

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА**

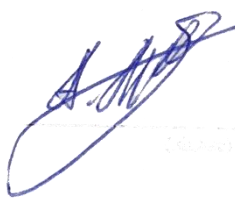
Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

Зав. кафедри _____ До захисту допустити
доцент Юлія ПРАСУЛ
« _____ » _____ 2023 р.

**КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ:
ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконав: студент 4-го курсу д.ф.н,
групи ГК- 41
спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія, геоінформатика
і кадастр
**Олександр Едуардович МЕРИЛЕНКО**
Науковий керівник:
професор, д. геогр. н. Віліна ПЕРЕСАДЬКО

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК Валентина РЕДІНА

Секретар ЕК Олена ПРИХОДЬКО
« _____ » _____ 2023
р.

Харків – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	7
1.1. Поняттєвий апарат в галузі пожежної безпеки	7
1.2. Класифікація пожежної безпеки. Рівні пожежної безпеки...	9
1.3. Причини й види пожеж	13
РОЗДІЛ 2. ІСТОРІЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	18
2.1. Світовий досвід картографування.....	18
2.2 Роль технологічного прогресу у розвитку цифрової картографії пожежної безпеки.....	27
2.3. Картографування пожежної безпеки в Україні.....	36
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ КАРТИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ УКРАЇНИ	40
3.1. Аналіз моделей для проектування пожежної карти.....	40
3.2. Розробка структурно-логічної схеми змісту карти.....	43
3.3. Обґрунтування математичної основи.....	45
3.4. Розробка легенди.....	46
3.5. Дизайнерські рішення в оформленні карти.....	48
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

ВСТУП

Глобальною проблемою пожежної безпеки у світі є зростання ризику виникнення та поширення лісових, степових, торф'яних, техногенних та інших пожеж, які можуть мати величезний вплив на екосистеми, здоров'я людей, інфраструктуру та економіку країн. Зокрема, до збільшення кількості та інтенсивності займань можуть призвести зміни клімату, високі температури, зміна вологості тощо.

Більшість пожеж зазвичай спричинені діяльністю людини, наприклад вирубкою лісів, підпалами, необережним поводженням з вогнем та інші фактори.

Пожежна безпека є серйозною глобальною проблемою, яка вимагає співпраці та координації між країнами та організаціями для зменшення ризику та впливу на середовище. Для цього можуть бути використані різні підходи, такі як створення систем раннього попередження про пожежі, розвиток протипожежних технологій та інфраструктури, просвітницька та інформаційна робота з громадськістю тощо.

Ситуація з пожежами на регіональному рівні в Україні може різнитися в залежності від регіону та періоду часу. Зазвичай, найбільша кількість пожеж відзначається влітку, коли підвищується температура та знижується рівень опадів, а також восени, коли температура знижується й починається отоплювальний сезон. Під час похолодання, люди використовують обігрівачі, що є приладами підвищеного ризику в приміщеннях. Вони висушують повітря й можуть стати причиною виникнення пожежі. Не менш важливо, враховувати наявність безхатків, які розпалюють на вулиці вогнища, щоб зігрітись. Таке, часто, неконтрольоване горіння може поширитись й спричинити пожежі в підвалах, дворах та громадських місцях.

Про загострення проблеми пожежної безпеки в Україні свідчать лісові загорання останніх 20 років, зокрема: великі пожежі Чорнобильської зони відчуження: в 2015 році; 300 га землі навколо ЧАЕС в 2020 році; масштабні

пожежі у Харківської області в 2008 році; 1 тис. га.; Херсонської області в 2007 понад 9 тис. га.

Розглянемо сучасну статистику, на сайті ДСНС є розділ "Статистична інформація", де можна знайти статистику пожеж та інших надзвичайних ситуацій в Україні [19].

Останні доступні офіційні дані про кількість пожеж в Україні за 2021 рік, за даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Протягом 2021 року в Україні виникло 54 130 пожеж, у яких загинули 479 осіб та було травмовано 818 осіб. Найбільше пожеж сталося в житлових будівлях (24 657), транспортних засобах (10 803) та в економічних спорудах (8 112). Станом на кінець квітня 2023 року, було зафіксовано більше 3 тисяч пожеж, які знищили більше 17 тисяч гектарів лісів та степових угідь.

На охорону природи в Україні станом на 2020 рік, виділено 0,2% від ВВП, в той час, як європейські держави виділяли близько 2%. З року в рік структура та склад видатків майже не змінюються. Провідні країни світу перебудовують системи природоохоронних служб та адаптування до сучасних викликів. Як приклад можна навести формування пожежних добровільних організацій на території Словаччини, Італії та Франції [20]. В Україні така система частково врегульована і має рекомендаційний характер і суперечить принципу добровільності [25].

Щодо України - пожежна охоронна система має ряд недоліків і проблем, які роблять її недосконалою, існують проблеми з організацією пожежної безпеки на рівні експертиз підприємств та місць масового скупчення людей. Оцінка ефективності системи може бути предметом дискусій і оцінок різних фахівців, дослідників або організацій. Ці організації можуть проводити дослідження, аналізувати статистичні дані, розробляти рекомендації щодо вдосконалення системи протипожежного захисту та проводити навчальні та освітні заходи з питань пожежної безпеки.

Національна академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля (НАПБ) [11] є провідним навчальним закладом у сфері пожежної безпеки та рятувальних

робіт і здійснює науково-дослідну діяльність, спрямовану на розвиток та вдосконалення пожежної безпеки в країні.

Основні моменти, які розглядає НАПБ:

- Недостатня пожежна безпека будівель;
- Відсутність ефективної системи пожежної профілактики;
- Проблеми у сфері пожежної рятувальної служби;
- Екологічні наслідки пожеж.

Академія виступає, як джерело інформації та експерт з питань безпеки, а також сприяє удосконаленню законодавства та нормативно-правових актів у цій сфері.

Іншою проблемою є недостатня кількість та низька якість пожежних департаментів та їх обладнання. Часто вони не мають необхідного обладнання та кваліфікованого персоналу, що може призвести до затримок у реагуванні на пожежу та збільшення її масштабів. Також, можна відзначити недостатню освіченість населення в галузі пожежної безпеки та недосконалість профілактики пожеж.

Перелічені фактори можуть призвести до виникнення пожеж та загибелі людей, але актуалізація й висвітлення теми можуть в корені змінити ситуацію. Одним з головних способів боротьби з пожежною небезпекою є попередження та раннє виявлення пожеж. Зараз для цього використовуються технології, такі як дистанційне зондування територій, інтелектуальна обробка даних та інші. Однак, окрім технологічних рішень, необхідно звернути увагу на ефективність систем попередження та реагування на пожежі, а також на підвищення обізнаності громадськості щодо пожежної безпеки.

Об'єктом дослідження є – пожежі, як явище спричинене природніми та антропогенними факторами, предмет дослідження – картографування пожежної небезпеки.

Мета дослідження – представлення останніх наукових досліджень в галузі пожежної безпеки. Це включатиме вивчення тенденцій пожеж, виявлення спалахів пожежі.

Основні завдання дослідження:

- Аналіз причин пожежі: дослідження причини виникнення пожежі.
- Дослідження поведінки вогню: вивчення поведінки вогню допомагає визначити, як швидко пожежа поширюється та як вона впливає на будівлі та прилеглі території.
- Оцінка пожежного ризику: обстеження пожежної безпеки передбачає оцінку рівня пожежної безпеки на певній території чи об'єкті.
- Дослідження моделей поширення вогню: дослідження пожежної безпеки передбачає моделювання пожежі та прогнозування її динаміки та впливу на навколишнє середовище.
- Дослідження впливу погодних умов: аналіз впливу кліматичних умов на пожежну безпеку.

Практична роль картографування пожеж полягає у виявленні та візуалізації зон підвищеного пожежного ризику та наданні важливої інформації для планування, управління та пом'якшення наслідків пожеж. Ці результати можуть бути використані місцевими організаціями, органами самоврядування та ДСНС для моніторингу стану та планування відновлення лісових насаджень.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

1.1. Поняттєвий апарат в галузі пожежної безпеки.

Розглядаючи картографічне дослідження лісових пожеж, варто окреслити значимість розуміння цієї теми. Це дослідницька тема, важлива на екологічному та економічному рівні.

Спершу розберемо систему пожежогасіння в Україні та її термінологію, за ДСТУ 2272:2006 [46].

Згідно з пунктів Національно стандарту України:

Пожежа – поза регламентований процес знищування або пошкодження майна вогнем, під час якого виникають чинники, небезпечні для життя істот і довкілля.

Пожежна безпека – відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожежі та пов’язаної з нею завдання шкоди істотам, майну і довкіллю.

Пожежна охорона – дії, які унеможливають виникнення пожеж і захищають людей, довкілля та матеріальні цінності від пожежної небезпеки.

Пожежна небезпека - можливість виникнення та (або) розвитку пожежі.

Пожежний моніторинг - оперативне реагування пожежно-рятувальних підрозділів на сигнали про пожежі, що надходять від пультів пожежного спостереження [50].

Локалізація пожежі - дії, спрямовані на припинення можливості подальшого поширення горіння і створення умов для його успішної ліквідації наявними силами та засобами.

Пожежно-технічна карта - документ, що містить відомості про пожежну безпеку об’єкта (виробництва), встановлені на об’єкті протипожежні засоби та будь-які додаткові заходи, необхідні для зниження пожежної небезпеки.

Для зберігання інформації використовують пожежно-технічні карти їх аналізують й потім дані поділяють на таку документи, як:

- Довідковий документ (для проведення пожежно-технічного обстеження діючого, чи такого, що будується, виробництва, розгляду проектних матеріалів тощо);
- Засіб узагальнення різних даних про пожежну небезпеку і захист (для розробки стандартів пожежної безпеки та експлуатаційних інструкцій);
- Посібник для навчання виробничого персоналу основам протипожежного захисту на виробництві;
- Довідка постійної і змінної обстановки при організації пожежно-профілактичної роботи на виробництві;
- Основа для розробки плану ліквідації аварійних ситуацій.

1.2. Класифікація пожежної небезпеки. Рівні пожежної небезпеки

Пожежу розрізняють за різними параметрами, такими як: тип об'єкта, характер пожежної небезпеки та масштаби пожежі. Загальним підходом є класифікація за класами або рівнями. Ці класи та рівні небезпеки використовують під час створення карт, щоб визначити найбільш небезпечні зони та вжити відповідних заходів для запобігання виникнення та поширення пожеж.

Розподіл пожеж за класами:

- Клас А: пожежі, що пов'язані з горінням твердих, легкозаймистих матеріалів, що легко горять й швидко поширюються;
- Клас В: пожежі, пов'язані з горючими рідинами (ГР) та легкозаймистими рідинами (ЛЗР), основними властивостями є низькі температури займання;
- Клас С: пожежі, що виникають під час горіння газів, які мають низьку температуру запалювання;
- Клас D: пожежі, металів, таких як магній, натрій, алюміній та ін.
- Клас Е: пожежі, які відбуваються на електроустановках, такі як електропроводка та електроустаткування.
- Клас F: Ці пожежі виникають у жирних або олійних речовинах, які використовуються у кухнях або промислових установках.

Таке поділення, дозволяє систематизувати пожежі, спираючись на їх властивості та характеристики, хімічні процеси під час горіння. Для кожної групи існують відповідні методи та засоби пожежогасіння.

Також, таке поділення, це підґрунтя для формування й організації взаємодії між місцевими та центральними органами влади, у процесі вирішення питань охорони довкілля. Пов'язаних з надзвичайними ситуаціями та ліквідацією їх наслідків. Знаючи клас небезпеки, формують підрозділи, які мають знання, навички та обладнання для пожежно рятувальної діяльності.

Рівнева стратифікація пожежної небезпеки необхідна для запобігання, захисту, пом'якшення, вчасного реагування сил ДСНС. Вона описує стан середовища, наскільки сприятливі умови для виникнення пожежі й поділяється на 4 рівні небезпеки: 1 – мала пожежна небезпека, 2 – середня пожежна небезпека, 3 – висока небезпека, 4 – надзвичайна небезпека.

Таблиця 1.1.

Класифікація пожежної небезпеки у лісах

Клас пожежної небезпеки лісів	Величина комплексного показника	Ступінь пожежної небезпеки
I	301...1000	Мала
II	1001...4000	Середня
III	4001...12000	Висока
IV	>12001	Надзвичайна

Розглянемо класифікацію докладніше.

- Рівень 1 (низька пожежна небезпека):

На цьому рівні небезпека пожежі незначна, і її легко контролювати. Пожежі такого рівня не потребують значних ресурсів та зусиль для гасіння.

- Рівень 2 (середня пожежна небезпека):

Пожежна небезпека на цьому рівні помірна. Гасіння пожеж під час такого рівня небезпеки може вимагати залучення додаткових сил, але її можна легко контролювати, використовуючи протипожежне та рятувальне обладнання.

- Рівень 3 (висока пожежна небезпека):

Цей рівень вважається високою пожежною небезпекою. На цьому рівні починається важкість в контролі, пожежа стає непередбачуваною. Ліквідація може потребувати залучення додаткових пожежних підрозділів, спеціального обладнання та залучення керівників гасіння пожеж.

- Рівень 4 (надзвичайна пожежна небезпека):

Пожежна небезпека на цьому рівні вважається потенційно небезпечною й може розповсюджуватись за значною швидкістю. Гасіння на 4 рівні може потребувати залучення резервних пожежних сил, спеціальних підрозділів, потребує координації різних пожежно-рятувальних служб.

Для розрахунків небезпеки виникнення пожеж на територіях досліджень вираховують комплексний показник (КП), він характеризує ступінь ймовірності займань, такі дослідження проводяться на метеорологічних станціях кожні 12-14 годин. Цей показник пожежної небезпеки був розроблений проф. В.Г. Нестеровим [48], й визначає ступінь можливого виникнення та розповсюдження пожежі, згідно за кліматичних умов, який розраховується за формулою:

Його формула тлумачиться, як сума добутку температури повітря на різницю температури повітря й температури точки роси, вираховується за n днів без опадів.

