

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
«___» _____ 20__р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

Методи та інформаційна технологія обробки даних для прогнозування лісових пожеж

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 122 – “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” (освітня
програма – “Інформаційні технології проектування”)

Науковий керівник роботи:

(підпис)

І.С. Скарга-Бандурова

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я.О. Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

О.М. Кіяшко

(ініціали, прізвище)

Група:

ІТП-163м

Севєродонецьк 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 122 – “Комп'ютерні науки та інформаційні технології”
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
I.C. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20 _____ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кіяшку Олексію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Методи та інформаційна технологія обробки даних для прогнозування лісових пожеж

керівник проекту (роботи) Скарга-Бандурова І.С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 18 ” 10 2017 року № 208/48

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.01.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) матеріали науково-дослідницької практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз методів і засобів прогнозування лісових пожеж.Постановка задачі досліджень. Методи прогнозування пожежної небезпеки за умовами погоди. Програмна реалізація методів прогнозування для інформаційної системи моніторингу та прогнозування лісових пожеж.Охорона праці.Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)
електронні плакати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Критська Яна Олександрівна		

7. Дата видачі завдання 18.10.2017

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз стану питання у науковій літературі. Визначення вимог до роботи.	18.10.2017 – 11.11.2017	
2	<u>Аналіз методів і засобів прогнозування лісових пожеж. Постановка задачі досліджен</u>	12.11.2017 – 24.11.2017	
3	<u>Аналіз методів прогнозування пожежної небезпеки за умовами погоди.</u>	25.11.2017 – 09.12.2017	
4	<u>Програмна реалізація методів прогнозування для інформаційної системи моніторингу та прогнозування лісових пожеж</u>	10.12.2017 – 25.12.2018	
5	Розробка заходів з охорони праці.	26.12.2017 – 01.01.2018	
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу.	02.01.2018 – 09.01.2018	
7	Підготовка та подання магістерської роботи до захисту	10.01.2018 – 18.01.2018	

Студент

_____ (підпис)

Кіяшко О.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Скарга-Бандурова І.С.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кіяшко О.М. Методи та інформаційна технологія обробки даних для прогнозування лісових пожеж

Метою дипломного проекту є підвищення точності прогнозів щодо можливості виникнення та розповсюдження лісових пожеж за рахунок використання сучасних методів видобутку даних. Виконано аналіз методів і засобів прогнозування лісових пожеж; обрано моделі прогнозування лісових пожеж з використанням метеорологічних даних; розроблені програмні засоби і елементи інформаційної технології прогнозування лісових пожеж. Запропоновано варіант імплементації алгоритмів прогнозування до інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Ключові слова: лісові пожежі, прогнозування, машинне навчання

АНОТАЦИЯ

Кияшко А.Н. Методы и информационная технология обработки данных для прогнозирования лесных пожаров

Целью дипломного проекта является повышение точности прогнозов о возможности возникновения и распространения лесных пожаров за счет использования современных методов добычи данных. Выполнен анализ методов и средств прогнозирования лесных пожаров; избран модели прогнозирования лесных пожаров с использованием метеорологических данных; разработаны программные средства и элементы информационной технологии прогнозирования лесных пожаров. Предложен вариант имплементации алгоритмов прогнозирования к информационной системе мониторинга лесных пожаров.

Ключевые слова: лесные пожары, прогнозирование, машинное обучение

ABSTRACT

Kiyashko O.M. Methods and information technology to predict forest fires

The purpose of the diploma project is to analyze methods and means for forecasting forest fires; development of forest fire forecasting models using meteorological data; development of software and elements of information technology for forecasting forest fires; Implementation of forecasting algorithms for forest fire information monitoring system.

The work consists in studying the models and methods of information technologies for forecasting of hazardous situations associated with forest fires with the help of statistical models of machine learning.

Keywords: forest fires, forecasting, machine learning

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Аналіз лісових пожеж і причин, що їх викликають	9
1.1.1 Види лісових пожеж.....	10
1.1.2 Проблеми прогнозування лісових пожеж.....	12
1.1.3 Природні фактори, що сприяють появі лісових пожеж	16
1.2 Аналіз програмних та інструментальних засобів прогнозування лісових пожеж ..	19
1.2.1 Канадська система оцінки небезпеки пожеж в лісі	19
1.2.2 Система оцінки небезпеки пожеж в лісі	24
1.3 Огляд математичних моделей і методів для вирішення завдання прогнозування лісових пожеж	29
1.3.1 Обчислення комплексного показника пожежної небезпеки в Україні.....	29
1.3.2 Канадська методика оцінки індексу небезпеки погодних умов	30
1.3.3 Детерміновано-імовірнісна методика прогнозу лісової пожежної небезпеки	35
1.4 Висновки до першого розділу	41
2 МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗА УМОВАМИ ПОГОДИ	42
2.1 Підхід до прогнозування загроз виникнення лісової пожежі за допомогою комплексного показника пожежної небезпеки	42
2.2 Опис використаних в роботі методів Data Mining для прогнозування лісових пожеж.....	45
2.2.1 Множинна регресія	45
2.3 Метрики для оцінки якості моделей.....	56
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ	57
3.1 Розробка робочих процесів прогнозування лісових пожеж	57
3.1.1 Процес виконання моделі класифікації для прогнозування лісових пожеж.....	57
3.1.2 Процес виконання моделі регресії для прогнозування площі пожежі.....	58
3.2 Програмна реалізація моделей прогнозування лісових пожеж.....	59
3.2.1 Вихідні дані для моделювання.....	59
3.2.2 Програмна реалізація моделі множинної регресії	60
3.2.3 Програмна реалізація моделі SVM.....	64

3.2.4 Порівняння отриманих результатів	65
3.3 Імплементация алгоритмів прогнозування до інформаційної системи моніторингу лісових пожеж	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	
ЕКОЛОГІЯ	68
4.1 Загальні питання з охорони праці	68
4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці	68
4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці	69
4.2 Аналіз стану умов праці	70
4.2.1 Вимоги до приміщень	70
4.3 Виробнича санітарія	72
4.3.1 Пожежна безпека	72
4.3.2 Електробезпека	74
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища	75
4.4.1 Мікроклімат	75
4.4.2 Освітлення	75
4.5 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання	77
4.6 Вентильовання	78
4.7 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій	79
4.8 Охорона навколишнього природного середовища	82
6.8.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища	82
4.8.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі	82
Висновки до розділу	84
ВИСНОВОК	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	86

ВСТУП

Актуальність. Лісова пожежа - це некероване (стихійне) горіння, що розповсюджується по лісовій площі. Проблема лісових пожеж в останні роки привертає до себе особливу увагу в контексті зростання впливу таких глобальних процесів, як зменшення площ лісів світу, втрата біорізноманіття, глобальні зміни клімату та зміни в землекористуванні.

В даний час під егідою ООН розробляється світова система раннього виявлення пожеж, яка ґрунтується на супутникових спостереженнях, прогнозуванні та моделюванні лісопожежних ризиків і централізованій інформаційній системі оповіщення. Науковий супровід здійснюють вчені Канади і США у співпраці з Глобальним центром моніторингу пожеж. Україна тут також задіяна - в частині запобігання великих лісових пожеж в зоні відчуження ЧАЕС [1]. Питаннями розвитку теорії прогнозування лісових пожеж, яка об'єднує методи оцінки небезпеки від природно-кліматичних умов та людського фактору впродовж останніх десятиліть в Україні активно займались В.Є. Ходаков [2], М.В. Жарікова [2,3], О.М. Ляшенко [3,4], А.Д. Кузін [5], Ю.І. Грицюк [6], І.М. Бутко [7] та інші. Проте, незважаючи на усі зусилля вчених з організації протипожежної безпеки, науково-технічна задача захисту лісів від пожеж в Україні та усьому світі до кінця не вирішена. Тому обґрунтованою є тема магістерської роботи, у якій вирішується **науково-прикладне завдання** розроблення моделей і методу інформаційної технології прогнозування лісових пожеж за допомогою сучасних методів машинного навчання та інтеграції результатів з шарами аналізу ситуації інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Об'єкт дослідження – процеси моделювання лісових пожеж.

