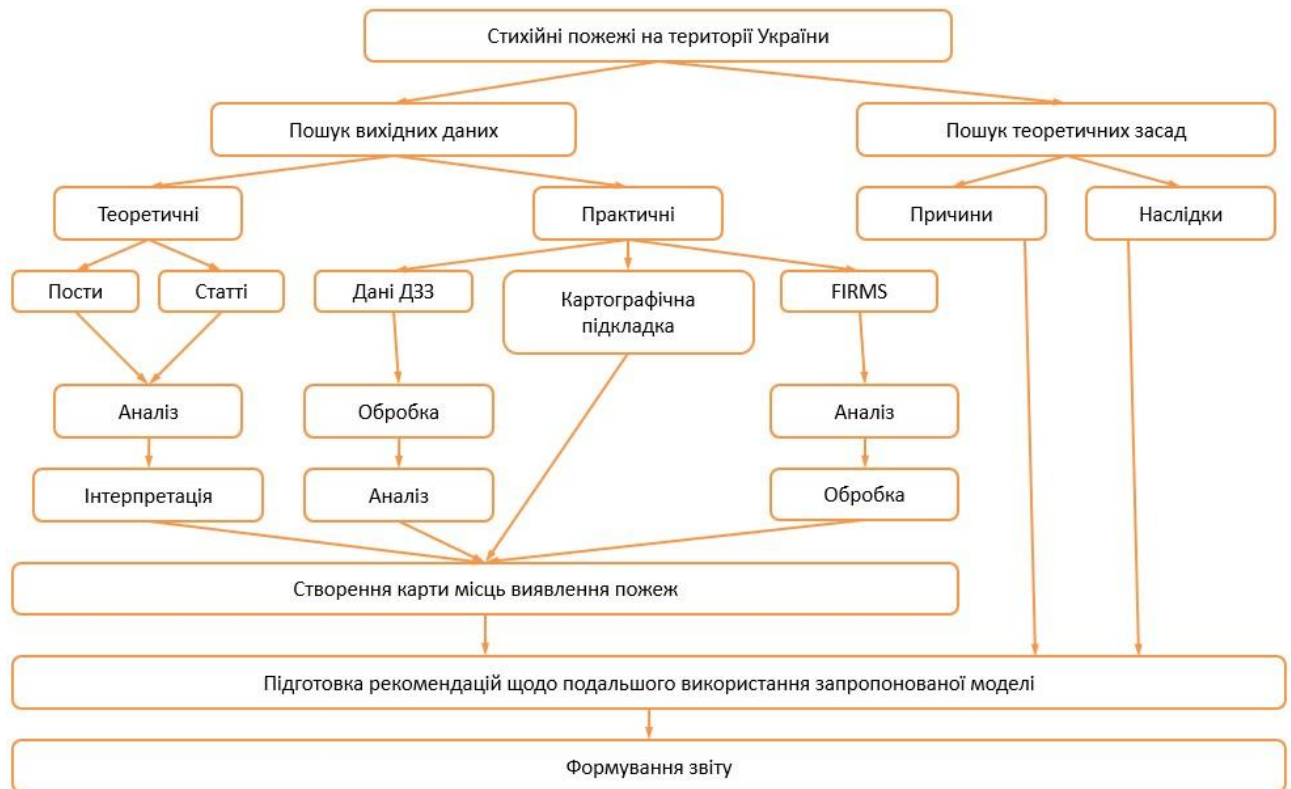


Рисунок 4.1 — Структурна схема роботи

Для здійснення моніторингу пожеж, а також проведення подальшого аналізу та побудови картографічних моделей на основі обробки даних ДЗЗ необхідно було визначитись з тестовою територією. У якості території дослідження було обрано Запорізьку область України. Тестовий період спостереження за пожежами – 2023 рік. В 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.