Більш докладно можна пояснити, так: перший день після опадів, це початкова точка для розрахунку коефіцієнту, n - це кількість днів без опадів, формула:

де: t^0 - це середня температура повітря,

$(t^0 - \eta)$ - точка роси.

Ця формула розраховує денний пожежний ризик. Знак суми вказує на комбіляцію всіх днів й вихідні дані вже показують нам стан ризику на даний проміжок часу. За цією формулою Нестеров оцінив вірогідність виникнення пожежі й розраховуємо щоденне зростання в період часу, без опадів.

В Україні його використовують з 40-х років минулого століття, але такий метод базується на температурі та вологості, не враховуючи таку кліматичну особливість, як вітер. При врахуванні цього коефіцієнту, ми дослідимо не тільки ймовірність пожежі, а й її швидкість розповсюдження. Однією з таких моделей є індекс посухи (Hot-Dry-Windy)[36]. Термін вказує на комбінацію 3 складових, що сприяють швидкому висушуванню рослинності, а значить – зростанню ризику, так як низька вологість повітря робить її більш придатною до запалення.

Для описання моделі HDW використовується коефіцієнт швидкості вітру (K_v), котра помножується на комплексний показник (КП) і ми отримуємо більш детальні дані, щодо пожежної ситуації. В Таблиці 2. ми бачимо коефіцієнт розрахований С.М. Биховським.

Таблиця 1.2.

Коефіцієнт швидкості вітру K_v .

Швидкість вітру m/c	Коефіцієнт швидкості вітру	Швидкість вітру m/c	Коефіцієнт швидкості вітру	Швидкість вітру m/c	Коефіцієнт швидкості вітру
V	K_v	V	K_v	V	K_v
1	1.02	6	1.22	11	1.41
2	1.04	7	1.28	12	1.43
3	1.07	8	1.32	13	1.45
4	1.11	9	1.36	14	1.46
5	1.16	10	1.39	15	1.47

Мінімальна швидкість вітру, яка береться до розрахунків HDW, це 3м/с, менші дані брати не слід, бо вони майже не впливають на розповсюдження. Вітер сприяє швидкому поширенню, особливо в тих випадках, коли він спрямований у напрямку пожежі. Цей показник допомагає службам оперативно реагувати й розроблювати стратегії гасіння.

Метеорологічні служби збирають дані й вони можуть бути використані в роботі пожежних підрозділів. З цього слідує важливість кожного параметру при розробці пожежних стратегій та оцінці ризику. Заздалегідь отримана й проаналізована інформація, сприяє підготовці пожежно-рятувальних підрозділів й дає змогу прогнозувати розвиток й поширення пожеж.

1.3 Причини й види пожеж

Існує три складові, котрі створюють хімічну реакцію, яка й приводить до виникнення пожежі: **паливо**, яке може горіти та яке виділяє енергію, **кисень**, який слугує каталізатором й підтримує горіння, без достатньої кількості кисню горіння не може відбуватись, та **джерело тепла**, яке розпочинає процес. Це фізико-математична модель, заснована на законах збереження маси, руху і енергії для всіх елементів системи.

Коли всі ці фактори поєднуються, запускається процес і додаткові фактори підсилюють його, ускладнюють ліквідацію й впливають на пришвидшення розповсюдження.

Великий внесок у створення карт пожежної небезпеки вносять організації, що займаються питаннями пожежної безпеки. Такі як пожежні відділи, науково-дослідні інститути, університети та інші організації, в обов'язки яких входять дослідження пожежної безпеки й які розробляють картографічні продукти.

В результаті досліджень та практичного досвіду у сфері протипожежного захисту визначено ключові моменти в картографуванні пожежної небезпеки. Ці пункти розроблені та сформульовані експертами, науковцями в галузі пожежної картографії. І враховують ймовірність виникнення пожежі, особливості ризику та просторові характеристики. Прийняття до уваги цих факторів, при картографуванні, може допомогти більш точно спроектувати теоретичну модель розповсюдження небезпеки або її утворення. Й тим самим, дозволить ефективніше запобігати пожежам та швидше реагувати у разі їх виникнення:

-Кліматичні умови: Температура, вологість, швидкість вітру та опади можуть мати значний вплив на виникнення та поширення пожежі. І на основі цих даних створюють основні моделі виникнення й розповсюдження.

- Тип місцевості: Географічні особливості, такі як гори, глибокі долини, річки та озера, можуть впливати на швидкість поширення пожеж. Вітер може змінити напрямок поширення вогню, а рельєф місцевості може сприяти утворенню тунелів, через які вогонь поширюється швидше.

- Рослинний покрив: Тип, густина та стан рослинності також можуть впливати на виникнення та поширення пожежі.

- Населені пункти: Густонаселені райони можуть бути вразливішими до пожеж, ніж менш населені райони.

- Інфраструктура: Наявність лісових доріг, доступ до водних ресурсів, аеродромів та інших об'єктів може вплинути на роботу з пожежогасіння.

- Людський фактор: Основними причинами виникнення пожеж є антропогенні складові й складають понад 90% пожеж, бо політика безпечного природокористування недостатньо закріпилась в свідомості суспільства, таким чином кинутий недопалок, скляна пляшка, яка фокусує сонячне світло, покинуте після відпочинку багаття або навмисні підпали стають причинами займань.

Період, коли почали використовувати класифікацію пожеж, складно точно визначити, оскільки це було еволюційним процесом. Однак, фактори впливу на пожежний стан почали систематизувати для розуміння пожежних ризиків та способів їх виявлення та гасіння.

Ключові моменти змінювалися з часом, оскільки нові наукові відкриття та зміна суспільних вимог можуть вплинути на формування карт та підходи до їх управління. Ми прораховуємо їх, бо маємо необхідність в підвищувати ефективність дій. Метою є розуміння явищ, покращення якості прогнозування, задля збереження життів, довкілля та майна.

Самі ж пожежі поділяють на природні, техногенні й пожежі котрі мають певну специфіку (виникають в певних середовищах та за певних умов, але їх теж можна класифікувати, як техногенні).

Лісові пожежі поділяються на підземні, низовинні, височинні. Найнебезпечніші – підземні, загалом відбувається тління й горіння торфу, цей тип пожежі важко ліквідувати. Торф може горіти місяцями і навіть роками, часом осередки можуть навіть перезимувати під снігом

Природні пожежі можуть бути довготривалими, і вони вкрай складні для гасіння. Вони класифікуються на: лісові; торф'яні; степові; ландшафтні; викликані стихійними лихами.

Низовинні пожежі утворюються в наслідок горіння лісової підстилки та чагарників, активне горіння 1,5 -2 метри, висота полум'я до 5 метрів. Ї найбільш екологічно та економічно проблемні пожежі – верховині. Вони характеризуються горінням верхівок дерев, вогонь при швидко розповсюджується зі швидкістю понад 500 м/с. Гасіння таких пожеж вимагає значних зусиль, не піддається контролю й тягне за собою значні екологічні проблеми. Перша з яких, це саме вигорання лісу, друга – виділення значної кількості вуглекислого газу, задимлення територій й значне зниження якості повітря. При лісовій пожежі виділяються продукти згоряння: канцерогенних речовин (аерозолі, парникові гази), токсичних з'єднань, сильнодіючих отруйних речовин, що вкрай негативно впливає на здоров'я та життя людей.. Третя проблема, це втрата цінних лісових ресурсів, деградація ґрунтів та прилеглих водоймищ, що несе за собою економічні проблеми.

Техногенні пожежі є одними з найпоширеніших видів пожеж, що виникають внаслідок діяльності людини або використання устаткування, матеріалів чи речовин, здатних займатися. Ці пожежі можуть бути викликані нещасними випадками, недбалістю, похибками інженерних систем, неправильним використанням електрообладнання або іншими факторами.

Однією з найважливіших характеристик техногенних пожеж є їх потенційна загроза для людей, навколишнього середовища та інфраструктури. Вони можуть спричинити серйозну матеріальну шкоду, руйнування будівель та обладнання, викид небезпечних речовин і токсичних газів, а також негативно вплинути на здоров'я людини та екосистеми.

Профілактика техногенних пожеж є дуже важливою, оскільки їх можна запобігти шляхом впровадження норм безпеки, навчання персоналу,

використання сучасних систем протипожежного захисту та контролю за дотриманням правил пожежної безпеки.

Крім розповсюджених видів, є хімічні, пожежі нафтових свердловинах, радіаційні, пожежі у водоймах, гірські пожежі, які поділяють на загоряння в тунелях шахт, метро й на висотні пожежі.

Важливою частиною системи протипожежного захисту є спеціальні пожежні підрозділи. Вони мають додаткову підготовку та обладнання для виконання конкретних обов'язків під час пожежно-рятувальних операцій.

Тому класифікація пожеж є важливим інструментом, який мінімізує небезпеку та сприяє розробці стратегій пожежогасіння. Ми забезпечуємо системний підхід до розуміння та управління ризиком пожежі, сприяючи безпеці життя та майна. Й інстанція, яка слідкує за вжиттям стандартів – це Управління Державної пожежної охорони МВС України.

Експертизі підлягають усі типові проекти та робочі проекти на нове будівництво, переобладнання, розширення та технологічні проекти документація на випуск пожежонебезпечної продукції незалежно від форм власності та джерел фінансування [43].

Пожежно-технічна експертиза може включати такі етапи:

- Аналіз пожежного ризику. Професіонали визначають потенційну пожежну небезпеку на об'єкті: наявність горючих матеріалів, наявність вогнетривких матеріалів, наявність протипожежної інфраструктури тощо.
- Огляд об'єкта. Експерти проводять обстеження будівель, споруд, обладнання та інфраструктури, що входять у склад об'єкта. Вони визначають проблемні зони, де можуть виникнути пожежі або де пожежна безпека не відповідає стандартам.
- Аналіз обладнання. Фахівці перевіряють наявність, стан та функціонування протипожежного технічного обладнання. Системи пожежної сигналізації, системи пожежогасіння, системи димовидалення тощо.

- Встановлення недоліків. На основі перевірок, виявляють недоліки чи порушення. Складають звіт, заводять провадження, розробляють рекомендації щодо усунення недоліків.

Цей Порядок погоджено з Міністерством економіки України, Міністерством фінансів України, Державним комітетом України у справах містобудування і архітектури та Державним комітетом України по нагляду за охороною праці [53].

РОЗДІЛ 2

ІСТОРІЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

2.1. Світовий досвід картографування

Картографування пожежної небезпеки поступово прогресувало завдяки розвитку технологій та методів збору та обробки географічних даних. Історія досліджень пожеж має давні корені і пройшла великий шлях розвитку. Вивчення та їх розповсюдження з географічної перспективи полягає в розумінні причин та шляхів поширення пожеж, що дозволяє розробляти заходи пожежного захисту. Візуалізація пожежної небезпеки на карті допомагає інженерам та архітекторам при проектуванні нових споруд та при модифікації існуючих.

Періодом зародження, можна вважати часи, коли первісна людина почала стикатись з джерелами вогню, приборкала його й почала боротьбу з ним та його пагубними наслідками. Бо саме пожежогасіння є важливою частиною захисту [41]. Перший достовірно зафіксований опис пожежі здійснений на кам'яній плиті за часів Вавилону на якому описується гасіння пожежі (2800 до н.е.) [10]. Вже в давні часи люди спостерігали та вивчали пожежі та їх наслідки. Досягнення цивілізацій Стародавнього Єгипту, Риму та Греції свідчать про те, що вже тоді люди розуміли важливість сприйняття причин та механізмів пожеж. Зокрема, в Римі існували закони та правила, які регулювали пожежний захист та будівельні норми для запобігання пожежам. Картографія пожеж Риму базувалась на різних способах спостереження та реєстрації пожежних подій.

Прямі докази про використання конкретних моделей у Римі відсутні, хоча можна зробити деякі припущення, виходячи з технологій того часу. Відтворення мап пожеж, було виконано в рамках з нанесенням на них різних матеріалів, таких як віск або глина. Багато інформації ми отримуємо тільки з археологічних розкопок, однак, картографування пожежної небезпеки той час мала свою важливу роль.

У середньовіччі географічні дослідження були обмежені, оскільки в основному вони залежали від власників територій та місцевих урядів. Проте, з поширенням міст та розвитком промисловості зросла необхідність вивчення. Наприклад, містобудування могло здійснюватися з урахуванням пожежної безпеки, включаючи розташування доріг, площ, водойм. З цієї причини були зроблені спроби розмістити важливі об'єкти, які можуть спричинити пожежу, подалі один від одного та забезпечити водоймами для гасіння вогню.

На межі 15 століття, картографом Авраамом Кресентом створений Атлас Каталонії, "Карта Катріо" (Catalan Atlas) [28] і він є однією з найвидатніших карт того періоду. Він містить детальні географічні зображення Європи, Африки та Азії з значними деталями про міста, гори, річки та інші географічні об'єкти. Середньовічні картографи зосереджувалися на картографуванні географічних об'єктів і політичних кордонів, а на детальному описі пожеж і пожежної небезпеки. Але атласи цього періоду зображали природні катастрофи, такі як повені, землетруси й було місце для пожеж.

У 16 столітті картографування пожеж ще не було основним предметом досліджень і картографії. Основною увагою картографів були географічні відкриття, топографічні карти та містобудування. Деякі зображення пожеж зустрічаються в картографічних творах XVI ст. "Civitates orbis terrarum" (Міста Всесвіту) [5] – відомий атлас, виданий Георгом Брауном і Францем Гогенбергом, перший том Civitates Orbis Terrarum був опублікований у Кельні в 1572 році. Цей атлас містить зображення міст із будівлями, вулицями та іншими деталями. Вогонь не є центральною темою цього атласу, хоча деякі зображення можуть показувати **вогонь або сліди вогню**.