Предмет дослідження – моделі та метод інформаційної технології процесу прогнозування небезпечних ситуацій пов'язаних з лісовими пожежами за допомогою статистичних моделей машинного навчання.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення точності прогнозів щодо можливості виникнення та розповсюдження лісових пожеж за рахунок використання сучасних методів видобутку даних.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі **завдання**:

- аналіз методів і засобів прогнозування лісових пожеж;
- розроблення моделей прогнозування лісових пожеж з використанням метеорологічних даних;

– розроблення програмних засобів і елементів інформаційної технології прогнозування лісових пожеж;

– імплементація алгоритмів прогнозування до інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Методи дослідження. Проведені в роботі дослідження основані на методах видобутку знань і теорії ймовірностей, які використовувались при розробленні моделей прогнозування лісових пожеж з використанням метеорологічних даних; математичної статистики, імітаційного моделювання для побудови імітаційних моделей оцінювання якості прогнозів.

Наукова новизна отриманих результатів:

Дістали подальшого розвитку моделі прогнозування лісових пожеж з використанням методів data mining, що дозволяє підвищити якість прогнозів враховуючи лише метеорологічні дані.

Особистий внесок здобувача полягає у розробленні моделей, методів та інструментальних засобів, що дозволяють вирішити поставлені задачі. Усі основні результати отримані автором особисто.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення, ідеї, висновки магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на III регіональному форумі «ІТ-Ідея 2017».

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у Східноукраїнському національному університеті ім. В. Даля у відповідності з з планами НДР кафедри комп'ютерних наук та інженерії та міжнародним проектом 573818-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-SBHE-JP «Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Applications (ALIOT)» (2016-2019 pp.).

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що основні наукові положення магістерської роботи реалізовані у виді розрахункових моделей та програмних засобів, які утворюють прикладну інформаційну технологію побудови та експлуатації інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Публікації. За темою магістерської роботи з викладенням її основних результатів опубліковано 2 наукові праці у вигляді тез доповідей конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 90 сторінок, з яких основний текст на 88 сторінках, список використаних джерел із 33 найменувань. Робота містить 7 таблиць, та 15 рисунків.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз лісових пожеж і причин, що їх викликають

У загальному випадку лісова пожежа - це некероване (стихійне) горіння, що розповсюджується по лісовій площі. За своєю природою він являє собою динамічне явище і може існувати тільки при русі полум'я по все новим шарам горючого матеріалу.

Лісова пожежа розглядається як відкрита динамічна система, яка поширюється в просторі, і представляє собою сукупність фізико-хімічних процесів горіння лісових горючих матеріалів, умов, при яких ці процеси протікають і засобів впливу на них. Ця система має вхідні і вихідні параметри, а також параметри управління (рис. 1.1).

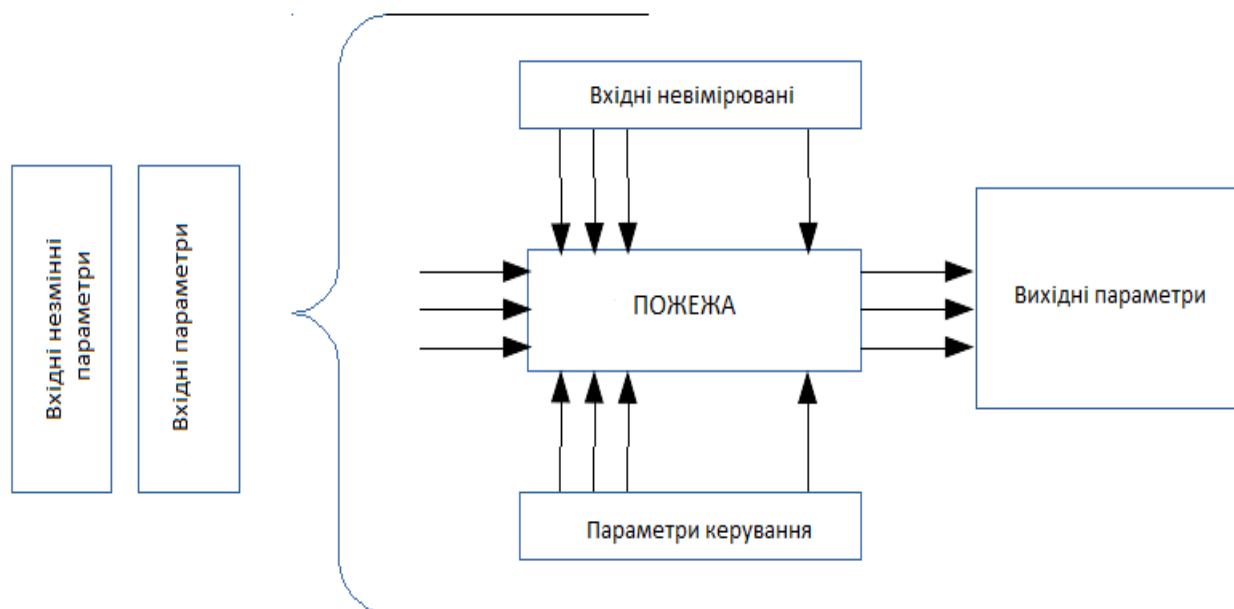


Рисунок 1.1 - Загальна структура лісової пожежі

Вхідні незмірні параметри включають усереднену характеристику ЛГМ, метеорологічні і топографічні показники. Вхідні вимірні параметри представляють собою джерела вогню здатні викликати загоряння. Параметри управління - це протипожежний пристрій лісової території. Вихідними параметрами є: площа, пройдена вогнем, інтенсивність і вид пожежі, яка загинула деревина і компоненти лісового біогеоценозу.

Виникнення і розвиток лісових пожеж можливо при наявності: горючого матеріалу, сприятливих умов для дозрівання і загоряння лісових горючих матеріалів, джерела вогню (рис. 1.2). При відсутності будь-якої з цих складових виникнення лісової пожежі неможливо.



Рисунок 1.2 – Причини виникнення лісової пожежі (Тріада загорання лісу)

Причину лісової пожежі визначає джерело вогню, наявність умов загорання і можливість займання горючих матеріалів.

Лісові пожежі відносяться до класу небезпечних надзвичайних подій, викликаних істотним впливом тих чи інших факторів, в залежності від природи появи чинників, надзвичайні ситуації можуть мати випадковий (природний) характер і антропогенний і / або техногенний характер. Лісові пожежі можуть виникати від природних причин (блискавок, самозаймання порушених шарів торфу та ін.) і з вини людини (антропогенні джерела). Причини, пов'язані з діяльністю людини, діляться на: 1) безпосередньо пов'язані з веденням лісового господарства (несвоєчасна очистка лісосік і внелесосечної захаращеності, погана організація охорони та ін.); 2) безпосередньо не пов'язані з веденням лісового господарства (підвищення загораємості лісів вздовж доріг, в місцях масового відпочинку, проведення гідротехнічних меліорацій і ін.). При статистичному обліку пожеж використовується наступна класифікація причин виникнення лісових пожеж: 1) від сільськогосподарських палів; 2) з вини лесозаготовителів; 3) з вини експедицій; 4) з вини інших організацій і підприємств; 5) з вини населення; 6) з нез'ясованих причин; 7) від блискавок.

1.1.1 Види лісових пожеж

Залежно від характеру впливу вогню на складові частини насаджень природні пожежі розділені на: низові, верхові і торф'яні (підземні), кожен з яких в залежності від швидкості просування крайки пожежі і домінуючого комплексу горючих матеріалів можуть відрізнятися за площею, інтенсивності і характеру (рис. 1.3). Згідно [І.С. Мелехов, 1978], при класифікації лісових пожеж необхідно також враховувати: 1) вплив вогню на

компоненти насаджень; 2) характер об'єкта в цілому; 3) повторюваність пожеж; 4) час сезону і доби; 5) величину охопленої вогнем площі; 6) причину виникнення; 7) особливості характеру післяпожежних змін та ін.