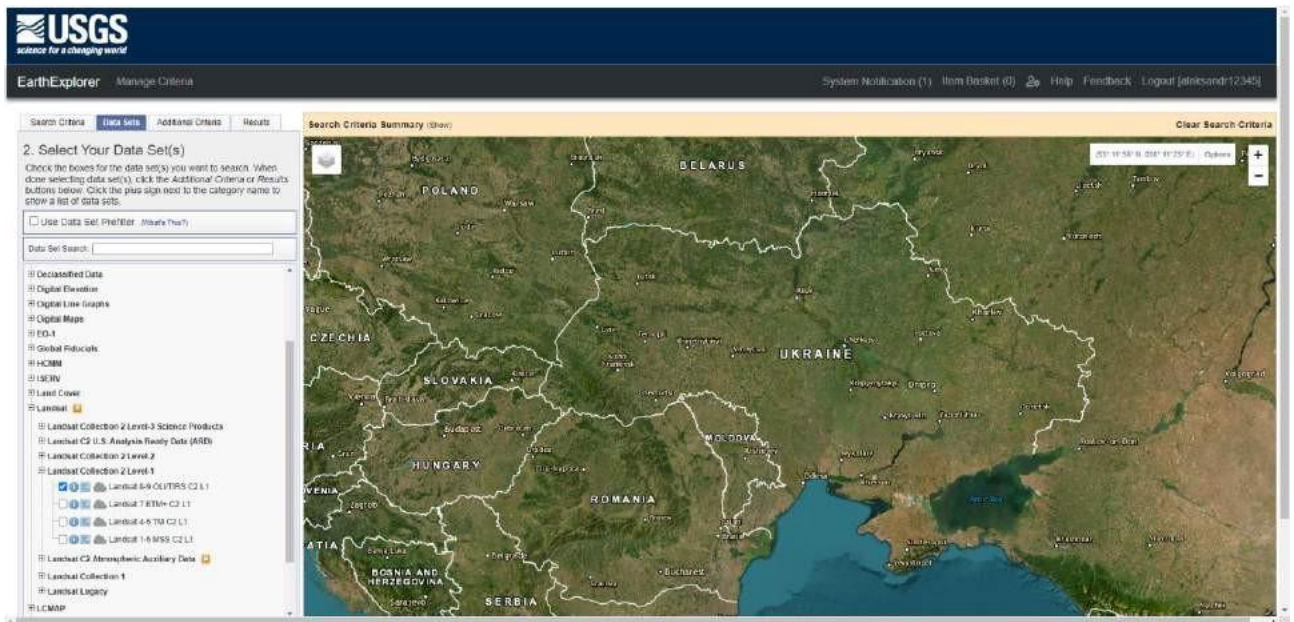


Рисунок 4.2 — Робоче вікно сервісу Earthexplorer

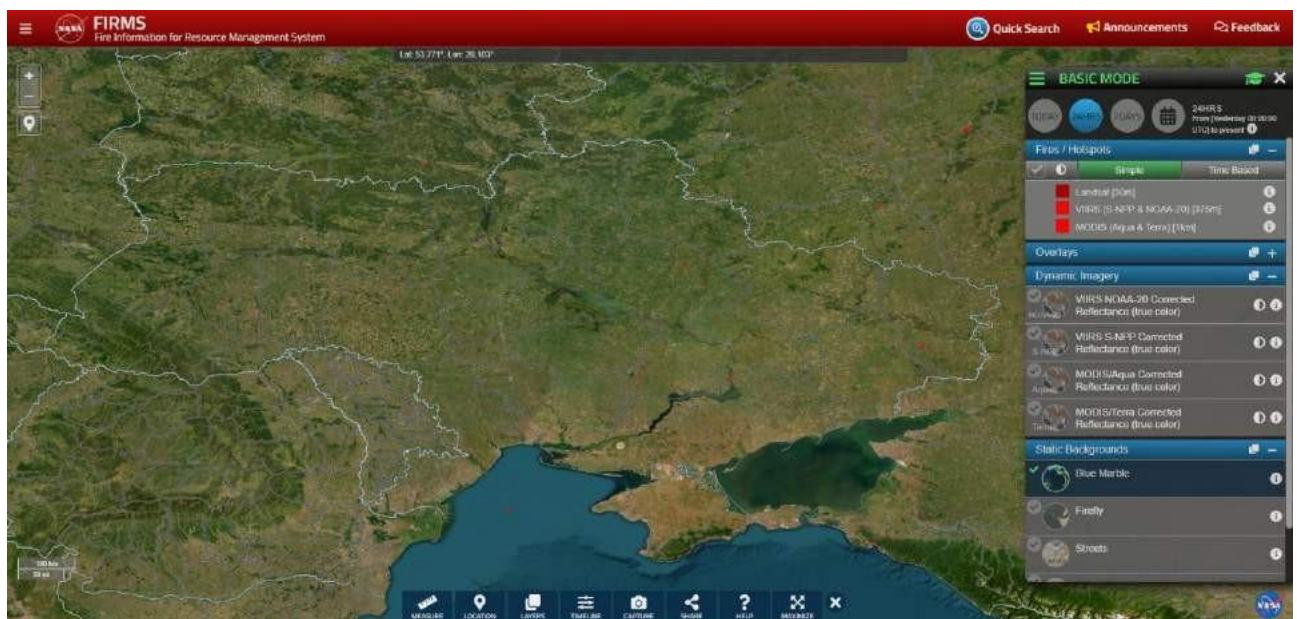


Рисунок 4.3 — Робоче вікно сервісу FIRMS

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 у якості джерела таких даних було вирішено скористатись вбудованими можливостями програмного продукту ArcGIS, а саме даними його базової карти, наданою відкритим сервісом OpenStreetMap (рис. 4.4).