В 17 столітті почалась активна фаза й за цей період з'явилися такі роботи, як: "The Great Fire of London" (1666) [3] – велика відома пожежа, яка спалахнула в Лондоні в 1666 році. Як результат, після цієї події було виготовлено кілька карт, які збережені в атласі, на яких показано масштаби пожежі та пошкодження,

нанесені місту. Однією з найвідоміших карт цього періоду є "A Plan of the City of London after the Great Fire" (1666) Томаса Фаррінгтона [29].

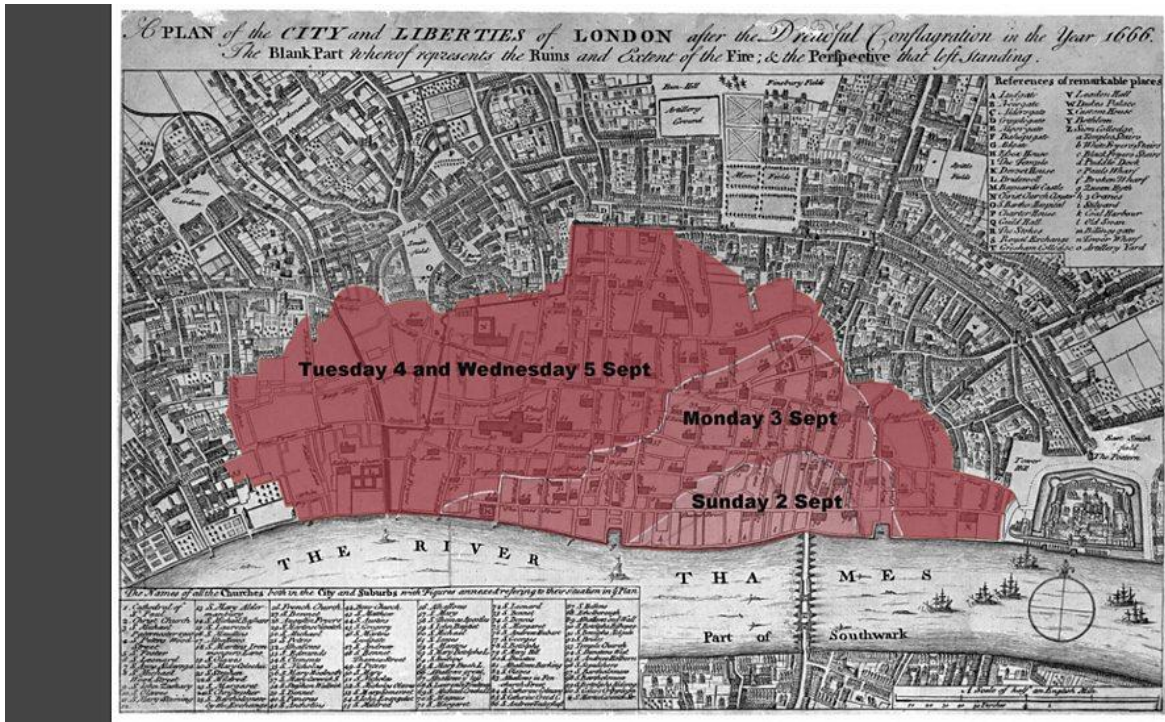


Рис.1. The Great Fire of London of (1666) [3]

Дослідження картографування пожеж продовжували розвиватися у 18 столітті, і в цей період з'явилося кілька важливих досліджень картографування пожеж та ризиків пожежі.

"A Plan of New York Island" (1766) [18, 25] – на цій карті Нью-Йорка, створеній Йоахімом Леттелсом, показано пожежі, які спалахнули в місті після того, як британці зазнали поразки під час облоги Бостона.



Рис.2. New York City – 1766, Photo: Bernard Ratzer / Thomas Kitchin [18]

"A Plan of the City of Philadelphia and Environs" (1796) - ця карта Філадельфії містить індикатори пожеж та протипожежну інфраструктуру міста, таку як пожежні станції, гідранти, водні шляхи та інші компоненти системи протипожежного захисту [13].

Протягом 19-го і 20-го століть технологічний прогрес і розвиток географічних інформаційних систем зазнали значних змін і. Вчені почали

аналізувати причини виникнення пожеж, розуміти вплив географічних факторів. Роботи 20-го століття включають в себе статистику масштабних пожеж, досвід пожежних, аналізують екосистеми. І на цьому підґрунті були такі навкові роботи, як: "Fire Officer's Handbook of Tactics" (2009) [31], книга для пожежних офіцерів, в якій зібрані практичні поради й стратегії; "Bushfires and Bushtucker: Aboriginal Plant Use in Central Australia" (2001) [8] - книга Філіпа Гласса, яка досліджує використання рослин австралійськими аборигенами та знання про пожежу в Центральній Австралії; "Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management" (2011) [26] – вплив пожеж на середньоморські екосистеми. Ці дослідження та публікації розширили уявлення про вплив, виникнення та контроль за пожежами.

Найвідоміші пожежі 21-го століття пов'язані з Австралією. Їх назвали, науковим прикладом глобальних кліматичних змін. Головними причинами є посушливий, спекотний клімат та вітряні умови. В країні спостерігаються 4 рівня небезпеки, але його класифікують, як глобальне лихо. За температурою 48°C, вогонь ширився з високою швидкістю. Найвідоміша пожежа, 2019-2020, знищила 6,3 мільйона гектарів лісу, 2500 споруд (включно з більш ніж 1500 житлових будинків), загинуло 25 людей та близько мільярда тварин [6]. Багатьом рідкісним видам, занесеним до Червоної книги, загрожує швидке зникнення. Так за даними WWF (Всесвітній фонд дикої природи) [51], популяція коал знизилась на 71%. Екологи стверджують, що тепер коалу слід занести до списку зникаючих видів.

3D-візуалізація австралійських пожеж була створена завдяки супутниковим даним NASA. На візуалізації видно всі вигорілі місця, протягом .



Рис.3. Візуалізація пожеж Австралії, між 05/12/19 - 05/01/20. NASA FIRMS [14].

NASA FIRMS поширює данні про активні пожежі в реальному часі, протягом 3 годин після зняття даних з поверхні Землі. За ними можна спостерігати завдяки модулю MODIS, який встановлений на супутниках Terra та Aqua.

Підвищення середньої температури в Австралії залежить не тільки від регіону, але й від відповідного періоду аналізу. Інфографіка Австралійського бюро метеорології [2] показує, що кількість опадів в Австралії в останні роки була нижчою за середню, а середня температура зросла на 1°C з 1910 року [1].

Зміни температури нерівномірно розподіляються по різних регіонах Австралії. В деяких регіонах країни значно вищі температури, ніж в інші. Високі температури також можуть бути пов'язані зі змінами кліматичних умов. Наприклад, збільшенням частоти та інтенсивності теплових хвиль. Важливо продовжувати наукові дослідження та моніторинг температури в Австралії, щоб краще зрозуміти її причини та наслідки на навколишнє середовище та адаптуватись до зміни клімату.

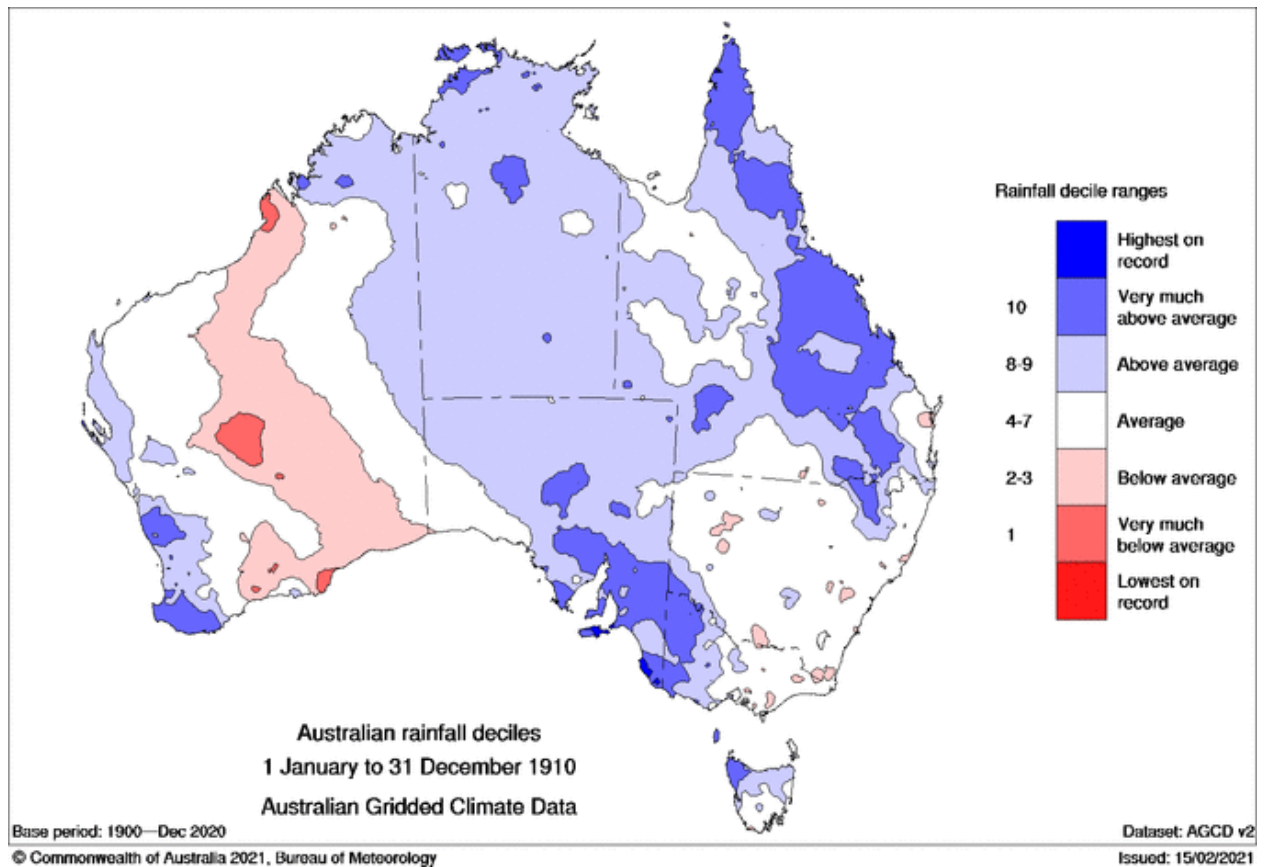


Рис. 4. Інфографіка кількості опадів на території Австралії, за 1910 рік [2]

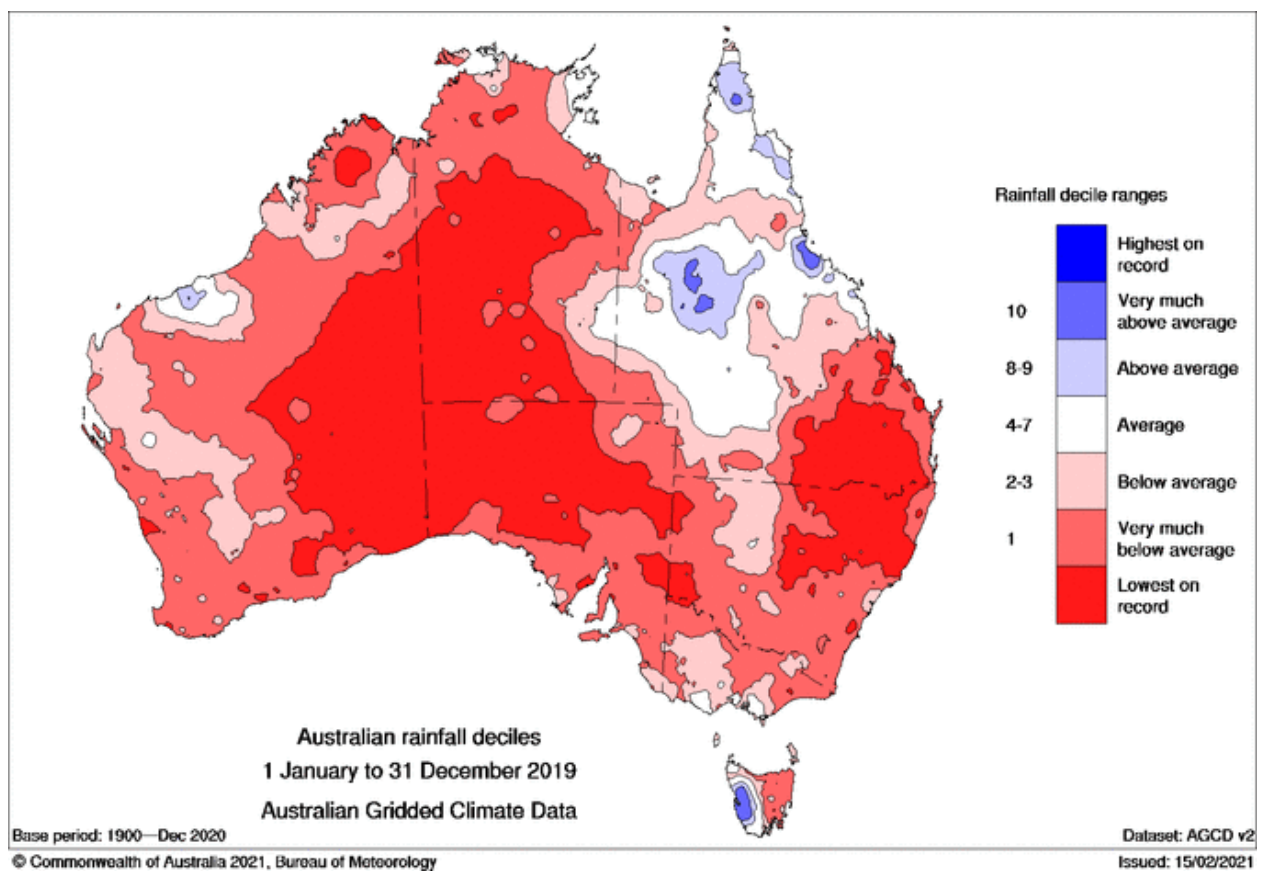


Рис. 5. Інфографіка кількості опадів на території Австралії, за 2019 рік [2]