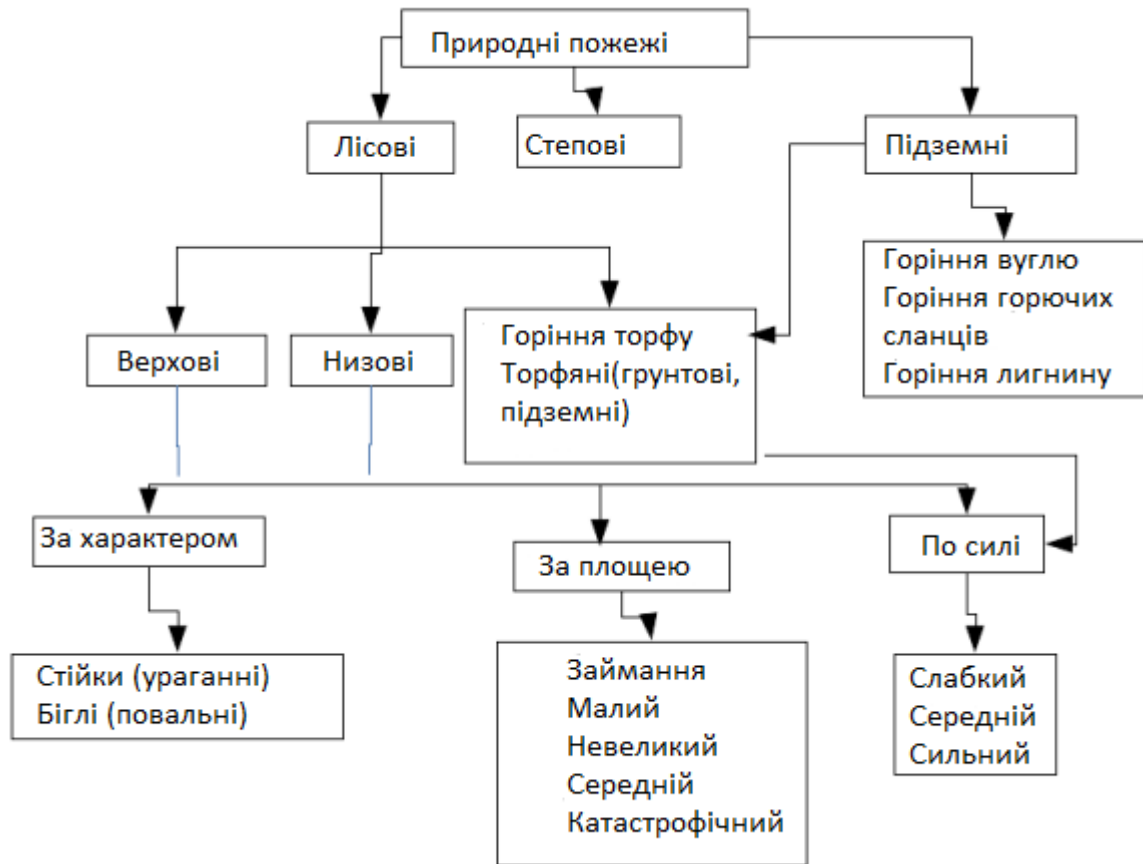


Рисунок 1.3 - Види природних пожеж

Низова пожежа - пожежа, що поширюється по нижніх ярусах рослинності, лісовій підстилці і опаді. На частку цих пожеж припадає до 98% їх загальної кількості. За швидкістю поширення і характеру горіння низові пожежі поділяються на швидкі й стійкі. Швидкі низові пожежі найчастіше виникають ранньою весною, коли пожежної зрілості досягають самі верхні шари осаду, лісової підстилки і відмерла лісова трава. Швидкість поширення таких пожеж перевищує 0,5 м / хв. При таких пожежах дерева зазвичай не пошкоджуються, але в хвойних молодняках можлива загроза переходу в верхові. Стійкі верхові пожежі поширюються зі швидкістю до 0,5 м / хв з переважаючим безполуменовий горінням підстилки, валежа і інших компонентів ЛГМ. Виникають такі пожежі переважно в літньо-осінній період. При стійких низових пожежах гине напочвенний покрив, підріст і підлісок, пошкоджуються нижні частини стовбурів і коріння. На торф'яних ґрунтах стійкі низові пожежі можуть переходити в торф'яні, а в молодняках і багатоярусних

насадженнях з наявністю хвойного підросту - і в верхові. Для низової пожежі характерна витягнута форма Горельників, світло-сірий колір диму, температура горіння - 700-8000С.

Верхова пожежа - це лісова пожежа, що охоплює весь полог лісу. Він є наступною стадією інтенсивного низової пожежі. Переходу низової пожежі у верхову сприяють вертикальна зімкнутість деревного полога, наявність густого хвойного підросту і підліску і ряд інших чинників. Побіжний верхова пожежа поширюється зі швидкістю більше 60 м / хв і значно випереджає швидкість одночасного горіння нижніх ярусів лісової рослинності. Виникають верхові пожежі в літньо-осінній період при сильних вітрах. Вогонь по пологу поширюється дуже швидко, стрибками і періодично випереджає фронт низової пожежі. Стійкий верхова пожежа - це верхова пожежа, що поширюється зі швидкістю до 60 м / хв, періодично випереджаюче і прискорює поширення вогню по нижніх ярусах лісової рослинності. При стійкій верховій пожежі відбувається більш повне згорання напочвенного покриву, підросту, підліску, хвої, великих гілок і пошкоджених стовбурів дерев. Такі пожежі виникають у хвойних молодняках і багатоярусних хвойних деревостанах. При верхових пожежах дим темно-сірий, висота полум'я над рівнем крон до 5-8 м, температура полум'я - 900-1200 ° С. Форма згарища сильно витягнута.

Торф'яну пожежу (підземний) - лісова пожежа, при якому згорає органічний шар заболочених і болотних ґрунтів. Він являє подальшу стадію розвитку низової пожежі на ділянках з торф'яними ґрунтами або товстим шаром (більш 20 см) лісової підстилки. Виникають такі пожежі в літньо-осінній період після тривалих посух. При торф'яному пожежі згорають корені дерев, і вони падають в зону горіння. Горіння поширюється повільно, до декількох сантиметрів (метрів) на добу. Іноді низові пожежі переходять в торф'яні в декількох місцях і утворюють багатоочагове пожежі. Тліючі частки торфу з висохлих кавальєрів меліоративних канал можуть розноситися сильним вітром до 50 м і більше, створюючи нові вогнища горіння. Тепло, що виділяється при торф'яному пожежі, накопичується в шарі торфу і готує до горіння суміжні шари. З цієї причини торф може горіти при абсолютній вологості до 500%. Дим торф'яної пожежі світло-сірий, нерухомий, температура полум'я 1000-1200 ° С. Конфігурація торф'яної пожежі наближається до кола.

1.1.2 Проблеми прогнозування лісових пожеж

Прогнозування природних надзвичайних ситуацій (НС) - завчасне визначення ймовірності виникнення наслідків природних НС на основі аналізу та прогнозування джерел природних НС та їх впливу на населення, територію і навколишнє природне середовище [8].

Головним завданням при прогнозуванні природних надзвичайних ситуацій є оцінка можливого ризику прояви і розвитку небезпечних явищ. Процес прогнозування природних катастроф в більшій мірі заснований на використанні довготривалих статистичних даних спостереження за тими чи іншими природними явищами (рис.1.4).