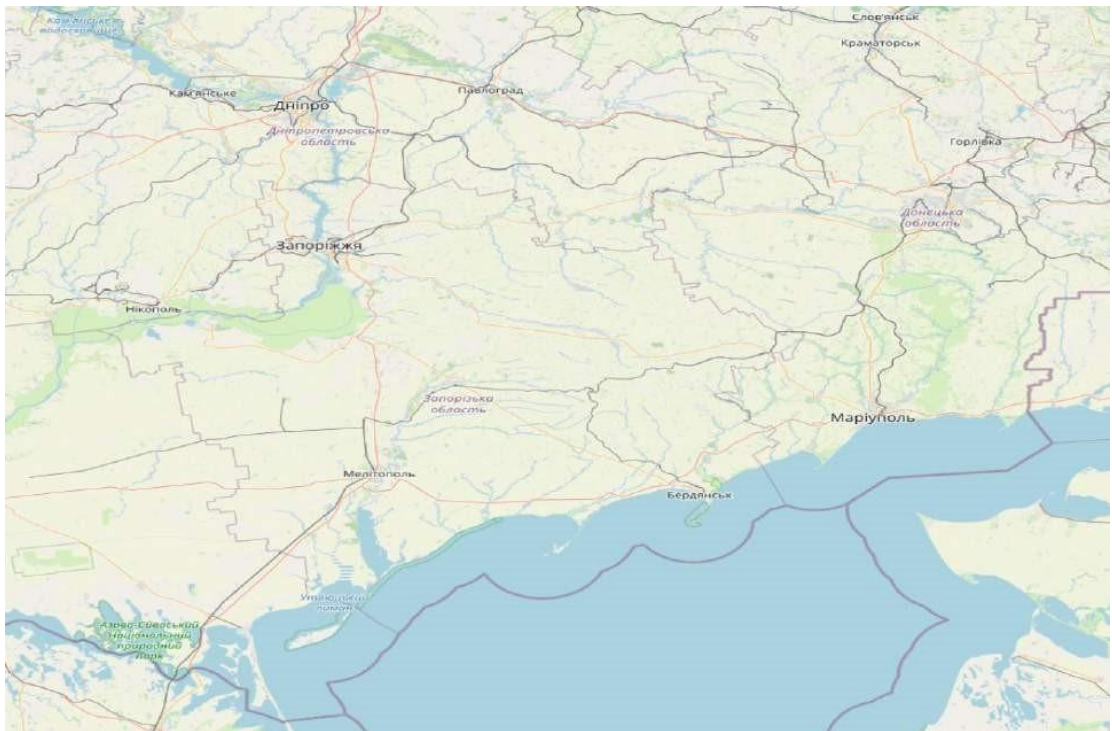


Рисунок 4.4 — Дані сервісу OpenStreetMap щодо території Запорізької області України у вікні програми ArcGIS

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).

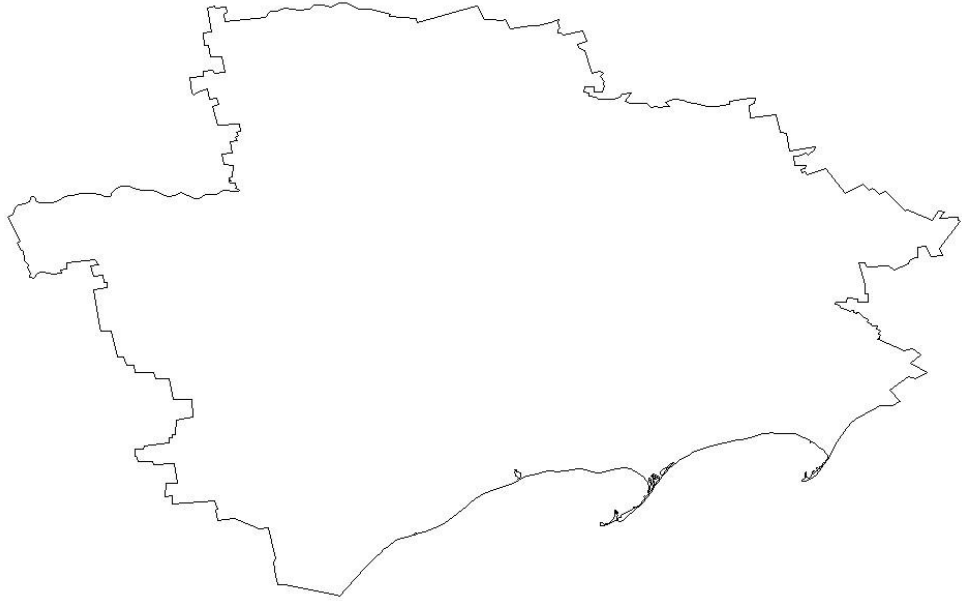


Рисунок 4.5 — Створений шар меж Запорізької області України



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).

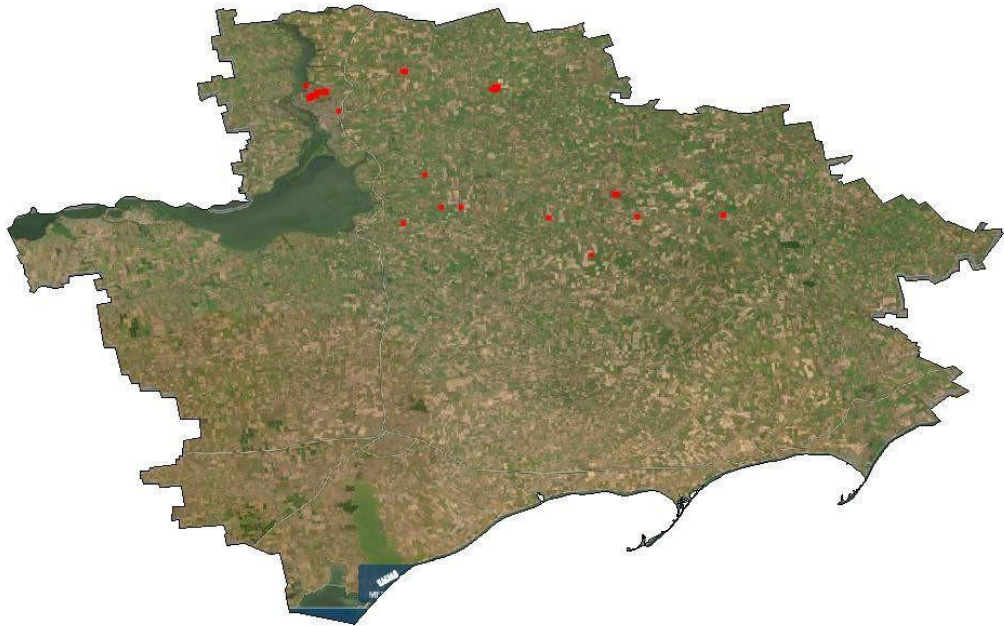


Рисунок 4.7 — Місця локалізації виявлених пожеж на території Запорізької області України у травні 2023 року