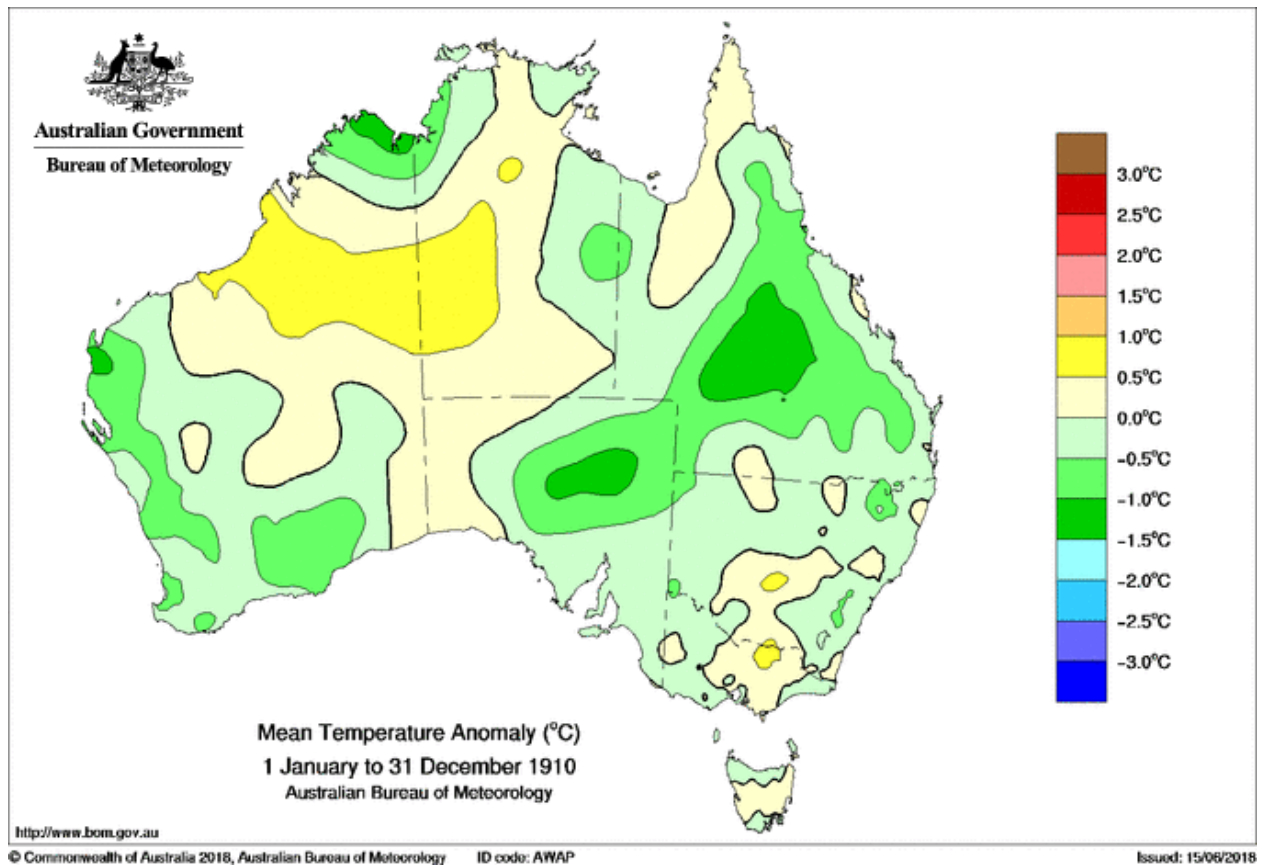


Рис.6. Інфографіка змін середніх температур на території Австралії, 1910 рік [1]

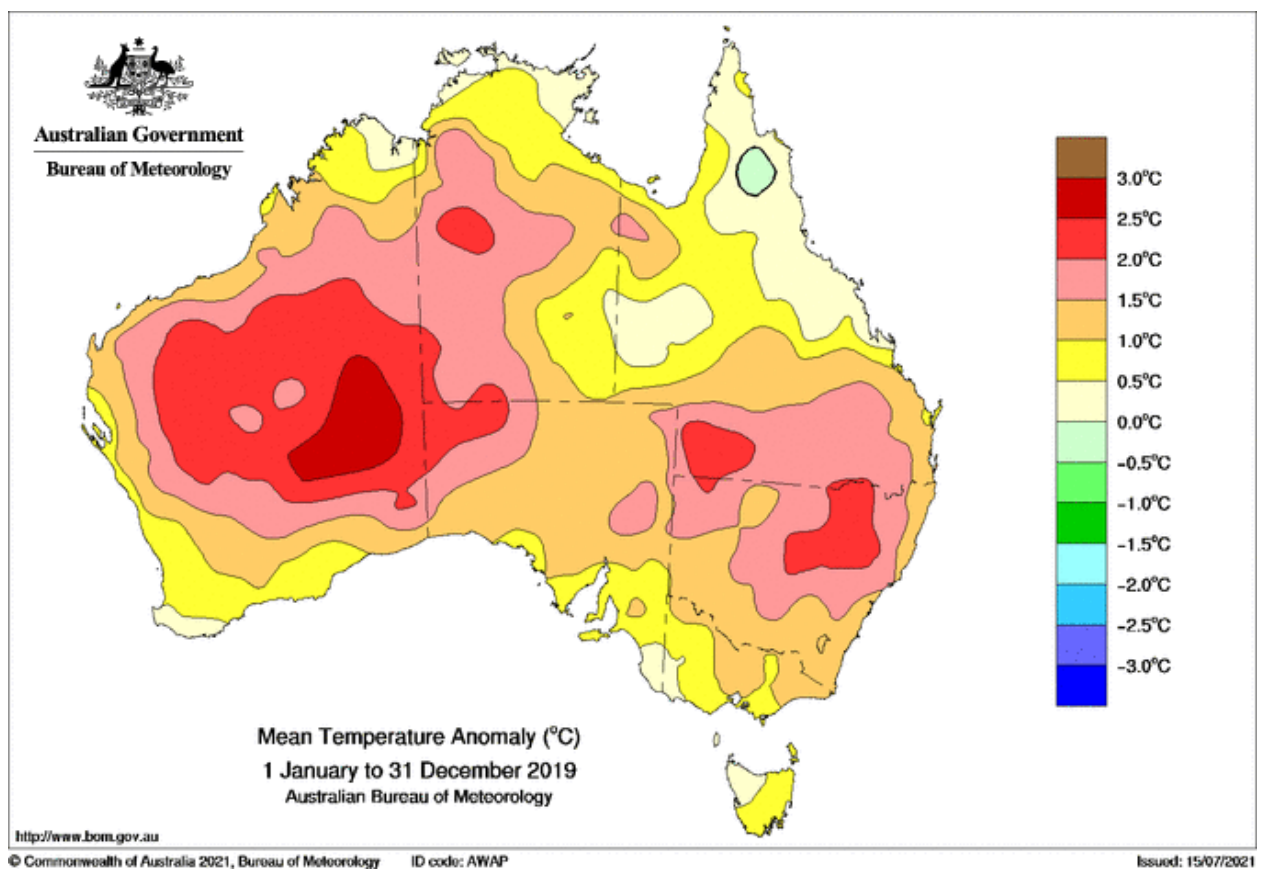


Рис.7. Інфографіка змін середніх температур на території Австралії, 2019 рік [1]

Дослідницький інститут CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), університет в Мельбурні вивчають зміни клімату та прогнозує майбутні зміни та те, як вони вплинуть на Австралію. Дослідження зосереджені на дослідження реконструкцій кліматичних змін, на вивчені екстремальних показників глобального потепління.

Monash University [38] в Мельбурні досліджує вплив лісових пожеж на загострення захворювань легень,. Загостренням серцево-судинних та очних захворювань, психічні розлади та ускладнення під час пологів так само можуть бути викликані вдиханням частинок сажі.

Починаючи з 1970-х років, на великій території Австралії, особливо в південних і східних регіонах, посилення хвиль спеки та посухи призвели до посилення екстремальних погодних умов і подовженню сезонів пожеж. Кількість «дуже сильних» або «екстремальних» днів з пожежами може зрости на 15-70% до 2050 року [36].

2.2. Роль технологічного прогресу у розвитку цифрової картографії пожежної безпеки

Розвиток технологій, став поштовхом для цифрової картографії. Наукові дослідження у галузі набули ширших можливостей, зокрема карти стали актуальними й досліджувати подію або дані можна за даними космічних спостережень майже в реальному часі . Це, в свою чергу, забезпечило точність досліджень та своєчасне реагування на виникнення пожеж. Завдяки наявності актуалізованих даних в реальному часі, моніторинг за пожежними інцидентами більш простою задачею.

Сьогодні, можемо бачити, як сучасні методи картографування пожежної безпеки стали більш точними та більш швидкими. В середині 1960-х років на основі перших комп'ютерних і пакетних систем обробки даних була розроблена Канадська географічна інформаційна система, CGIS (ГІС). Вона вважається першою в світі функціонуючою геоінформаційною системою. Канадська модель оцінки лісових пожеж Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) [37], що була розроблена наприкінці 1960-х. Вона складається з Fire Weather Index (FWI) та Fire Behavior Prediction (FBP) підрівнів. Використовуючи цю методику у своїй роботі, канадська лісова служба дослідила понад 89 можливих варіантів поширення загорань. CFFDRS також адаптована під різні кліматичні умови. Наразі вона вважається однією з найпоширеніших та найрозвиненіших систем у світі.

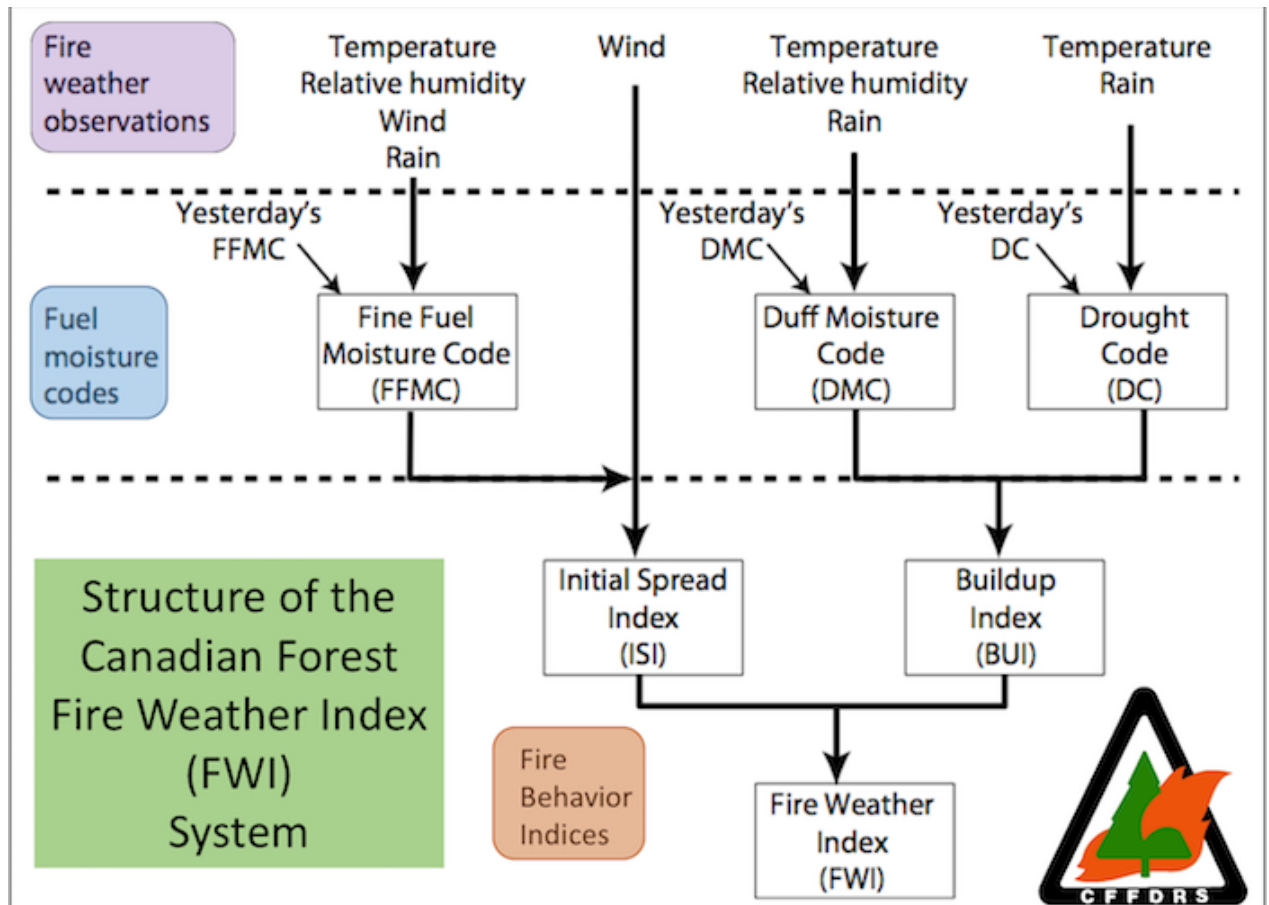


Рис. 8. Схема процесу Fire Weather Index [37]

FWI [37] враховує кілька погодних факторів, які впливають на небезпеку пожежі. Основними компонентами FWI є:

- Показник посушливості (Drought Code): він оцінює вологість зон пожежі від 0 до 200 мм. Використовується для визначення вологості ґрунтів і лісового палива.
- Показник розподілу вологи (Duff Moisture Code): цей показник відображає вміст вологи у верхніх шарах лісового палива, таких як деревина, мох, листя та інші органічні покриття.
- Показник пожежної поширеності (Fire Load Index): він враховує сумарну кількість палива, доступного для спалювання на даній території.
- Показник пожежної швидкості розповсюдження (Initial Spread Index): цей показник використовується для оцінки швидкості розповсюдження пожежі випадку її виникнення.