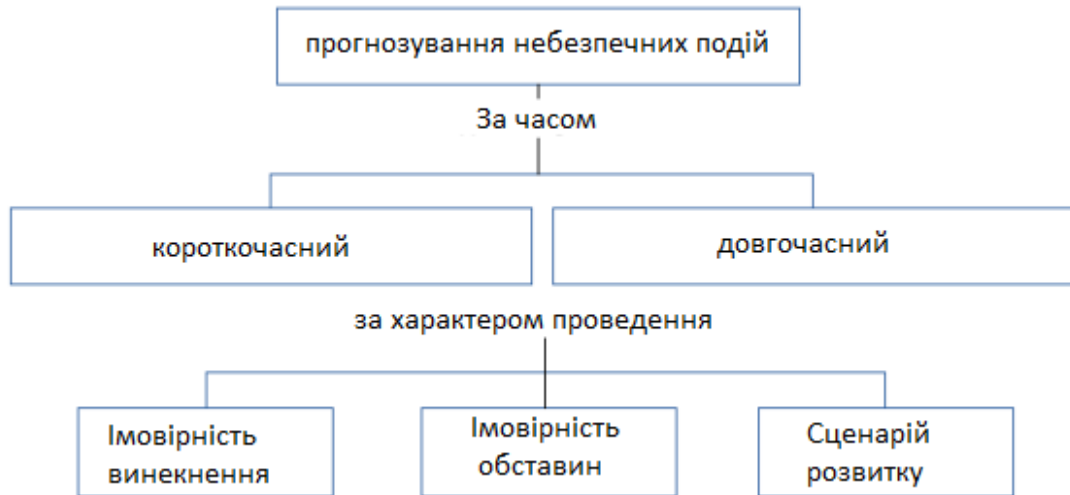


Рисунок 1.4 - Прогнозування небезпечних подій за часом і характером [9]

Згідно [10], класичне визначення пожежної безпеки - загроза виникнення пожежі, що виражається його ймовірністю. Останнім часом термін "пожежна безпека" набуває нового значення - загроза нанесення шкоди в результаті діяльності некерованих лісових пожеж. Таке визначення істотно підвищує інформативність показника пожежної безпеки, але, в той же час, вимагає додаткових вихідних даних.

Прогнозування лісових пожеж - визначення ймовірності виникнення і розростання лісових пожеж в часі і просторі на підставі аналізу даних моніторингу лісових пожеж [8].

До складу завдань прогнозування пожеж в лісі входять:

- 1) Оцінка поточної пожежної безпеки за умовами погоди (вологість, температура, напрям і швидкість вітру, температура точки роси, грозний фронт, удари блискавки і т.д.);
- 2) Прогнозування кількості лісових пожеж;
- 3) Прогнозування динаміки пожеж: площа поширення пожежі, - швидкість поширення кромки; ймовірна швидкість поширення лісових пожеж
- 4) Прогнозування енергетичних параметрів пожеж та можливої шкоди

Проблема 1. Вибір параметра і доступ до даних

Відомо, що погодні умови (температура, вітер) впливають на виникнення лісових пожеж і деякі показники пожеж, такі як погодний показник лісових пожеж Fire Weather Index (FWI) [11], використовують ці дані.

На даний момент оцінка природної пожежної небезпеки лісових масивів в Україні і в Росії проводиться на основі розрахунку індексів, що використовують наземні метеорологічні вимірювання температури і вологості повітря, а також кількості опадів, що випали. Розрахунок класу пожежної небезпеки проводиться за методикою Нестерова [12] з урахуванням регіональних особливостей по мережі діючих метеостанцій. Від щільності розташування метеостанцій залежить точність оцінки пожежонебезпеки. Наприклад, діюча мережа метеостанцій на території Іркутської області, особливо в північній і північно-східній її частині, є вельми розріджений, і тому оцінка пожежної небезпеки в обширній тайговій зоні проводиться дуже наближено.

Даний метод також не завжди своєчасно може попередити про загрозу пожежі. Він визначається на 12:00 дня, коли пожежна небезпека сформована. Наприклад, обчислення значень комплексного показника відповідно до метеорологічних даних серпня 2007, відомого наймасштабнішими за останні десятиліття лісовими пожежами на півдні України, показало, що висока пожежна небезпека встановилася тільки в той день, коли виникла пожежа.

Проблема 2. Відсутність карт горючих матеріалів, необхідних для здійснення якісного прогнозу

Система прогнозування лісових пожеж [13] повинна включати ряд підсистем (варіантів), математичні моделі і програми для прогнозування характеристик пожежі, його поширення та наслідків, а також моделі для оцінки факторів, що впливають на процес горіння (вмісту вологи горючих матеріалів, швидкості вітру під пологом лісу та інших.). Система також повинна включати інформаційну базу з пірологічною характеристикою рослинності (у вигляді карт і доданих до них описів). Найбільш складним є створення інтегрованої інформаційної бази, оскільки вона повинна давати пірологічну характеристику всіх ділянках рослинності на території, забезпечуючи при цьому наповнення математичних моделей. Моделі, наповнення яких на практиці не забезпечено, можуть мати лише обмежене застосування.

Проблема 3. Вплив соціально-економічних процесів.

Лісогосподарська галузь зберігає і відтворює ліси, водночас вона залежить від суспільства і чутлива до всіх соціально-економічних процесів, що відбуваються в країні. Світовий досвід свідчить, що в більшості випадків соціально-економічні потрясіння в

суспільстві, реформи лісового, сільського господарства або землекористування призводили до збільшення горіння лісів.

Проблема 4. Глобальна зміна клімату.

Зараз на всі процеси накладається негативний вплив глобальних змін клімату, який важко прогнозувати. Тому дуже важливі виваженість, передбачуваність і поступовість у будь-яких діях, які можуть впливати на функціонування лісового господарства та його невід'ємну частину - службу охорони лісів від пожеж.

Проблема 5. Транскордонний перенесення і транскордонний вплив.

Однією з найскладніших проблем залишається проблема транскордонного впливу лісових пожеж. Типовими прикладами є транскордонний перенос диму від пожеж площею сотні тисяч гектарів між Росією, Монголією та Китаєм, Канадою і США, країнами Латинської Америки, Африки і т.д. Відповіддю країни є координація гасіння пожеж, які перетинають кордони, а також своєчасне інформування про перенесення диму від пожеж на території інших країн.

Наочним прикладом ефективності такої співпраці було своєчасне оповіщення казахською стороною в серпні 2010 року російських пожежних про велику пожежу, яка швидко рухалась в сторону російсько-казахстанського кордону.

В результаті своєчасної евакуації жителів двох поселень вдалося уникнути трагічних наслідків, оскільки пожежа не була локалізована і населені пункти були повністю знищені вогнем. У багатьох інших випадках в той рік, через брак часу органам МНС на евакуаційні заходи, в будинках залишалися старі, які не здатні евакуюватися самостійно, що викликало їх загибель.

Кількість потенційних антропогенних джерел вогню можуть бути визначені через величину щільності населення або через чисельність населення і кількість населених пунктів і відстані до них.

Ступінь пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди визначається за прийнятим в лісовому господарстві комплексним показником Нестерова, обчислюваному на основі даних про температуру повітря і температурі точки роси (в ° С), кількості опадів, що випали (в мм).

Кількість лісових пожеж прогнозують, виходячи: з ступенем пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди, класу пожежної небезпеки лісових ділянок на розглянутій території, кількості потенційних джерел вогню, кількості пожеж в ретроспективі в аналогічних умовах, теоретичних законів розподілу випадкових подій.

Види лісових пожеж прогнозуються виходячи з характеру ділянок лісового фонду.

Прогноз ймовірних швидкостей поширення лісових пожеж різних видів при різних класах пожежної небезпеки в лісі за умовами Погоди становлять для різних типів лісу і лісових ділянок, тобто з урахуванням переважаючих видів ЛГМ або їх комплексів і їх запасів, а також рельєфу території і сили вітру .

Передумовами лісопожежній НС є:

- малосніжна зима, тривалий бездощові період (15-20 днів) з високою (вище середньої багаторічної) середньодобовою температурою повітря і малої відносною вологістю на початку пожежонебезпечного сезону, коли ступінь пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди характеризується IV, V класами пожежної небезпеки;

- тривалий період з IV, V класами пожежної небезпеки, атмосферна посуха в будь-який час пожежонебезпечного сезону;

- наявність в лісовому фонді безконтрольних антропогенних джерел вогню і (або) часті грозіві розряди при високому ступені пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди.