Наступним етапом роботи було проведення векторизації місць локалізації пожеж на території Запорізької області України протягом 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 якій 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).

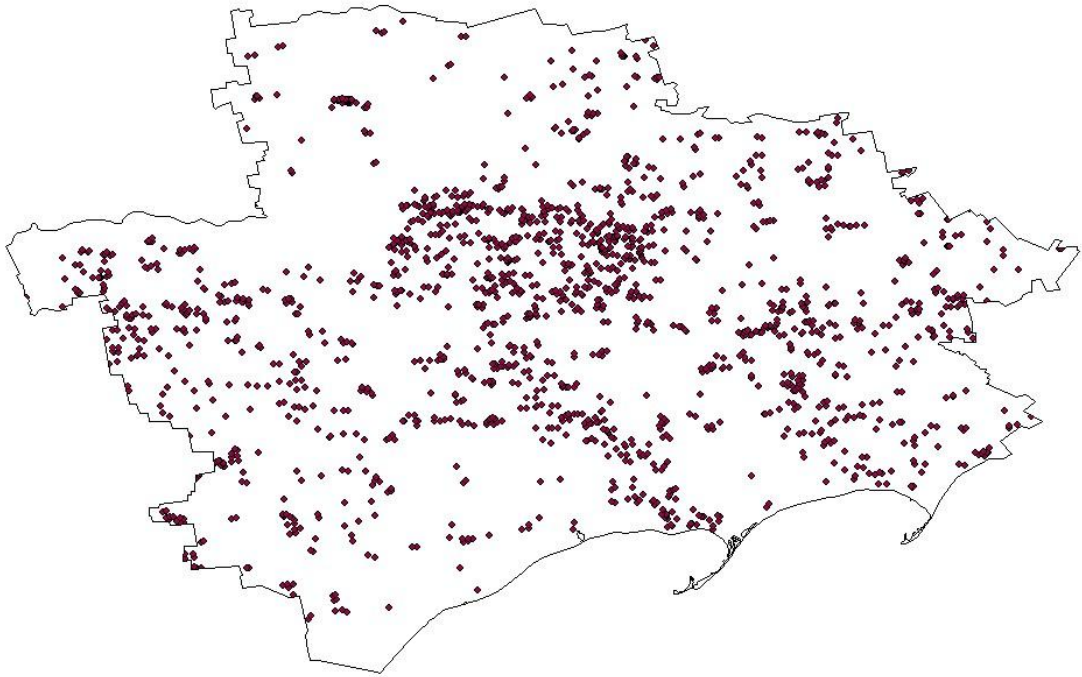


Рисунок 4.8 — Місця локалізації виявлених пожеж

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

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).

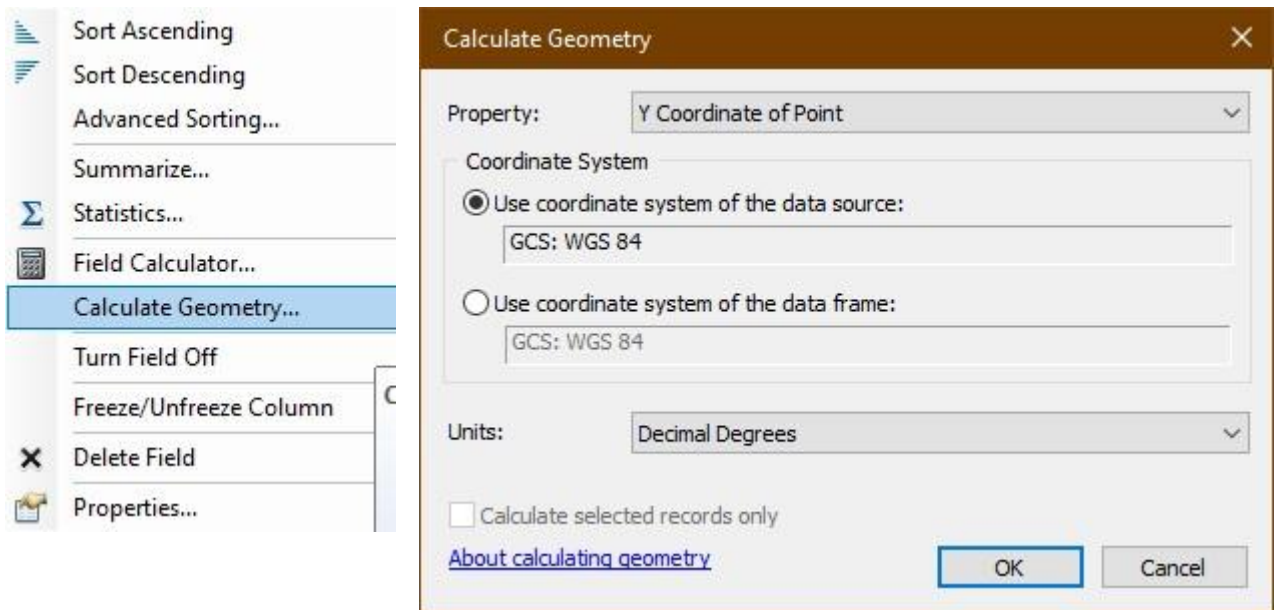


Рисунок 4.10 — Інструмент Calculate Geometry

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).