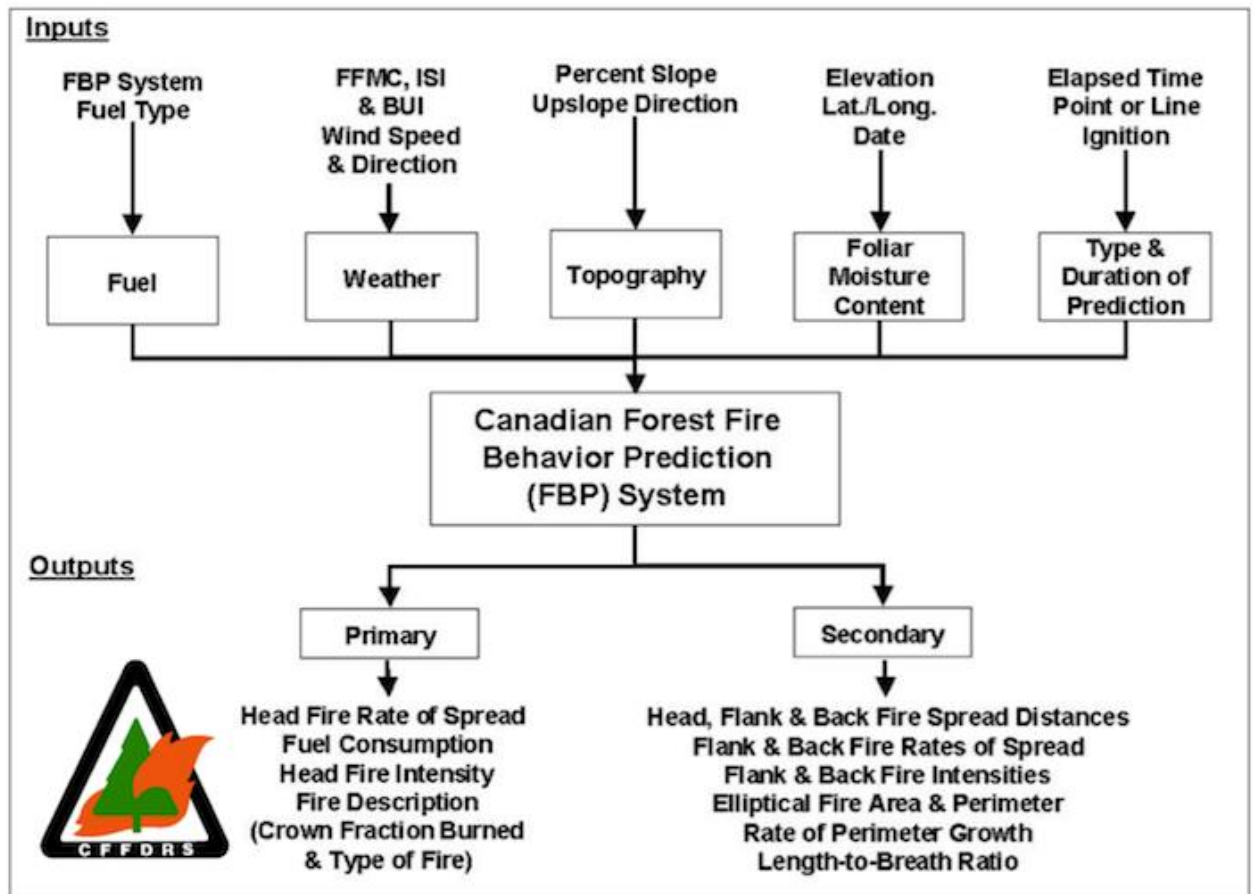


Рис. 9. Схема процесу Fire Behavior Prediction [21]

Схема процесу прогнозування поведінки пожежі (Fire Behavior Prediction) [21] включає кілька основних кроків, які допомагають аналізувати поведінку пожежі. Основними етапами цього процесу є:

- **Збір даних:** Першим кроком є збір відповідних даних. Це включає інформацію про погоду, властивості лісового палива, рельєф, розташування та структуру рослинності та інші фактори, які можуть впливати на пожежну потужність.
- **Аналіз даних:** Отримані дані аналізуються та обробляються, щоб виявити залежності та зв'язки між різними факторами поведінки пожежі. Це може включати застосування статистичних методів, моделювання та інших аналітичних підходів.
- **Моделювання:** На основі зібраних даних та аналізу використовуються пожежні моделі для передбачення поведінки пожежі. Може

проводитися за допомогою комп'ютерних програм або ручними розрахунками, залежно від складності завдання та наявної інформації.

- Валідація та корекція: Отримані результати моделювання перевіряються та порівнюються з реальними спостереженнями поведінки пожежі. Якщо прогноз не відповідає реальності, проводяться корекції та підгонка моделі для покращення точності передбачень.
- Передбачення та управління: На основі отриманих результатів передбачення пожежної поведінки, вживаються необхідні заходи для управління пожежею. Це можуть бути рішення щодо евакуації, мобілізація пожежних ресурсів, встановлення контрольних точок, впровадження протипожежних заходів та інші стратегії для зменшення ризику та збільшення ефективності боротьби з пожежею.

Фокусуючись на першоджерелах та засновниках, розглянемо фундаментатора сучасного картографування пожеж. Це був відомий американський пожежний вчений Річард К. Ротермель. Він провів значні дослідження в області математичного моделювання поширення вогню в природному паливі.

У своїй дисертації "A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels" [33], написаній в 1972 році для лісової служби, Ротермель розробив математичну модель. Його робота базувалася на фізичних принципах і враховувала фактори, як вміст вологи в горючих речовинах, швидкість вітру, рельєф, розташування дерев та інші параметри.

Робота Ротермеля послужила основою. Після цього багато інших дослідників і вчених внесли свій внесок у розвиток картографування пожежної небезпеки, включаючи Педро Реску та Андреаса Фуентеса.

Дослідження Педро Реску та Андреаса Фуентеса має на меті розробку рекомендацій та стратегій управління пожежною безпекою на основі отриманих результатів, аналізу великої пожежі у Вальпараїсо. Це може включати поліпшення пожежної інфраструктури, вдосконалення систем виявлення пожеж,

забезпечення ефективного реагування та заходи для запобігання подібним пожежам у майбутньому.

Дисертація "The Great Valparaíso Fire and Fire Safety Management in Chile" [32] є важливим внеском у вивчення ПБ та розробку стратегій управління пожежами. Це дослідження фокусується на розумінні причин, наслідків та впливу великої пожежі у Вальпараїсо, яка сталася в 2014 році.

В ній розглядаються аспекти управління пожежною безпекою в Чилі, зокрема заходи попередження пожеж, планування та координація реагування на пожежі, використання технічних засобів та технологій для виявлення і боротьби з пожежами. Лісова пожежа почалась на верхів'ї пагорба Ла Полвора й швидко поширилась до міста. Розповсюдження полум'я сприяв сильний південно-східний вітер й вогонь охопив райони вниз за пагорбом.

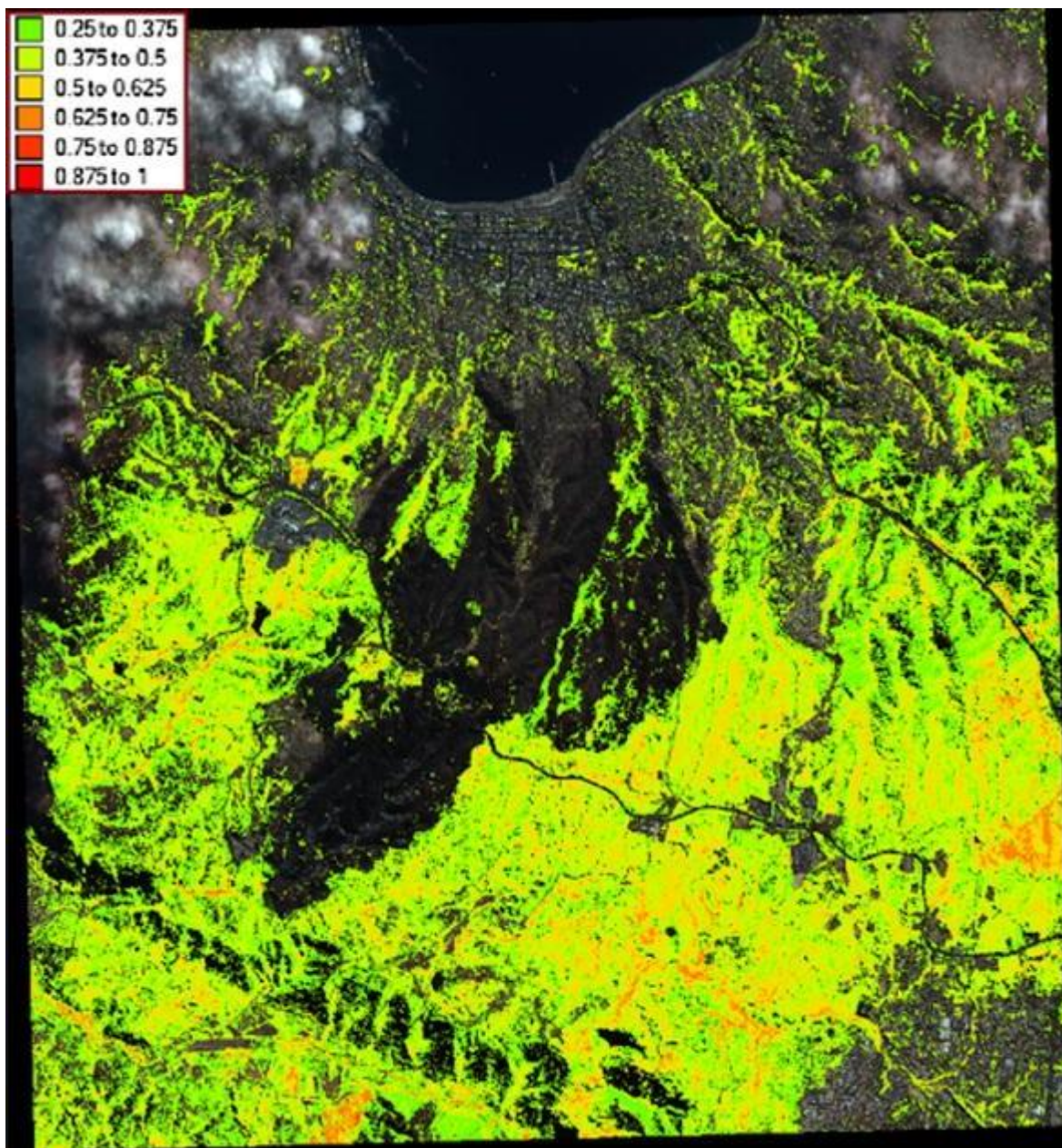
На прикладі Вальпараїсо, розглянемо, як за допомогою супутникових знімків аналізуються картографічні твори.



Супутниковий знімок 1. (visible spectrum). FASAT-Charlie. ©SAF, ВПС Чилі

[32]

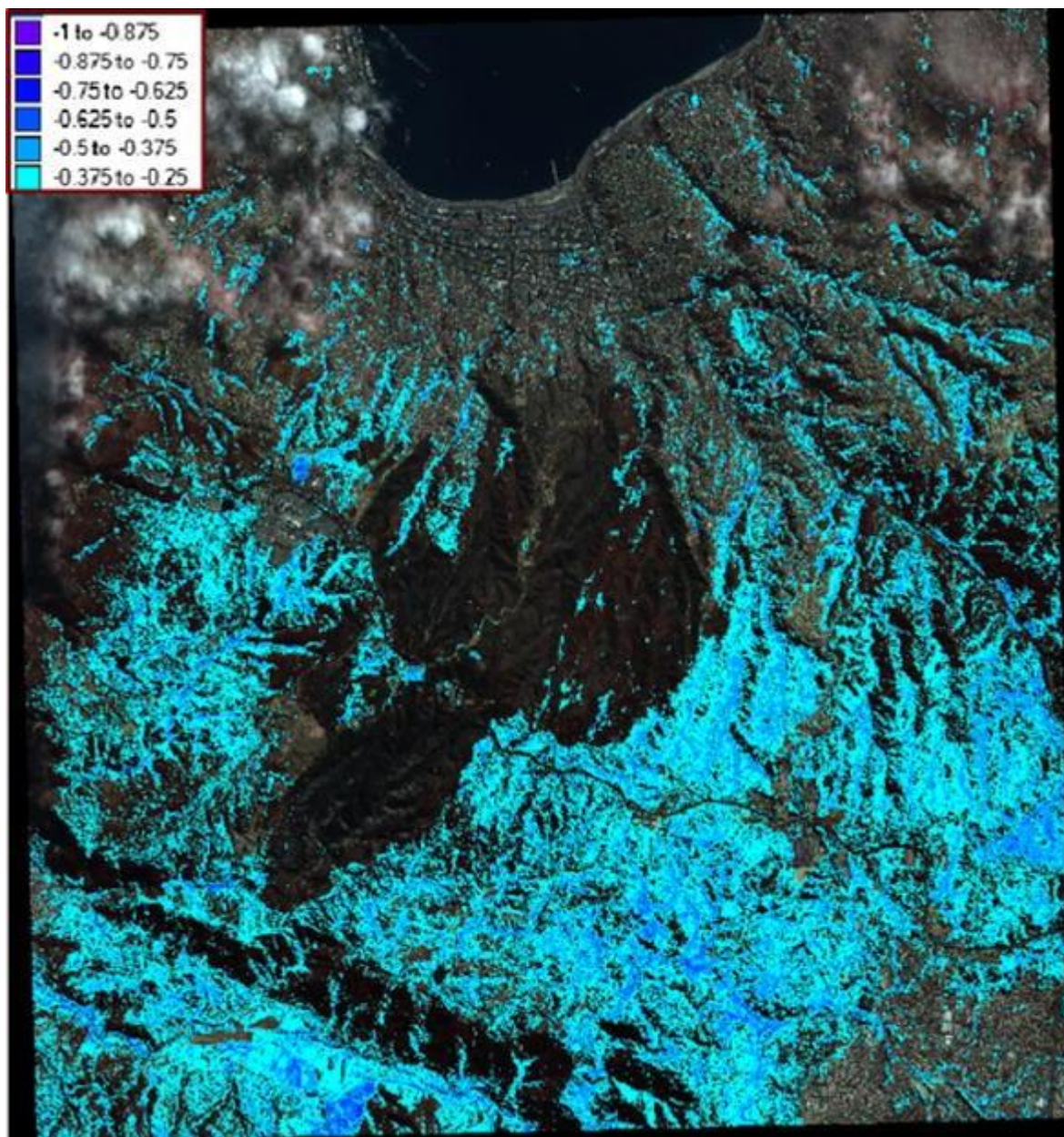
У верхній частині зображення видно затоку Вальпараїсо. У разі пожежі стовп диму вказує на переважаючий напрямок вітру. Знімок чилійського супутника FASAT-Charlie. SAF, Військово повітряні сили Чилі



Супутниковий знімок 2. (NDVI), Pleiades, CNES, Франція [32]

Нормований диференціальний індекс рослинності (NDVI) для постраждалих від пожеж територій. NDVI ближче до 1 вказує на більш густу рослинність. Чорна область посередині зображення відповідає вигорілій області.