Таким чином, варто відзначити, що комплексна оцінка пожежної небезпеки повинна не тільки враховувати умови, які призводять до виникнення пожежі, а й прогнозувати енергетичні параметри пожежі, що обумовлюють ймовірний збиток. Ідея прогнозування енергетичних параметрів пожеж, а, отже, можливої шкоди лісовому господарству знайшла відображення в національних системах оцінки пожежної небезпеки в Канаді і США.

1.1.3 Природні фактори, що сприяють появі лісових пожеж

При оцінці природної пожежної небезпеки на покриті і непокриті лісом площах, як правило, враховується лісівничо-таксаційна характеристика насаджень, умови місцезростання, крутизна і експозиція схилу, географічні умови та ін. Ці показники впливають на мікроклімат під пологом лісу і непокритих лісом площах, зміна швидкості вітру, видового складу і вологості ЛГМ. Ступінь їх впливу визначається складом і віком деревостанів, наявністю підросту, підліску та друге ярусів, типом лісу та іншими особливостями. Від цих та інших показників залежить можливість виникнення, вид та характеристика пожежі, небезпека переходу низової пожежі у верхову. На відміну від лісових на непокритих лісом землях складається особливий режим температури, вологості, швидкості вітру, ймовірність настання пожежної небезпеки і виникнення пожеж. Тут готовність ЛГМ до займання швидше настає і зберігається протягом усього пожежонебезпечного сезону.

Відповідно до [14] вихідними даними для прогнозування лісових пожеж є:

- клас пожежної небезпеки за умовами погоди;
- місце розташування і площі ділянок лісового фонду I-III класів пожежної небезпеки та (або) ділянок різних класів пожежної небезпеки, де в розглядається час ЛГМ можуть горіти при появі джерела вогню;
- дані про рельєф місцевості (рівнина, плато, плоскогір'я, нагір'я, гори, пагорби, сопки, експозиція схилу; улоговини, яри);
- наявність потенційних джерел вогню в перерахованих ділянках лісового фонду; дані про грозової діяльності;
- результати ретроспективного аналізу розподілу пожеж в часі (число пожеж по роках, місяцях, декадах, днях, часу доби) і по території (лісовий квартал, лісництво, лігосп) розглянутого району, регіону або порівнянного з ними по природним і економічним умовам за останні 10 років.
- кліматичні показники

Опади є одним з найбільш важливих кліматичних чинників, що знижують пожежну небезпеку лісу. Після їх випадання ЛГМ зволожуються і на протязі декількох днів після дощу не загоряються. Зниження вологості ЛГМ нижче 45% - ознака настання пожежної небезпеки в лісі. Надзвичайна пожежна небезпека настає після тривалих посух при вологості ЛГМ менше 10%.

При оцінці природної пожежної небезпеки на покриті і непокриті лісом площах, як правило, враховується лісівничо-таксаційна характеристика насаджень, умови місцезростання, крутизна і експозиція схилу, географічні умови та ін. Ці показники впливають на мікроклімат під пологом лісу і непокритих лісом площах, зміна швидкості вітру, видового складу і вологості ЛГМ. Ступінь їх впливу визначається складом і віком деревостанів, наявністю підросту, підліску та друге ярусів, типом лісу та іншими особливостями. Від цих та інших показників залежить можливість виникнення, вид та характеристика пожежі, небезпека переходу низової пожежі у верхову. На відміну від лісових на непокритих лісом землях складається особливий режим температури, вологості, швидкості вітру, ймовірність настання пожежної небезпеки і виникнення пожеж. Тут готовність ЛГМ до займання швидше настає і зберігається протягом усього пожежонебезпечного сезону.

Відповідно до [14] вихідними даними для прогнозування лісових пожеж є:

- клас пожежної небезпеки за умовами погоди;
- місце розташування і площі ділянок лісового фонду I-III класів пожежної небезпеки та (або) ділянок різних класів пожежної небезпеки, де в розглядається час ЛГМ можуть горіти при появі джерела вогню;

- дані про рельєф місцевості (рівнина, плато, плоскогір'я, нагір'я, гори, пагорби, сопки, експозиція схилу; улоговини, яри);

- наявність потенційних джерел вогню в перерахованих ділянках лісового фонду; дані про грозової діяльності;

- результати ретроспективного аналізу розподілу пожеж в часі (число пожеж по роках, місяцях, декадах, днях, часу доби) і по території (лісовий квартал, лісництво, лісгосп) розглянутого району, регіону або порівнянного з ними по природним і економічним умовам за останні 10 років.

- кліматичні показники

Опади є одним з найбільш важливих кліматичних чинників, що знижують пожежну небезпеку лісу. Після їх випадання ЛГМ зволожуються і на протязі декількох днів після дощу не загоряються. Зниження вологості ЛГМ нижче 45% - ознака настання пожежної небезпеки в лісі. Надзвичайна пожежна небезпека настає після тривалих посух при вологості ЛГМ менше 10%. Критичний вміст вологи, при якому можливе поширення горіння для відмерлих трав 15-20%, зелених мохів -35-40%, лісової підстилки - 50-60%, торфу 400-500%.

Температура повітря впливає на пожежну небезпеку через дефіцит вологості, поява і відмирання надгрунтового покриву. Підвищення температури повітря і ґрунту призводить до посилення водопоглинання рослинами і послаблює висихання надгрунтового покриву з одного боку, а з іншого -нагрівання ЛГМ сприяє підвищенню пожежної небезпеки.

Хмарність уповільнює швидкість висихання ЛГМ, а освіту купчастих хмар над лісовими регіонами створює умови для гасіння лісових пожеж штучно викликаються опадами.

Вітер прискорює випаровування вологи, сприяє більш швидкому настанню пожежної зрілості ЛГМ, забезпечує зону горіння новими порціями кисню, підсилює інтенсивність горіння на фронтальній крайці пожежі, призводить до утворення нових вогнищ горіння і при сприятливих умовах може сприяти переходу сильних низових пожеж у верхові.

Загальновідомо вплив **рельєфу місцевості** та експозиції схилу на швидкість дозрівання ЛГМ, інтенсивність горіння і швидкість поширення пожежі. За дослідженнями М.А. Софронова [15], швидкість низової пожежі, що поширюється вгору по схилу крутизною 25-400 і більше, підвищується в 10 і більше разів. Низова пожежа в таких умовах часто переходить у верхову.

На швидкість поширення і вид пожежі впливає лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів і пірологічна характеристика ЛГМ. При товстому і пухко складеному шарі ЛГМ можуть виникати верхові пожежі сильної інтенсивності.

1.2 Аналіз програмних та інструментальних засобів прогнозування лісових пожеж

1.2.1 Канадська система оцінки небезпеки пожеж в лісі

Система Canadian Forest Fire Weather Index (FWI), яка залежить виключно від показань погоди, забезпечує загальну міру пожежної небезпеки у всіх лісових і сільських районах. Коди і індекси цієї системи розраховуються на основі єдиного «стандартного» типу лісового палива - пірологічної характеристики ЛГМ (в основному, 3 види сосни).

Посилання на ресурс:

<http://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/fire/14470>

Опис функціоналу

Система FWI включає шість компонентів, які враховують вплив вологості палива і вітру на поведінку вогню.

Перші три компонента - коди вологості палива - це числові оцінки:

- 1) вологості підстилки та інших видів дрібного палива,
- 2) середнього вмісту води в слабо ущільнених органічних шарах помірної глибини і
- 3) середнього вмісту води в глибоких, компактних органічних шарах.

Решта три компонента - це показники поведінки пожежі, які представляють собою:

- 1) швидкість поширення вогню,
- 2) паливо для горіння і
- 3) інтенсивність фронтального вогню; їх значення зростають у міру підвищення пожежної небезпеки.

Розрахунок компонентів заснований на послідовних щоденних спостереженнях за температурою, відотною вологістю, швидкістю вітру і 24-годинним дощем. Шість стандартних компонентів забезпечують числові оцінки відносного потенціалу пожежі в дикій природі. На рис.1.5 показані компоненти системи FWI.