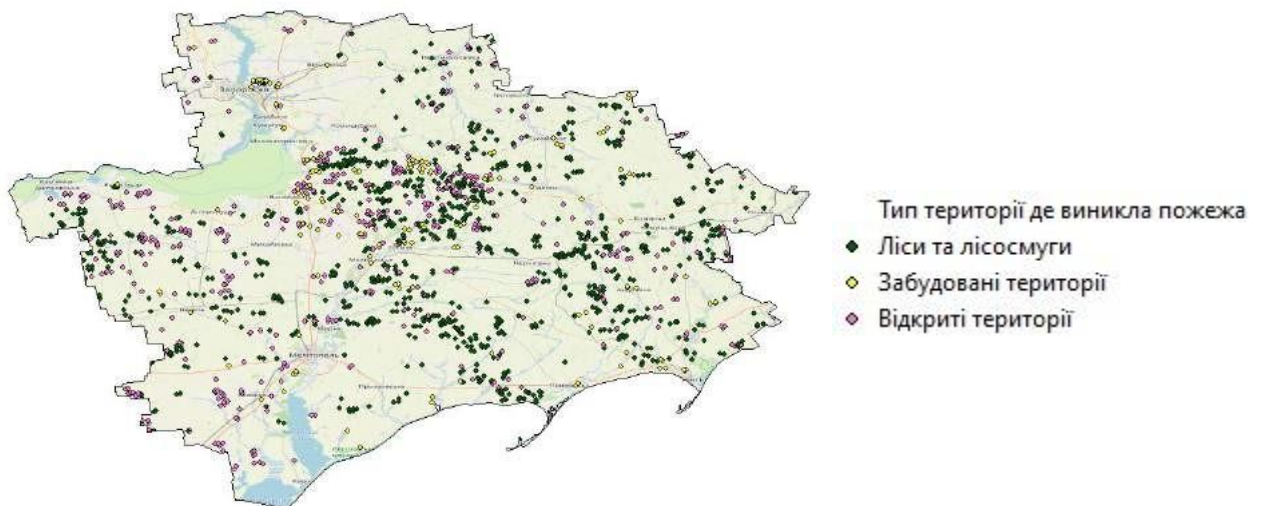


Рисунок 4.11 — Картографічна модель типів пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх локалізації на місцевості

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).

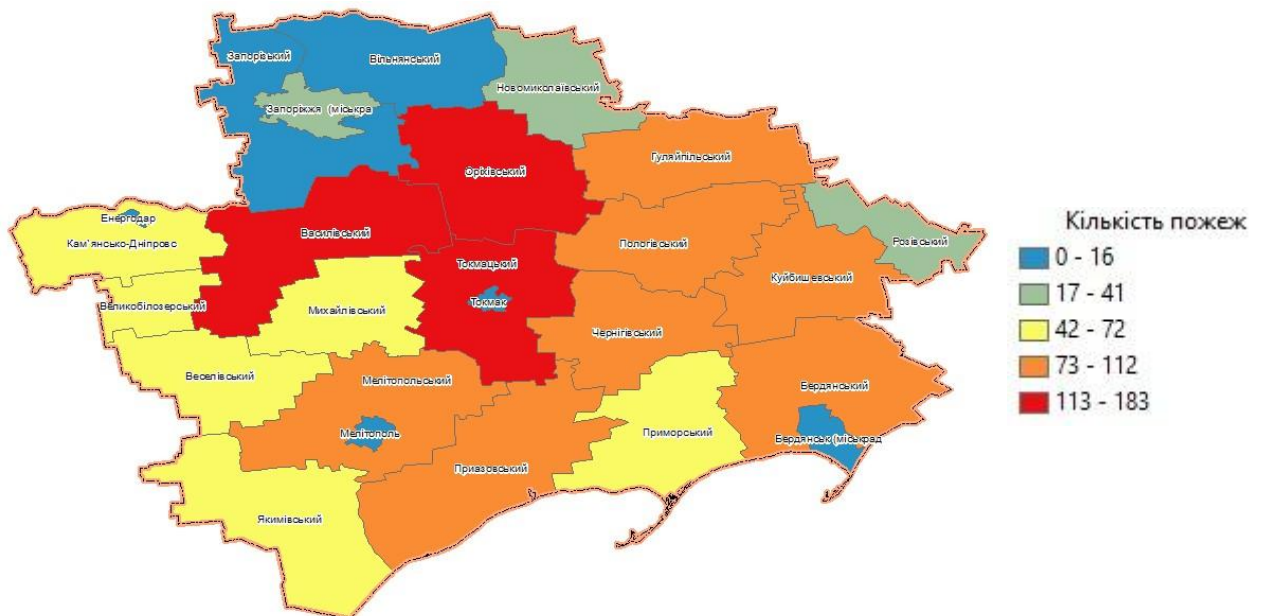


Рисунок 4.12 — Картографічна модель кількості пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області

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).