Знімок, з супутника Pleiades, CNES, Франція, і надане чилійській владі Міжнародною хартією космосу та великих катастроф. CIREN, Міністерство сільського господарства та ONEMI, Міністерство внутрішніх справ, Чилі



Супутниковий знімок 3. (NDWI), Pleiades, CNES, Франція [32]

Нормований різницевий водний показник (NDWI) для постраждалих від пожеж районів. Позитивне значення NDWI вказує на зелену рослинність. Чим вище значення NDWI, тим більше води в рослині. Чорна область посередині зображення відповідає вигорілій області.

Сприятливі для розповсюдження вогню погодні умови, які поширили вогонь вниз зі схилів, в напрямку міста. Значне паливне навантаження, саме велика щільність будинків, побудованих переважно з легкозаймистих матеріалів, стихійні сміттєзвалища, в незабудованих, покинутих районах. Будівельні норми Чилі досі не включають вимог щодо легкозаймистості споруд та поширення вогню, а також не розглядають такі питання, як поширення вогню на сусідні будівлі. Також стверджується, що владі було надіслано кілька повідомлень про пожежну небезпеку в цих районах, але жодних заходів не було вжито.

Під час пожежі у Вальпараїсо виникла проблема з водопостачанням для пожежних, було важко дістатися до фронту пожежі, через особливості рельєфу, круті схили та вузькі дороги.

Накопичення факторів значно ускладнило ліквідацію пожежі. Це пов'язано з тим, що поширення вогню є неймовірно складним процесом, включаючи взаємодію топографії, погоди, рослинності та структур.

Дисертація "The Great Valparaiso Fire and Fire Safety Management in Chile" містить важливі дані, які можна використовувати задля запобігання пожежам, реагування та вдосконалення протипожежних систем на практиці.

На основі інформації, досліджень в цій роботі, можна розробити теоретичні тактики пожежогасіння. Включно з розробкою планів використання пожежно-рятувального обладнання, використанням пожежних машин, з підвищеним рівнем прохідності, розрахувати кількість пожежних підрозділів необхідних для ліквідації, розробити новітні містобудівні плани, які базуються на дотриманні норм і стандартів пожежної безпеки. А також підвищити громадську свідомість про пожежну безпеку.

2.3. Картографування пожежної безпеки в Україні

До появи сучасних методів, картографування пожеж не було настільки розповсюджено. Бо була відсутня потреба в цьому. Зараз в період, коли природоохоронна діяльність набуває значення, почали звертати увагу й на згубну діяльність вогню. Від пожежної безпеки залежить життя населення й їх здоров'я [38], цілісність екосистем, кількість вуглекислого газу в повітрі, який виробляється під час горіння [29].

Формування картографічних перших творів пожежної безпеки почалось в 1920-х роках[54]. Разом з формуванням перших пожежних служб України. Державна служба з надзвичайних ситуацій має відділ з пожежної безпеки, який аналізує картографічні твори й розробляє карти пожежної безпеки. Отриманні дані, використовуються ДСНС, але вони можуть надавати дані для іншим установам.

З часом, почали розвиватись системи моніторингу вогню й служба захисту почала використовувати ці технології. Супутникові дані можуть надавати інформацію про рослинність [32], прилеглі водойми, напрям та швидкість вітру й його вплив [36] на розповсюдження фронту вогню.

SaveEcoBot [18] автоматично збирає дані з системи FIRMS [14] від NASA щогодини, аналізує пожежі саме на території України, рахує їх кількість та наносить на карту пожеж.

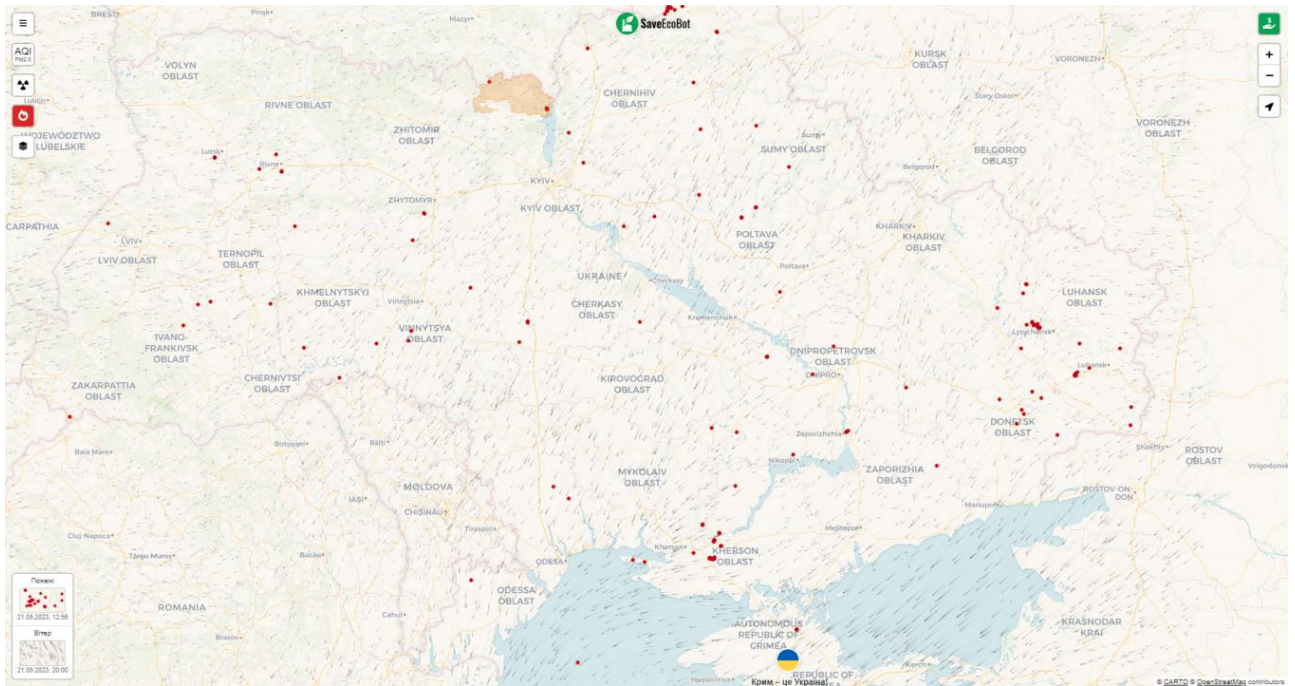
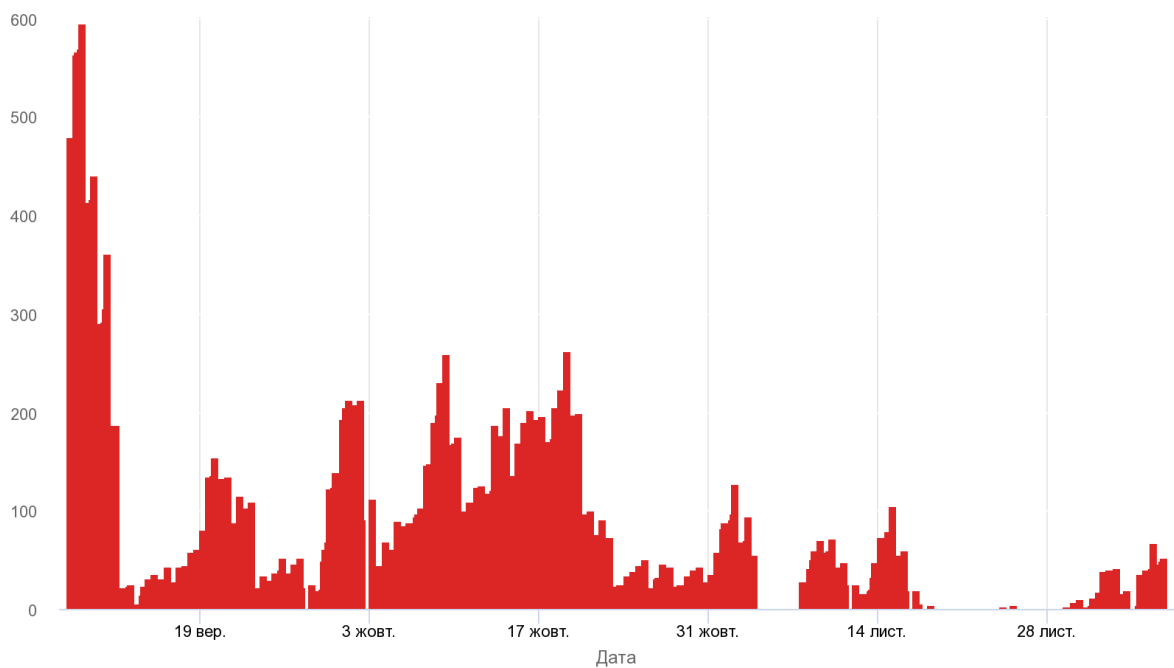


Рис.10. Онлайн карта пожеж, [18]

Історія осередків пожеж в Україні

Добова кількість за період з 8 вересня 2022 по 7 грудня 2022



Джерело: супутникові спостереження із системи FIRMS від NASA
Аналітика та підрахунок: система SaveEcoBot



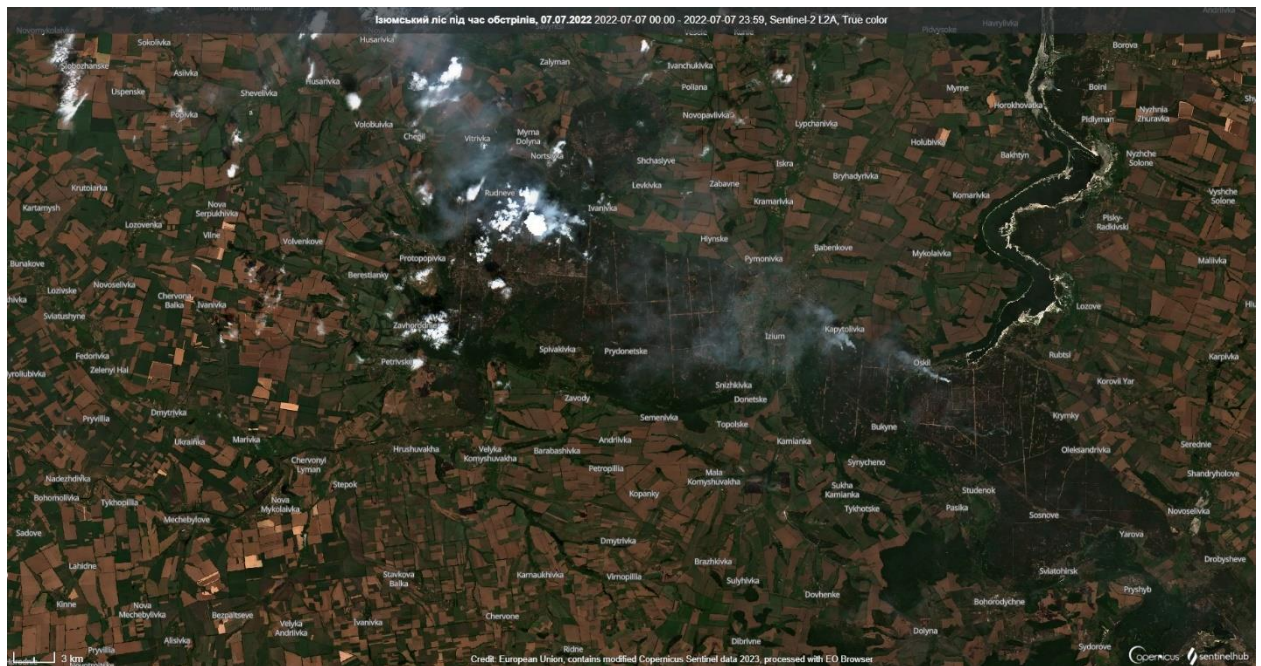
Рис.11. Інфографіка, статистика пожеж України за 08.09.2022 – 07.12.2022. [18]

За останні роки, тисячі гектарів лісу було знищено внаслідок стихійного вогню. Через агресію з боку росії, Україна піддається постійним обстрілам. Як наслідок, підвищився рівень пожеж. Сили ДСНС не мають можливості виїздити на місцевість охоплену полум'ям. Перша причина, це постійні обстріли, друга – території на межі конфлікту заміновані. Харківська область межує з територією, так званої росії й знаходиться під постійним тиском з боку ворога. Інформація про пожежі, в цілому, надходить від військових. Бо цивільне населення в переважній більшості евакуювалось з територій. Евакуація людей стала причиною зменшення «побутових пожеж».