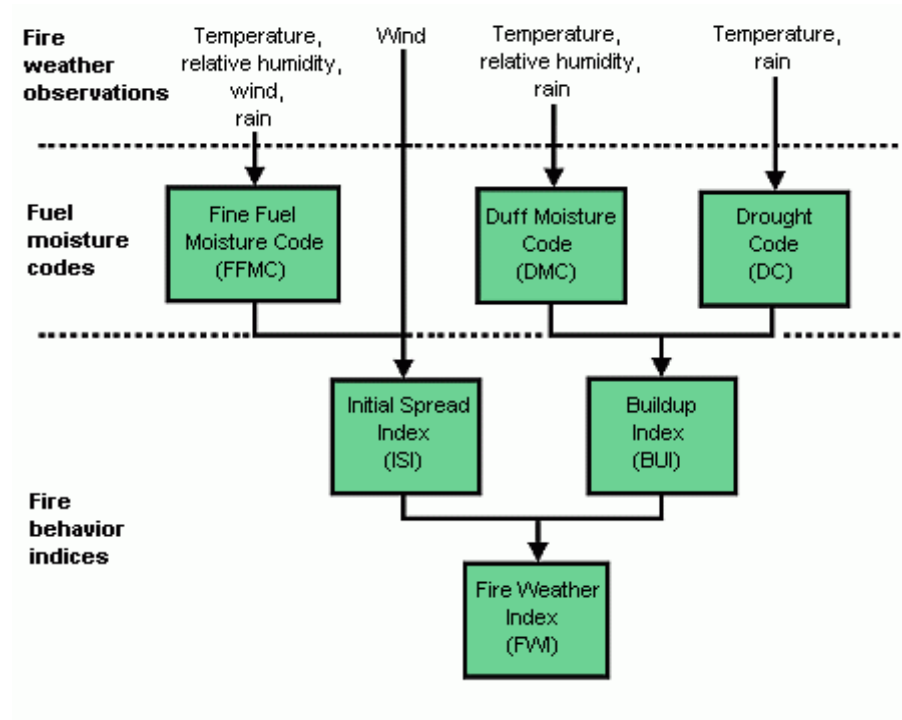


Рисунок 1.5 - Структура системи FWI

Шість стандартних компонентів забезпечують числові оцінки відносного потенціалу пожежі в дикій природі.

1) Коефіцієнт вологості тонкого палива

Fine Fuel Moisture Code (FFMC) являє собою числову оцінку вмісту вологи в підстилці та інших сценарій тонкоподрібнених видах палива. Цей код є показником відносної легкості займання і займистості тонкого палива.

2) Код вологості лісової підстилки

Duff Moisture Code (DMC) являє собою числове значення середнього вмісту вологи в слабо ущільнених органічних шарах помірної глибини. Цей код дає уявлення про витрату палива в шарах помірної глибини лісової підстилки і деревному матеріалі середнього розміру.

3) Код посухи

Drought Code (DC) - це числова оцінка середнього вмісту вологи в глибоких, компактних органічних шарах. Цей код є корисним показником сезонного впливу посухи на лісові палива і кількості тліючого шару в глибоких шарах підстилки і великих колодах.

4) Початковий індекс поширення

Initial Spread Index (ISI) являє собою числову оцінку очікуваної швидкості поширення вогню. Він об'єднує ефекти вітру і FFMC за швидкістю поширення без впливу змінних кількостей палива.

5) Індекс нарощування

Buildup Index (BUI) являє собою числову оцінку загальної кількості палива, доступного для спалювання. Він об'єднує DMC і DC.

6) Індекс пожежної погоди

Fire Weather Index (FWI) - це числова оцінка інтенсивності вогню. Він об'єднує початковий індекс поширення і індекс нарощування. Він підходить як загальний показник пожежної небезпеки в усіх лісових районах Канади.

7) Щоденний рейтинг серйозності

Daily Severity Rating (DSR) - це числова оцінка складності управління пожежами. Він заснований на Індексі пожежної погоди, але більш точно відображає очікувані зусилля, необхідні для придушення пожежі.

Джерела даних та методи для побудови щоденних карт

Вхідні параметри FWI включають дані про рельєф (elevation) і поточні дані про погоду з різних джерел. ПО ГІС використовується для інтерполяції метеорологічних даних між станціями для створення карт з прив'язкою до сітки. Потім компоненти системи FWI обчислюються за принципом «по осередках» відповідно до рівняннями [16] для отримання карт FWI.

1) Дані про рельєф (вид карти висот)

<http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/maps/elevation> Рельєфна сітка 1×1 км була отримана з геологічної служби США з гідрологічно правильною цифровою моделлю рельєфу (DEM) для Північної Америки, завантаженої з веб-сайту USGS . DEM є версією GTOPO30 з гідрологічним виправленням, 30-секундної глобальної DEM, зібраної USGS. У Канаді дані для GTOPO30 були взяті з двох джерел: Digital Chart of the World і Digital Elevrain Data, які були отримані Національним агентством зображень і картографування США (раніше це Агентство з картографії оборони).

2) Дані про погоду (перегляд карти метеостанцій)

<http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/maps/wxstns>

В даний час CWFIS використовує дані про погоду приблизно з 900 станцій в Канаді і на півночі Сполучених Штатів. Близько 700 з цих станцій знаходяться у веденні Навколишнього середовища Канади (ЄС) або інших федеральних відомств за контрактом з ЄС. Шістнадцять станцій експлуатуються Національної метеорологічної службою (СЗП) Сполучених Штатів, а решта станцій обслуговуються провінційними урядами Нової Шотландії, Квебека і Саскачевану. Планується включення протягом наступного року станцій, керованих іншими провінціями.

Дані EC і NWS отримані через супутник Anik Telesat Canada. Спостереження за погодою збираються з канадських станцій Канадським метеорологічним центром в Монреалі і передаються в Канаду Telesat в Торонто, щоб бути підключені до супутника Аник. Потім дані передаються в Північний лісовий центр в Едмонтоні для обробки і зберігання.

Дані провінцій збираються агентствами з управління пожежами і щодня пересилаються в Північний лісовий центр по FTP.

3) Прогноз погоди

Прогнозована погода, яка використовується в Інформаційній системі пожежної охорони Канадської лісової зони, надається Канадським метеорологічним центром, філією Environment Canada. Ці дані мають форму прогнозів спитав для 750 канадських метеостанцій або точок відбору проб. Елементи погоди формуються з регіональної моделі глобального екологічного мультимасштаба (GEM) і статистики випуску моделей (MOS) для тригодинних інтервалів до 48 годин. Потім з цих даних інтерполюється погода в полудень, і розраховуються умови пожежної небезпеки. Зверніть увагу, що спотові прогнози являють собою прямі результати моделі або статистично пост-оброблені дані і не включають дані з регіональних прогнозів

Розширені прогнози засновані на Північноамериканській ансамблевої системі прогнозів (NAEFS) http://weather.gc.ca/ensemble/naefs/index_e.html. Медіана значень ансамблю 40 членів використовується для прогнозування температури, вологості вітру і 24-годинного осадження на більш ніж 250 метеорологічних станціях протягом наступних 14 днів. Ці значення використовуються для створення розширених прогнозованих карт і прогнозованих погодних умов. Через діапазону цих прогнозів точність обмежена. Ці прогнози найкраще використовувати для оцінки тенденцій довгострокових індексів, таких як код вологості вологи (DMC), код посухи (DC) і індекс нарощування (BUI).

Початок розрахунку FWI

Для визначення термінів запуску системи навесні і значень кодів вологості палива використовуються процедури, описані в [17]. Існує два методи, в залежності від наявності снігового покриву.