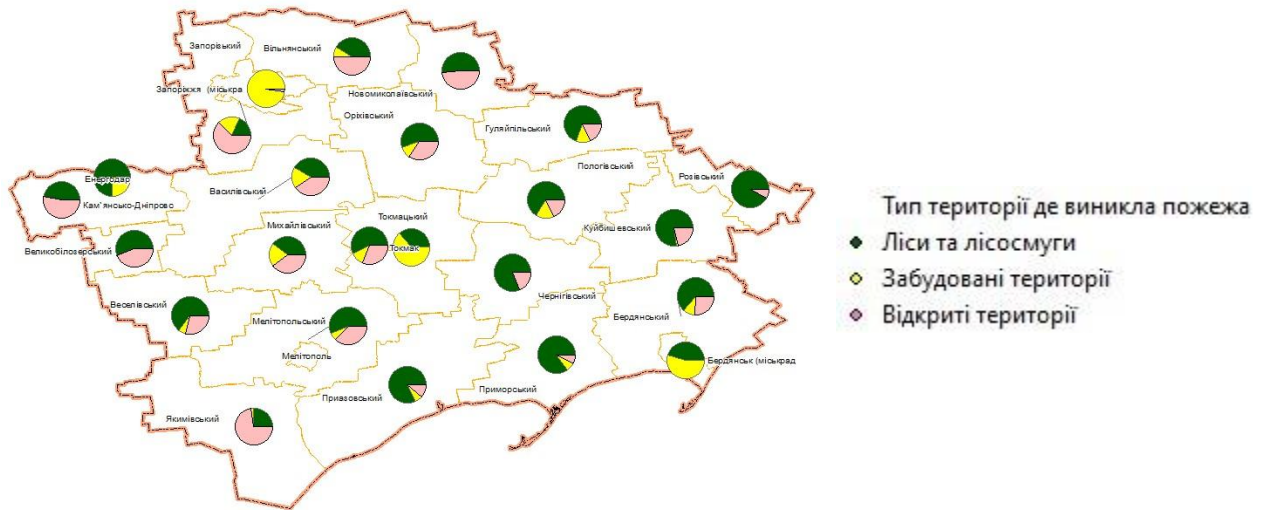


Рисунок 4.13 — Кількість пожеж на території Запорізької області України у 2023 році за принципом їх розташування на адміністративних одиницях області та типом їх локалізації

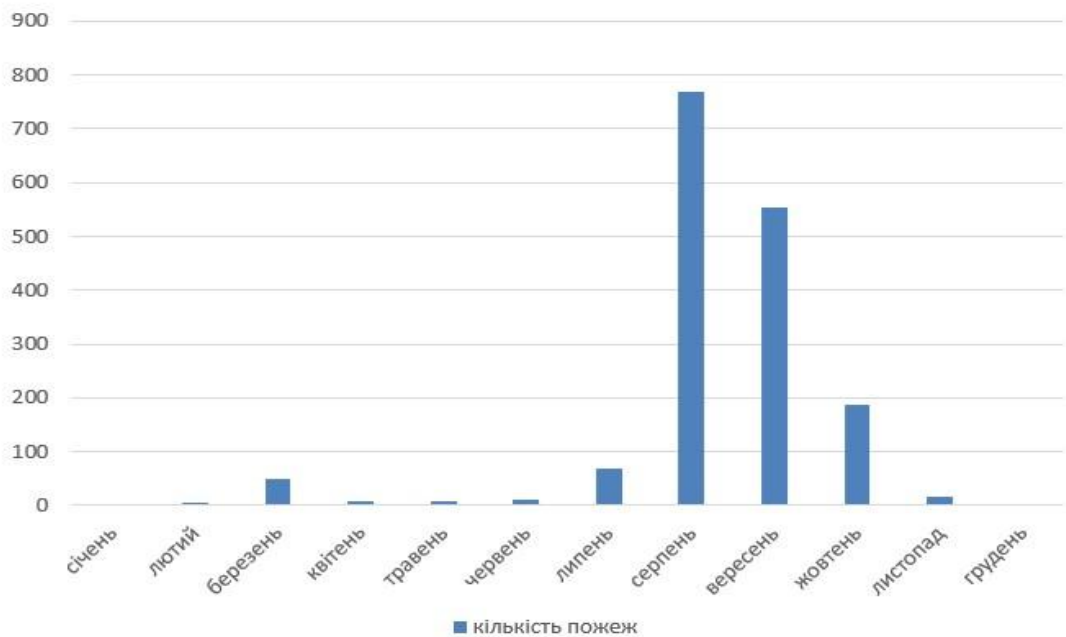


Рисунок 4.14 — Кількість зафіксованих пожеж на території Запорізької області України у 2023 році по місяцях