Золочівський, Дергачівський, Чугуївський райони, це ті куди дістає ворожа артилерія. Це території з найбільшим ризиком й ризиком виникнення пожеж. Одночасно на території Північної Салтівки, було 35 пожеж. Були залучені додаткові сили прилеглих до міста частин, для створення бодай яких умов для ліквідації пожеж. Ті райони, які розташовуються найближче до зони ведення бойових дій, в них відсоток пожеж від обстрілів, доходить до 100% [54].

Харківський гарнізон ДСНС, досліджував за допомогою супутників окуповану територію Ізюмського району. Вони спостерігали теплове випромінювання, але не мали змоги виїхати на виклик. Й аналізуючи дані супутників було зроблено висновок, що Ізюмського лісу немає. Він згорів. Ізюмський ліс – це 53 тисячі га лісу, зі супутникових знімків було визначено, що втрати досягли 70%.

За попередніми оцінками, станом на 1 березня 2022 року в зони військової окупації потрапили загалом 900 об'єктів Заповідного фонду площею 1,24 млн га. Це відповідає приблизно одній третині. Українська природоохоронна група повідомила, що військова окупація охопила 44% найцінніших природних заповідників України.



Супутниковий знімок 4. (true color), Sentinel-2. Ізюмський ліс під час обстрілів,
07.07.2022

Сучасні методи моделювання дають уявлення про розповсюдження. Теоретично розраховують тривалість, і поведінку. Такі методи оброблюють велику кількість даних і потребують ресурсів. Складність моделювання лісових пожеж полягає в непередбачуваності стихії й людей. Температура, вологість повітря та швидкість вітру, можуть змінитися в ході пожежі. Ворог може почати обстріл будь якого об'єкта, який з'являється в зоні ураження.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ КАРТИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

3.1. Аналіз моделей для проектування пожежної карти

Проектування пожежної карти починається з аналізу джерел, які враховують можливі сценарії пожеж, міську агломерацію аж до моментів, які потребують евакуації та дієву боротьбу з вогнем. Включають в себе математичні моделі розповсюдження горіння, які зарекомендували себе часом.

За Вебером [12], основними компонентами методичного рішення щодо розробки моніторингу та прогнозування лісу на основі супутникових даних є:

- Супутникові знімки різних просторових і часових розділень і методи їх обробки.
- Моделі еволюції існуючої пожежі. Це дозволяє передбачити прогрес розповсюдження фронту.
- Статистична модель ймовірності пожежі за типом рослинності та сезонними характеристиками. Фази прогнозування пожежі.
- Прогноз стадії гасіння. Прогноз після пожежі, перед нею.

Окрім теоретичних моделей, які ми враховуємо при аналізі, розроблено низку комп'ютерних моделей. Серед зарубіжних моделей комп'ютерних програм, розроблених у США, які мають національне застосування: BehavePlus, FlamMap, Farsite. BehavePlus – програма моделює розвиток пожежі та ефекти, які супроводжують її, аналізує середовище розвитку. Найбільш перспективною натеper вважають ГІС на базі FieldMap [20], це програма, яка відображає розвиток пожежі на карті та здійснює її аналіз. Вона використовує двовимірні дані про погодні умови та оцінює пожежний ризик. Програма Farsite симулює поведінку пожежі з урахуванням топографії.

Спираючись на методичні матеріали [20], World Resources Institute почав створювати систему для моніторингу стану лісів Global Forest Watch [7] – це веб-

додаток для моніторингу лісового покриву планети в реальному часу. У 2013 р. для отримання даних почали застосовувати MODIS. Отримана інформація накладалась на карти від Google, надсилалась до Університету Меріленд, NASA і Terra-i.

Серед відчизняних комп'ютерних моделей поширення пожежі є модель О.М. Дигало [16], яка на жаль не набула поширення. В ній розроблені рекомендації по формуванню рішень та ключових напрямів при локалізації та ліквідації лісових пожеж, оцінки збитків, що наносяться лісовими пожежами, в залежності від швидкості їх розповсюдження.

Існує динамічна глобальна вегетаційна модель, розроблена в Німеччині, Lund – Potsdam – Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJDGVM)), у якій пожежний модуль Glob-FIRM здійснює моделювання тривалості пожежонебезпечного сезону, на основі формули комплексного показника виникнення пожежі. А також базуючись на покритті різних видів рослин. При розрахунках, припустили, що пожежі залежать тільки від кількості сухого горючого матеріалу, нівелюючи інші показники. Бо розповсюдження пожежі неможливе без мінімальної кількості палива.

Починаючи з 2007 р. в Україні триває розроблення геоінформаційної системи інвентаризації лісових даних. Проте єдиної загальнодержавної системи поки що не створено.

Акцентуємо увагу на Save Eco Bot [18]. Єдиний в Україні екологічний сервіс, який поєднує дані про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля. Система створює статистичну базу та знаходить наступну інформацію:

- Моніторинг реєстру оцінки впливу на довкілля, в якому відображаються етапи проходження процедури екологічної оцінки планової діяльності підприємств;
- Дані про дозволи на викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами підприємств-забруднювачів 1, 2 та 3 груп;

- Дані про спеціальні дозволи на користування надрами;
- Дані про дозволи на спеціальне водокористування;
- Дані про ліцензії на поводження з небезпечними відходами;
- Інформація про суб'єктів господарювання, які мають податковий борг;
- Дані про ліцензії на виробництво особливо небезпечних хімічних речовин;
- Дані декларацій, про викиди.

Використовуючи геоінформаційні системи, можна зібрати інформацію, яку потім можна інтерпретувати самостійно або використовувати в комп'ютерних програмах, які самостійно змодельюють зміни клімату та пов'язані з нею біогеохімічні та гідрологічні цикли, враховуючи широтну зональність, топографію, кліматичні показники стану атмосфери.

Надійна кліматична інформація полегшить планування, враховуючи несприятливі або сприятливі кліматичні умови. Краще розподіляти ресурси та впроваджуючи цілі розвитку. Управління факторами ризику є особливо важливим у країнах, що розвиваються, де соціальні потреби найбільші.

3.2. Розробка структурно-логічної схеми змісту карти.

Розробка структурно-логічної схеми змісту є важливим етапом у процесі створення карти пожежної безпеки. Ця схема допомагає організовувати та відображати інформацію на карті у спосіб, який є зрозумілим і легко впізнаваним для користувача. Основною метою розробки структурно-логічної схеми змісту карти є логічне та ієрархічне розташування різних елементів. Це забезпечує порядок і зв'язок між всіма елементами, дозволяючи користувачам швидко орієнтуватися в карті чи в додатку та розуміти важливу інформацію.

Складання схеми передбачає аналіз відповідного матеріалу та об'єднання цих елементів у ціле. Структурно-логічна схема, містить в собі такі елементи, як:

- Заголовок та ключову інформацію
- Легенду
- Математичні основи
- Географічні елементи
- Джерела картографічної інформації

Створення заголовків і ключової інформації для карти вогню є важливим кроком, оскільки ці елементи надають користувачеві загальний контекст. Це полегшує використання карт пожеж та спрощує процес прийняття рішень щодо пожежної безпеки.

Легенда також може містити інші корисні деталі, такі як масштаби, визначення термінів і додаткову інформацію про використання карти. Це забезпечує послідовність і ясність під час інтерпретації інформації на карті.

Основна роль графічних елементів полягає в передачі різноманітних аспектів пожежної інформації. Розташування пожежі, поширення, класифікація пожежної безпеки та наявність систем протипожежного захисту. Правильний їх вибір і використання забезпечить передачу інформації з максимальною точністю.

Також, важливим моментом є картографічна інвентаризація. Вона дає детальний перелік усіх картографічних матеріалів, якими володіє, контролює або відповідає конкретна організація, установа чи особа. Метою інвентаризації є впорядкування картографічного матеріалу, визначення його кількості, типу, характеристик і місця розташування.

Інвентаризація допомагає отримати повну та точну інформацію про карту, включаючи властивості, вміст, масштаб, дату створення та інші деталі. Таким чином дозволяє зберегти цінні дані та знання карт для подальшого використання. Це систематизує картографічний матеріал, дозволяючи швидко знайти потрібну карту у великому архіві чи колекції. Надає організацію карти, класифікацію, маркери розташування та іншу інформацію, яка полегшує пошук на карті та доступ до неї. Також, це допомагає виявляти випадки втрати або пошкодження карток.

Кадастри карт служать основою для розробки стратегій удосконалення картографічних ресурсів і для планування їх розвитку та вдосконалення. Це допомагає виявити прогалини в існуючих картографічних ресурсах, визначити потребу в оновленні чи створенні нових карт і визначити пріоритетність роботи над картографічними проектами.

3.3. Обґрунтування математичної основи.

Математична основа карт, включає різні елементи і принципи, що забезпечують географічну точність, стабільність вимірювань і зв'язки між об'єктами на картах. Розуміння математичної основи, що лежить в основі використання карт пожежної безпеки, може бути необов'язковим, але це важливо з точки зору загального розуміння принципів картографії та освіти. Знання про математичну основу допомагає краще розуміти, що лежить в основі створення.

Геодезична основа, масштаб та картографічна складають основу географічної карти. Геодезична основа визначає правильність положення об'єктів. Використовується для прив'язки географічних об'єктів до певних точок земної поверхні. Показує співвідношення між відстанями на карті та фактичними відстанями на землі.

Для пожежної карти, масштаб треба обирати, спираючись на мету карти. Для опису обмеженої території, де необхідно детально зобразити згарище чи розробити план евакуації, доцільно використовувати масштаб 1:10000. Масштаб 1:25000, 1:50000, забезпечує деталізацію на середньому рівні, але охоплює більші площини. На таких картах можна зображати пожежні ділянки, головні дороги, джерела води й іншу важливу інфраструктуру. Масштаб 1:100000 – 1:250000, вже регіонального значення. Він надає загальний огляд на масштабні ситуації та дозволяє порівняти рівень пожежної ситуації різних регіонів.

3.4. Розробка легенди.

Важливим елементом карти є її легенда, вона інтерпретує символи й позначення на карті. Під час складання використовують різні способи картографічного зображення. Але для пожежної карти, варто зосередитись на трьох основних видів значків:

- Локалізовані: використовують для зображення об'єктів, які не можна подати в масштабі. Їх можна використовувати для позначення місць пожеж, зазвичай піктограму пожежі або символ полум'я. Для позначення пожежних станцій чи гідрантів, використовують символ гідрантів або позначення джерела води. Також можна використовувати для позначення пожежних евакуаційних шляхів, пожежних датчиків чи щитів з пожежно технічним озброєнням.
- Лінійні значки: використовуються для відображення об'єктів, мають лінійну довжину. Можна використовувати для позначення доріг, річок, межі земельних ділянок, газопроводи,
- Значки руху: за допомогою можна зобразити динамічні явища. Наприклад, розповсюдження фронту пожежі, напрям й поширення стовпів диму, силу й напрям вітрів, позначення руху пожежних сил.

Від основної мети карти, залежить набір даних в легенді. Наприклад, карта пожежної небезпеки в певній географічній зоні, карта потенційної пожежної небезпеки для певного типу будівлі або карта пожежних станцій та їх розташування. Якщо основна мета, це позначення пожеж. То доцільно розділити на групи в логічному порядку, групуючи символи за подібними характеристиками або категоріями. Відображення може бути у вигляді таблиці, списку або графічного відображення з підписами.

При розробці таких карт можна використовувати якісні фони, кількісні фони, способи ареалів, які відображають класи пожежної небезпеки різних регіонів заливкою кольору. Необхідно подати в легенді пояснення до кожного кольору. Бажано не використовувати способи, які позначаються на карті

фарбуванням різними кольоровими тонами. Бо вони несумісні один з одним, для позначення пожежної небезпеки, пожеж.

Слід окреслити, які саме аспекти пожежної небезпеки чи пожежної безпеки включені до карти. До них належать такі елементи, як індикатори ризику, інфраструктура пожежних частин та критичне протипожежне обладнання. Крім того, в легенді мають бути пояснення та інструкції, які допомагають користувачам зрозуміти та правильно інтерпретувати інформацію на карт або які дії вжити у випадку пожежі.

3.5. Дизайнерські рішення в оформленні карти.

Топографічна карта несе в собі важливу історичну інформацію. Вона не є актуальною, але допомагає проводити аналітику. Тому стилізувати її треба так, щоб не було навантаження великою кількістю елементів. В той час, як карта в онлайн додатку, може поновлюватись в режимі реального часу, може містити маркери, та нашарування, які користувач може самостійно вмикати й може переглядати супутникові знімки за минулий час.

Для оформлення карт можна використовувати **спосіб якісного фону**. Його можна застосовувати для позначення класу пожежної небезпеки в регіонах. Кольорова палітра має бути зрозумілою користувачу, без додаткового поглиблення в легенду карти, тому доцільно використовувати теплі кольори (червоний, для підвищеної небезпеки; помаранчевий – висока небезпека; жовтий, для позначення середнього рівня й сірий для незначного).

Вибираючи кольори та фарбуючи зони пожежі, важливо враховувати психологічний вплив кольору та його вплив на сприйняття користувача. Краще обирати кольори котрі не зливаються й які можна нормально розрізняти, щоб забезпечити чіткість, контрастність і розбірливість інформації карти. Вибір кольору для заповнення території пожежі може залежати від особливостей картографічного проекту. Зазвичай, використовуються градієнти кольорів, які допомагають візуально показати інтенсивність пожежі. Червоні тони можуть символізувати різну серйозність пожежі. Від слабкого до дуже сильного.