Метод 1. Для станцій, які повідомляють про значне сніговому покриві протягом зими, запуск відбувається, коли на станціях немає снігу протягом трьох послідовних днів. Значний сніговий покрив визначається як середня глибина снігу більше 10 см, при цьому сніговий покрив становить не менше 75% днів у січні і лютому. Початкові значення наступні:

- Коефіцієнт вологості тонкого палива (FFMC) встановлено на 85

- Код вологості Duff (DMC) встановлено на 6
- Код посухи (DC) встановлено на 15 *

Метод 2. Для станцій, які не повідомляють про значне сніговому покриві протягом зими, запуск відбувається, коли середня добова температура становить 6°C або вище протягом трьох послідовних днів. Ця температура є приблизний нижня межа росту рослин. Початкові значення наступні:

- FFMC встановлюється на 85
- DMC встановлюється в 2 рази кількість днів з моменту опадів
- DC встановлюється в 5 разів більше днів з моменту випадання опадів

Там, де доступні дані про перезимували опадах, DC встановлюється відповідно до альтернативним, більш суворим методом [17], що враховує той факт, що насичення глибоких шарів палива може не відбуватися протягом зими. У районах з низьким рівнем перепаду опадів початкове значення для DC може бути значно вище, ніж значення за замовчуванням.

Щоденна обробка інформації про стан погоди

Спостереження за погодою приймаються в необробленому форматі і повинні бути декодовані до їх збереження в базі даних погоди. Система FWI вимагає спостерігається температури, відносної вологості та швидкості вітру в полудень по місцевому стандартному часу, а також 24-годинного осадження. Після отримання повних спостережень у всіх часових поясах 24-годинне осадження розраховується для станцій, які повідомляють щогодини три рази в день чотири рази на день або нерегулярно. Різні інші спостереження, такі як напрям вітру, точка роси і атмосферний тиск, також зберігаються в базі даних, яка буде використовуватися для інтерполяції.

Система FWI вимагає безперервного запису щоденної погоди. Якщо станція не повідомляє чи не повідомляє про відсутніх даних, пропущені значення оцінюються з сусідніх станцій за допомогою інтерполяції з зворотним відстанню (IDW). Для температури і відносної вологості інтерпольоване значення IDW коригується.

Нарешті, щоденні значення вихідних даних системи FWI розраховуються для кожної станції і зберігаються в базі даних.

Щоденні сітки погоди

Щоденні растрові карти (решітки) температури, відносної вологості, швидкості вітру і опадів створюються шляхом інтерполяції значень між метеорологічними станціями з використанням інтерполяції IDW. Значення привласнюються кожному осередку сітки шляхом обчислення зваженого середнього значень найближчих 12 станцій. Для кожного осередку значення станції зважуються інверсією квадрата відстані до осередку.

Погодні сітки потім використовуються в якості вхідних даних для розрахунків сітки прогнозу погоди (FWI) і прогнозу по поведінці (FBP).

Корекція висоти

Значення температури і відносної вологості коригуються для висоти з використанням сітки висоти. Для температури регулювання заснована на стандартній швидкості обходу США $-6,5 \text{ }^\circ\text{C} / \text{км}$; т. е. при кожному збільшенні кілометра на висоті температура, як передбачається, падає на $6,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Для відносної вологості коефіцієнт змішування (відношення водяної пари до сухого повітря по вазі) вважається постійним зі збільшенням. Співвідношення змішування розраховується для кожної станції і інтерполюється в кожен клітинку осередки сітки. Потім відносна вологість розраховується за принципом «окремо» з використанням температурної сітки з регулюванням висоти.

Щоденна збірка сітки

Грати для кодів вологості палива (FFMC, DMC і DC) побудовані з використанням як інтерполяції, так і розрахунку. Оскільки розрахунок коду вологості палива вимагає значень попереднього дня в якості вхідних даних, значення для зон, де запускаються нові станції, інтерполюються, а не обчислюються. В областях, де є значення попереднього дня, коди вологості палива розраховуються на основі поетапно, використовуючи сітки попереднього дня, разом з метеорологічними мережами поточного дня в якості вхідних даних. На вихідних картах не обчислюваним областям присвоюється нульове значення, як і області над арктичною доріжкою.

Індекси пожежогасіння системи FWI (не плутати з виходами системи прогнозування пожежної тривоги) розраховуються за кодами вологості палива. Ці розрахунки виконуються за принципом «окремо» для створення мереж ISI, BUI і FWI. Нарешті, сітка денного рівня серйозності пожежонебезпечної ситуації (DSR) розраховується з сітки FWI. DSR дає відносний рейтинг складності управління вогнем або обсяг роботи, необхідної для придушення пожежі.

1.2.2 Система оцінки небезпеки пожеж в лісі

У багатьох країнах СНД, зокрема Росії для оцінки горимости лісу застосовують індекс Нестерова і регламентується ГОСТ Р 22.1.09.99 [13].

Посилання на ресурс: http://www.snip-info.ru/Gost_r_22_1_09-99.htm

Загальна модель системи:

1.2.2.1 Об'єкти спостереження

Об'єктом спостереження і контролю є територія всього лісового фонду Росії. На території лісового фонду виділяють активно охоронювані ліси і активно не охоронювані ліси. На всій території лісового фонду виділяють забруднені радіонуклідами території та акваторії.

1) Спостереження і контроль за передпожарної обстановкою в лісовому фонді повинні вестися протягом всього пожежонебезпечного сезону і включають:

- спостереження, збір і обробку даних про ступінь пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди;

- оцінку ступеня пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди по загальній або регіональній шкалами пожежної небезпеки.

2) Критерієм настання високу пожежну небезпеку служать відповідні значення комплексного показника пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди.

3) Загальні вимоги до картографічного забезпечення: основний картографічний матеріал для моніторингу регіонального, місцевого та локального рівнів повинен бути складений на точній топографічній основі, повинен мати координатну сітку і відображати ступінь пожежної небезпеки лісів. В якості основного картографічного матеріалу для ведення лісопожежного і радіаційно-пірологічного моніторингу цих рівнів використовують:

- лісопожежні карти лісництв і лісгоспів масштабу 1: 100000;

- лісопожежні карти лісгоспів на забруднених радіонуклідами територіях масштабу 1: 100 000 і лісництв масштабу 1: 50000;

- топографічні карти районів, суб'єктів Російської Федерації масштабу 1: 200000;

- карти радіоактивного забруднення місцевості по окремим суб'єктам Російської Федерації масштабу 1: 200000;

- карти-схеми лісгоспів з характеристикою радіоактивного забруднення місцевості по лісовим кварталах.

В якості додаткового (допоміжного) картографічного матеріалу використовують:

- топографічні польотні карти льотчиків-спостерігачів масштабу 1: 500000 і інших масштабів;

- плани лісонасаджень лісництв масштабу 1:25 000 й інших масштабів;

- карти-схеми протипожежних заходів лісгоспів масштабу 1:100000-1:200000.

Даний вид картографічного забезпечення з розвитком матеріально-технічної бази моніторингу і прогнозування НС повинен стати основним для відображення обстановки.

4) Контрольовані параметри на території лісового фонду:

- Температура повітря;
- температура точки роси;
- кількість опадів;
- швидкість і напрям вітру.

Використовується інформація про наявність грозової активності.