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

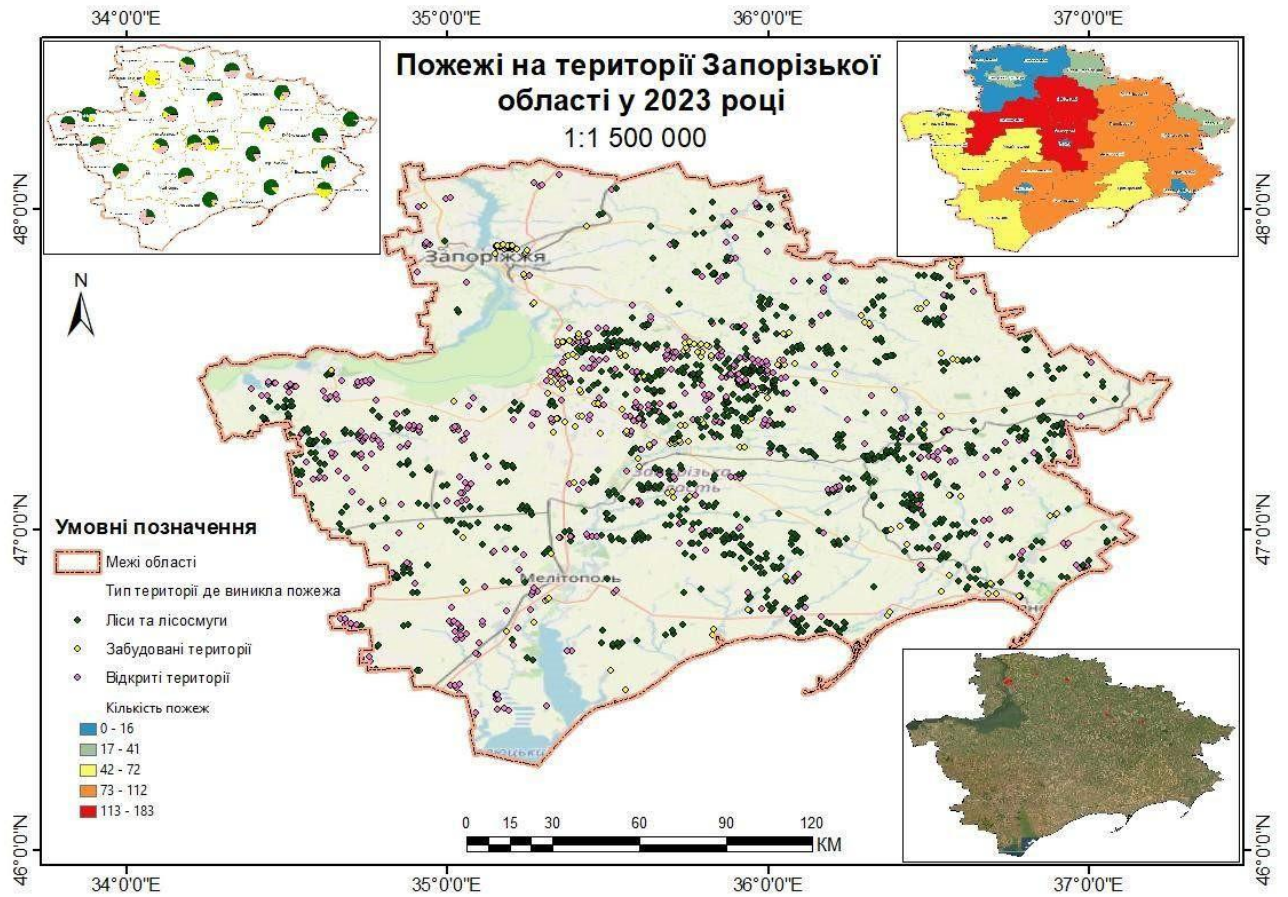


Рисунок 4.15 — Картографічна модель пожеж на території Запорізької області України у 2023 році

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ

Робота та дослідження, проведені для виконання поставлених задач в даній роботі, проходили за допомогою комп'ютера, мережі Інтернет і ГІС-технологій, робота з якими відбувається за електронно-обчислювальною машиною.

4.1 Вимоги безпеки до робочого місця працівника з екранними пристроями

1. Місце для роботи з комп'ютером, будучи правильно спроектованим та маючи певні розміри, має забезпечувати потреби працівника в просторі для зміни робочого положення та рухів.

2. Усе випромінювання від екранних пристроїв має зводитись до гранично допустимого показника задля безпеки здоров'я працівника.

3. Робоче місце має бути організоване так, щоб забезпечувати відповідність усіх складових робочого простору та їх розташування відповідно до ергономічних, антропологічних і психофізичних вимог, а також характеру виконуваних робіт.

4. За допомогою освітлення на місці роботи з екранними пристроями має створюватись відповідний контраст між екраном та оточуючим середовищем (враховуючи вид робіт), який відповідатиме вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98.

5. Мікроклімат приміщення, де проводитиметься робота з екранними пристроями, має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

6. Робоча поверхня повинна мати низький рівень альbedo та бути достатнього розміру для можливості гнучкого розміщення екрана, клавіатури, документів тощо.