Способом ареалів показують явища, які не мають загального поширення. У такий спосіб можна показати поширення рослинності, використовувати заповнення, для позначення місцевості де прогресувало полум'я. Та штрихуванням, зону навколо пожежі, яка була в зоні ризику або мала незначні вигорання.

Карту не слід навантажувати великою кількістю елементів. Буде достатньо вказати місця пожеж, позначити найближчі водойми та розташування гідрантів,

географічна основа та напрям фронту пожежі. Додаткові статистичні дані, краще записати в додаток до карти.

Розробляючи дизайн онлайн карти можна використовувати такі дизайнерських підходи, як: UX (користувацький досвід) та UI (інтерфейс користувача). Дизайн використовується для створення інтуїтивно зрозумілих, функціональних інтерфейсів, які полегшують взаємодію користувача.

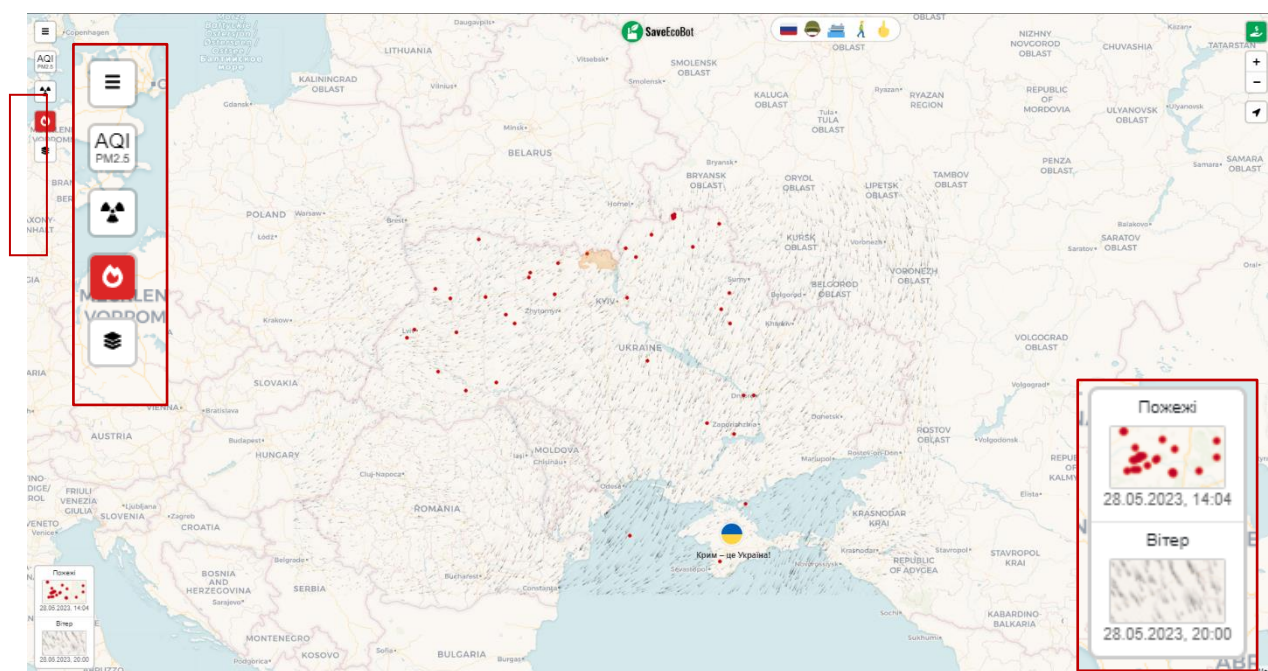


Рис.12. Користувацький інтерфейс SaveEcoBot [18]

При розробці карт за допомогою такого підходу важливо враховувати потреби та очікування користувачів. Основні принципи UX включають розуміння контексту, створення логічної інформаційної структури, простоту взаємодії. UI-дизайн відповідає за створення привабливого зовнішнього вигляду, використання чітких символів, кольорів та компонентів інтерфейсу.

Для онлайн карти, можна розробити маркери, які вмикають інформацію, яка цікавить. На прикладі еко-додатку SaveEcoBot [18], можна побачити, що всі дані розміщені так, щоб користувачу було зручно користуватись сайтом й обирати нашарування, які його цікавлять. Сайт забезпечує даними про напрям вітру, вогнища пожеж, якість повітря, радіаційний фон.

ВИСНОВКИ

Під час дослідження, був визначений поняттєвий апарат в галузі пожежної картографії. Були досліджені матеріали ДСНС, законодавчі акти, а також різні рівні пожеж і те, як вони розраховуються за формулами КП та HDW.

Було визначено різновиди пожеж: лісові, степові, техногенні. Найбільш розповсюдженими є пожежі лісові, виникненню яких, в переважній більшості, можна завдячити людській діяльності.

Визначено, що розвиток картографування пожеж припадає на першу половину 19-го століття. В цю добу почали розробляти моделі пожеж й вивчати їхній вплив. Пізніше, завдяки розвитку технологій та Інтернету з'явилася можливість глобального обміну даними про пожежі та пожежну безпеку. На сьогодні моніторинг відбувається в реальному часі, з затримкою в декілька годин, що йде на обробку даних зі супутників. Дослідження й аналіз можуть проводитись за допомогою різних спектрів: спостереження за вмістом вологи в рослинності або густоти рослинності. В роботі аналізовано використання даних метеостанцій: вологість повітря, швидкість вітру й температура повітря.

Важливим аспектом картографування пожежної безпеки є врахування світового історичного досвіду та співпраці різних країн. Під час дослідження на прикладі Австралії було визначено, що кліматичні умови континенту сильно змінилися з 1910 року. Це призвело до регулярних пожеж, подовжуючи сезони пожежної безпеки. Кліматичні зміни вплинули на популяцію видів тварин, знищило розвиненість й спричинило міграцію цивільного населення.

Проектування карти пожежної безпеки включає в себе дослідження багатьох складових. Саме тому більш доцільно створювати цілу серію з декількох карт. В такому випадку, перша карта розкриватиме ризики виникнення вогню та вказуватиме на класи пожеж завдяки спеціальним позначкам. Друга карта включатиме в себе активні пожежі. Для неї буде доцільно застосувати спосіб ареалів, спосіб локалізованих значків для позначення пожежних частин, а

також джерел води та інфраструктури. Третя карта фокусуватиметься на даних про кліматичні особливості регіону, зокрема, на температурі та вологості.

У роботі також було описано призначення карти. Це безпосередньо спостереження за змінами в екосистемах і змінами клімату. Дослідження пожеж визначає недоліки пожежних систем, їхній вплив на життя людей та здоров'я.

Визначено, що картографування пожежної небезпеки в Україні було започатковано в період її становлення під час розвитку державних служб з надзвичайних ситуацій. Одним з рушіїв цього процесу був розвиток технологій моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 113 years of Australian temperatures. (б. д.).
<http://www.bom.gov.au/climate/history/temperature/>
2. 123 years of Australian rainfall. (б. д.).
<http://www.bom.gov.au/climate/history/rainfall/>
3. Alagna, Magdalena. The Great Fire of London of 1666. The Rosen Publishing Group, Inc, 2003.
4. B.J. Stocks, B.D, M.E. Alexander, C.E. Van wagner, R.S. The Canadian Forest Fire Danger Rating System: An overview: дис. 2015. - (258-265) с.
5. Braun, Georg. Civitates orbis terrarum. Vol. 1. apud auctores, 2008.
6. Dickman, Chris. "More Than One Billion Animals Impacted in Australian Bushfires." (2020): 2020.
7. Forest Monitoring Designed for Action // Global Forest Watch URL:
<https://www.globalforestwatch.org/>
8. Gott, Beth. "Bushfires and Bushtucker—Aboriginal Plant Use in Central Australia." (1998): 255-256.
9. <http://feux.escer.uqam.ca/en/methodology.html>
10. Історія становлення державної пожежної охорони та її роль у формуванні системи цивільного захисту в Україні. (б.д.).
<http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1330> <https://chipb.dsns.gov.ua/>
11. Національна академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля. (б. д.). <https://chipb.dsns.gov.ua/>
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Catalan_Atlas
13. Plan of the City of Philadelphia [Зображення]. (б. д.).
<https://fineartamerica.com/featured/plan-of-the-city-of-philadelphia-and-its-environs-shewing-the-improved-parts-1796-john-hills.html>.
14. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs;@0.0,0.0,3z>
15. <https://kr.dsns.gov.ua/uk/photo/pozeznii-monitoring>
16. <https://ns-plus.com.ua/2017/02/12/stattya/>

17. <https://viewing.nyc/amazingly-detailed-map-of-new-york-city-in-1766/>
18. <https://www.dsns.gov.ua/uk/statistichna-informaciya.html>
19. <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/01/21/656053/>
20. <https://www.fieldmap.cz/>
21. The Fire Behavior Prediction System. (6. д.)/
<https://www.nwcg.gov/publications/pms437/cffdrs/fire-behavior-prediction-system>
22. <https://www.raremaps.com/category/Maps/United%20States/New%20York/New%20York%20City>
23. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=117515](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/journal/paperinformation.aspx?paperid=117515)
24. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2750-20#Text>
25. Jenkins, Simon. A Short History of London: The Creation of a World Capital. Penguin UK, 2019.
26. Keeley, Jon E., et al. Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management. Cambridge University Press, 2011.
27. Lišěák, V.: Mapa mundi (Каталонський атлас 1375 р.), Майорканська картографічна школа та Азія 14 століття, Прос. Міжн. картогр. Assoc., 1, 69, <https://doi.org/10.5194/ica-proc-1-69-2018>, 2018.
28. Map showing progress of fire, based on fire map of London, Wenceslaus Hollar, 1666, © Museum of London
29. Mouillot, F., & Field, C. B. (2005). Fire History and the Global Carbon Budget: A Fire History Reconstruction for the 20th Century. *Global Change Biology*
30. Mutch, RW, Rogers, MJ, Stephens, SL _та ін._ Захист життя та майна у зв'язку між дикою місцевістю та містом: громади Монтани та Південної Каліфорнії приймають австралійську парадигму. *_Fire Technol_* 47, 357–377 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10694-010-0171-z>
31. Norman, J. (2009). "Fire Officer's Handbook of Tactics".
32. Pedro Reszka, Andrés Fuentes The Great Valparaíso Fire and Fire Safety Management in Chile: дис. Fire Technology наук: 2015 // <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-014-0427-0>

33. Richard C. Rothermel A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels: дис. Forest Service наук: 1972. - 40 с.
34. SaveEcoBot URL: <https://www.saveecobot.com/>
35. Srock A.F. The Hot-Dry-Windy Index: A New Fire Weather Index / A.F. Srock, J.J. Charney, B.E. Potter, S.L. Goodrick // Atmosphere. – 2018. – Vol. 9. – P. 279.
36. The Australia Institute (2007) Bushfire Weather in South East Australia. Policy Brief.
37. Van Wagner C.E. Condition for the start and spread of crown fire / C.E. Van Wagner // Canadian J. For. Res. – 1977. – Vol. 7. – Pp. 23-34.
38. Vyshnevskа O., Chabanenko O., Khrystenko T. (2019). Environmental dimensions of the global world. Modern Economics, 15(2019), 49-56. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V15\(2019\)-07](https://doi.org/10.31521/modecon.V15(2019)-07)
39. Weber R.O. Modelling fire spread through fuel beds / R.O. Weber // Prog. Energy Combust. Sci. – 1991. – Vol. 17. – Pp. 67-82.
40. Вогнеборці. Історія пожежництва на теренах сучасної України: [Науково-популярне видання]. Київ: ТОВ «Київська книжково-журнальна фабрика», 2018.
41. Гуржій, Р. В., А. В. Малованюк. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВОЇ ЗЙОМКИ
42. Дигало О.М. Ідентифікація моделей швидкості розповсюдження фронту лісової пожежі та їх практичні застосування: автореф. дис. канд. техн. наук 2021
43. Інститут підпорядкований Державному агентству лісових ресурсів України та Національній академії наук України URL: <https://uriffm.org.ua/uk/news/344>
44. Козак І. Екологічна лісова комп'ютерна модель FORKOME / І. Козак, В. Парпан. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ, 2006. – 207 с.

45. Конституція України "Про затвердження правил з пожежного спостережень" від 07.04.2011 № N 351 // Офіційний інтернет-портал правової інформації

46. Курепін В. М. Протипожежна та техногенна безпека при збиранні урожаю / В.М. Курепін, А.В. Демченко // Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Миколаїв, 4-6 грудня 2019р. Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 90 – 92.
[URL:http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6404](http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6404)

47. Нестеров В. Г. Горимість лісу та методи її визначення [Текст]/В.Г. Нестерів. - М.: Гослесбумиздат, 1949. - 76 с

48. О. П. Борис. Історія становлення Державної пожежної охорони та її роль у формуванні систем цивільного захисту України

49. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять // ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf

50. Попович Степан. Пожежництво в історії Галицького краю. (1772-1939). Львівщина. – Львів, 2006. – 384 с.

51. Популяція коал в Австралії скоротилася на 71% через лісові пожежі — екологи. (б. д.). <https://www.abc.net.au/news/2020-09-06/wwf-koala-loss-report-finds-71pc-decline-after-fires/12624938>

52. Про затвердження Порядку функціонування єдиної геоінформаційної системи здійснення моніторингу та оцінювання розвитку регіонів і територіальних громад, Закон України № № 522 (2023) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/522-2023-п#Text>

53. Прогностична карта рівня пожежонебезпечності території України // Центр прийому і оброблення спеціальної інформації та контролю навігаційного поля. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.dzz.gov.ua/CPOSI/index.php>.

54. Як війна змінила поняття «надзвичайна ситуація» — інтерв'ю з рятувальником [Відео]. (б. д.). https://youtu.be/h97_Fy6Dh8o?t=213

55. Харламов, Михайло Іванович. "Діяльність тимчасових волосних інструкторів у справі боротьби з вогнем в УСРР на початку 1920-х рр." (2014).