7. Робоче крісло має бути стійким і дозволяти працівнику легко рухатись для зайняття зручного положення. Сидіння має регулюватись по висоті, а спинка – також по висоті та нахилу. За необхідності мати підніжку. [25]

4.2 Умови праці для працівника з екранними пристроями

1. Робоче місце знаходиться не у підвалі, або на цокольному поверсі.
2. Робоче місце має гарне освітлення, що становить 300-500 лк, утворене природнім та штучними (переважно люмінісцентні лампи типу ЛБ) джерелами світла, які рівномірно заповнюють простір.
3. Приміщення має звукоізоляцію для зменшення впливу шумового забруднення.
4. Робочий простір оснащений системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією.
5. Висота робочого столу регулюється в межах 680-800 мм; ширина – 600-1400 мм; глибина – 800-1000 мм).
6. Сидіння стільця пласке із заокругленим переднім краєм. Шаг регулювання елементів стільця становить: 15-20 мм для лінійних розмірів, 2-5 градусів для кутових.
Висота спинки стільця 300 ± 20 мм, ширина не менше 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400 мм. Кут нахилу регулюється в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю регулюється в межах 260-400 мм.
7. Екран розташований на оптимальній відстані від очей працівника: 600-700 мм. Нахил у вертикальній площині складає +30 градусів до нормальної лінії погляду працюючого.
8. Клавіатура має опорний пристрій, що має високий коефіцієнт тертя задля перешкоджання зсуву. Є можливість змінити кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. [26]

4.3 Раціональна поза при роботі з комп'ютером

Правильне положення тіла підчас роботи за комп'ютером є однією з важливих умов плідної роботи для отримання бажаного результату, адже воно відповідає за самопочуття працівника, відповідно його стан здоров'я та сконцентрованість на виконанні поставлених задач.

Раціональна робоча поза включає в себе:

- таке положення, при якому ступні розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг;
- стегна розташовані у горизонтальній площині;
- верхні частини рук розташовані вертикально;
- кут в лікті складає 70-90°;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°;
- нахил голови 15-20°.



Рисунок 4.1 Раціональна поза при роботі за комп'ютером.

Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Крісло бажано обладнати бильцями для розвантаження напруги в спині. [27]

Наочний приклад раціональної пози для роботи з комп'ютером представлений на рис. 4.1.

4.4 Поради для працівників з екранними пристроями

Рекомендується:

- відключати комп'ютер від електричної мережі після закінчення роботи з ним; [25]
- робити перерви для відпочинку, вживання їжі та особистих потреб;
- час від часу проводити зарядку для тіла та очей;
- вдягайте спеціальні окуляри для роботи з комп'ютером; [26]
- регулярно проводити очистку комп'ютера ззовні та зсередини;

- використовувати скляні поляризаційні фільтри, бо вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним;
- торкатись металевих поверхонь для зняття статичної електрики;
- мити руки перед роботою за комп'ютером та після зроблених перерв;
- не тримати їжу та напої на одній з комп'ютером робочій поверхні;
- не допускати потрапляння вологи в комп'ютерне приладдя.

Забороняється:

- класти щось на апаратуру комп'ютера;
- перешкоджати процесу охолодження, закриваючи вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до перегріву та виходу з ладу. [27]

4.5 Безпека та кібергігієна при роботі з комп'ютером

Мінімальні вимоги безпеки екранних пристроїв:

1. Зображення екрану чітке, стабільне, без миготінь або інших нестабільностей;
2. Устаткування та електричні кабелі мають правильне розміщення;
3. Використовується прихована електромережа;
4. Розетки з пожежобезпечних матеріалів;
5. Силові мережі живлення виконані кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження;
6. Включення та виключення живлення відбувається за допомогою штатних вимикачів. [27]

Основні правила кібергігієни:

1. Використовуйте ліцензійну ОС та систематично оновлюйте її;
2. Користуйтеся антивірусним ПЗ із технологією евристичного аналізу;
3. Використовуйте програмний міжмережевий екран (брандмауер) для захисту від шкідливого ПЗ;
4. Здійснюйте резервне копіювання даних, а резервні копії зберігайте на зовнішніх носіях;

5. Не підключайте флешки, зовнішні диски, або інші носії інформації у ваш комп'ютер, якщо не певні у їх вмісті. Це може призвести до зараження вашого комп'ютера «вірусами», втрати або злиття ваших даних;

6. Не зберігайте автентифікаційні дані в легкодоступних місцях, особливо поруч з пристроєм. Використовуйте стійкі паролі, зокрема такі, які:

- містять 8 і більше символів;
- містять не тільки літери, а й цифри та спеціальні символи;
- не містять особистої інформації (дати народження, номеру телефона тощо);
- не використовуються іншими акаунтами.

7. Особливу обережність проявіть до відкриття вкладень в повідомленнях електронної пошти від незнайомих осіб, адже найактуальнішим засобом з розсилання шкідливого ПЗ сьогодні є електронна пошта. Не переходьте за невідомим посиланням та не завантажуйте файли, що містять потенційно небезпечне розширення (.exe, .bin, .ini, .dll, .com, .sys, .bat, .js тощо);

Використовуйте сервіси для перевірки підозрілих файлів, адже вони проводять перевірку одразу багатьма антивірусами, що є надійнішим перевірки в автономному режимі. [28]

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської 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].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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_SQ_E2019_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. Mamyrbaev, 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-gazernovikh-shcho-tse-oznachae-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
25. Вимоги Міністерства соціальної політики України щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями.

26. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98.

27. Офіційний вебсайт Южноукраїнської громади:
<http://yu.mk.ua/news/show/19394>.

28. Офіційний вебсайт Computer Emergency Response Team of Ukraine:
<https://cert.gov.ua>.