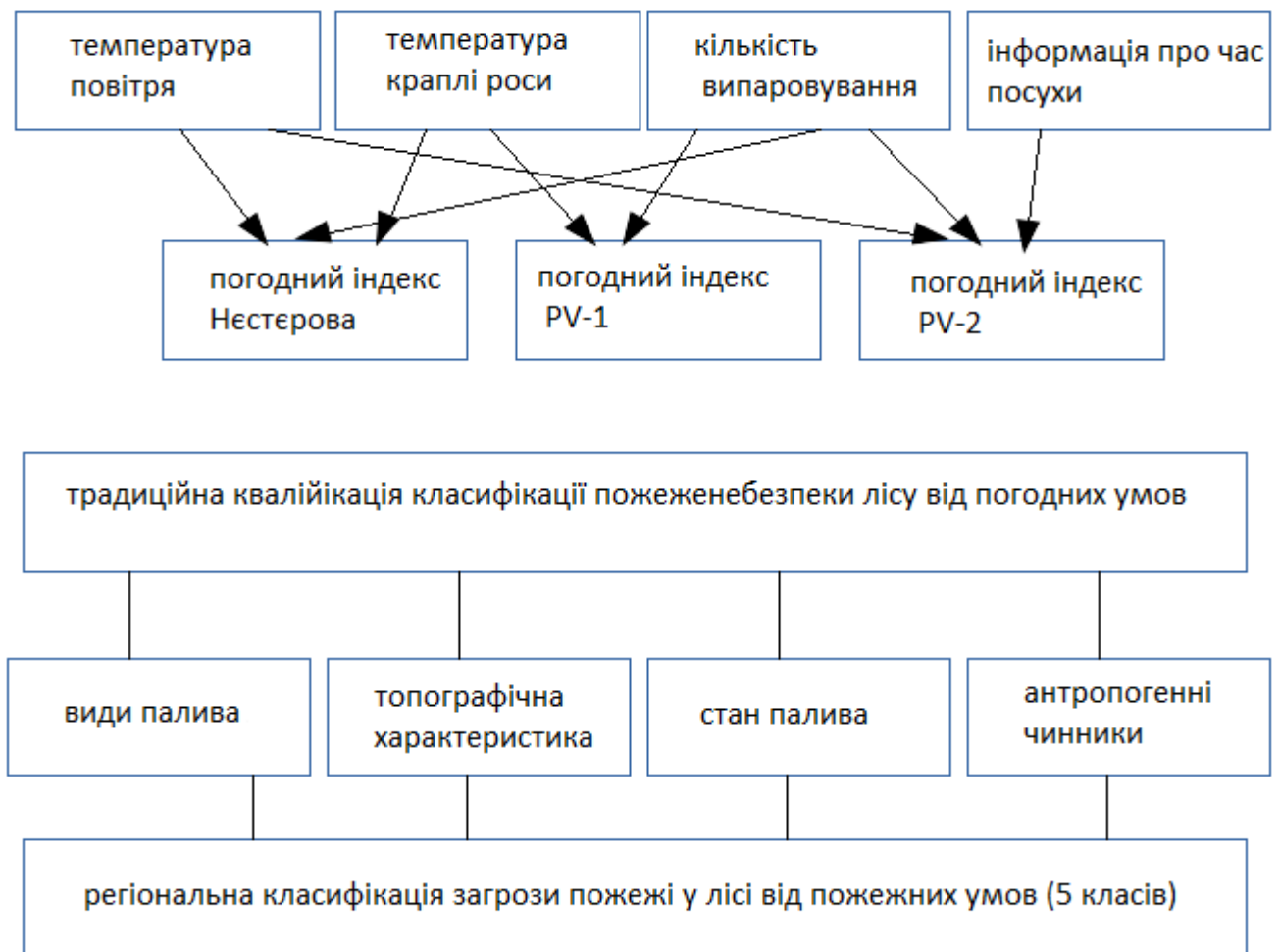


Рисунок 1.6 - Структура системи прогнозування пожеж в Росії

1.2.2.2 Прогнозування лісових пожеж і НЛС

1) Вихідними даними для прогнозування появи джерела вражаючих факторів - виникнення лісової пожежі служать:

- клас пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди;
- розташування та площу ділянок лісового фонду I-III класів пожежної небезпеки та / або ділянок різних класів пожежної небезпеки, де в розглядається час ЛГМ можуть горіти при появі джерела вогню;

- дані про рельєф місцевості (рівнина, плато, плоскогір'я, нагір'я, гори; пагорби, сопки; улоговини, яри);

- наявність потенційних джерел вогню в перерахованих ділянках лісового фонду, де в розглядається час ЛГМ можуть горіти при появі джерела вогню; дані про грозової діяльності;

- результати ретроспективного аналізу розподілу пожеж в часі (число пожеж по роках, місяцях, декадах, днях, годинах діб) і по території (лісовим кварталах, лісництвам, лісгоспам, управлінням лісовим господарством суб'єктів Російської Федерації) розглянутого району, регіону або порівнянного з ними по природним і економічним умовам за останні 10 років.

2) Ступінь пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди повинна визначатися за прийнятим в лісовому господарстві комплексним показником В. Г. Нестерова [12], який обчислюється на основі даних про температуру повітря (в градусах), температурі точки роси (в градусах), кількості опадів, що випали (в міліметрах).

Загальноросійська шкала має п'ять класів пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 Класи пожежної небезпеки в лісі

Клас пожежної небезпеки за умовами погоди	Значення комплексного показника	Ступінь пожежної небезпеки
I	До 300	—
II	Від 301 » 1000	Мала
III	» 1001 » 4000	Середня
IV	» 4001 » 10000	висока
V	Більше 10000	надзвичайна

3) Прогнози розподілу лісових пожеж по території дають по:

- лісництвам;

- лісгоспам;

- органу управління лісовим господарством суб'єкта Російської Федерації.

Прогнози розподілу пожеж за часом включають:

- розподіл пожеж за часом доби;

- розподіл пожеж по місяцях пожежонебезпечного сезону з виділенням періодів пожежних максимумів і піків і розрахунком ймовірної кількості пожеж в ці періоди;

- розподіл пожеж по декадах пожежонебезпечного сезону;
- кількість пожеж в 1 день (середнього, мінімального, максимального);
- кількість лісових пожеж на рік (пожежонебезпечний сезон);
- початок і тривалість пожежонебезпечних сезонів.

4) За інших рівних умов лісова пожежа виникає раніше в ділянках I класу пожежної небезпеки і в останню чергу в ділянках V класу пожежної небезпеки.

5) Кількість лісових пожеж прогнозують, виходячи з:

- ступенем пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди;
- класу пожежної небезпеки лісових ділянок на розглянутій території;
- кількості потенційних джерел вогню;
- кількості пожеж в ретроспективі в аналогічних умовах;
- теоретичних законів розподілу випадкових подій, якими задовільно описуються (апроксимуються) деякі ряди розподілу лісових пожеж в часі і по території.

6) Види лісових пожеж при даному комплексному показнику пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди і конкретної сили вітру прогнозуються, виходячи з характеру ділянок лісового фонду (хвойні молодняки, захарашена вирубка, сосново-березові насадження на заторфованих ґрунтах, середньовікові насадження сосни гірським схилом, насадження монгольського дуба, інші типи ділянок лісового фонду).

7) Прогноз ймовірних швидкостей поширення лісових пожеж різних видів при різних класах пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди складають для різних типів лісу і лісових ділянок, тобто з урахуванням переважаючих видів ЛГМ або їх комплексів і їх запасів, а також рельєфу території і сили вітру .

8) Передумовами надзвичайної лісопожежної ситуації (НЛС) є:

- малосніжна зима, тривалий бездощові період (15-20 днів) з високою (вище середньої багаторічної) середньодобовою температурою повітря і малої відносною вологістю на початку пожежонебезпечного сезону, коли ступінь пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди характеризується IV, V класами пожежної небезпеки; тривалий період з IV, V класами пожежної небезпеки, атмосферна посуха в будь-який час пожежонебезпечного сезону;

- наявність в лісовому фонді безконтрольних антропогенних джерел вогню і / або часті грозові розряди при високому ступені пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди.

1.3 Огляд математичних моделей і методів для вирішення завдання прогнозування лісових пожеж

Розрізняють три типи моделей оцінки лісопожежній небезпеки: імовірнісна, детерміновано-імовірнісна і детермінована.

Імовірнісна модель заснована на статистичних даних, що описують ретроспективу пожежних випадків. Як правило, статистичні дані мають географічну прив'язку. Таким чином, подібні моделі справедливі в межах району або населеного пункту на відомчому рівні, або в межах населеного пункту на локальному рівні.

Детерміновано-імовірнісні моделі використовують фізико-хімічні закони горіння, а також статистичні дані. Деякі аспекти пожежі можуть бути враховані без використання знань фізичних законів. Наприклад, з використанням доступної статистики можна обчислити вірогідність займання ЛГМ.

Детерміновані моделі припускають знання фізико-хімічних законів, що лежать в основі виникнення і розповсюдження лісової пожежі. Однак, до теперішнього часу ці закони вивчені недостатньо для моделювання всіх факторів лісопожежній небезпеки.

1.3.1 Обчислення комплексного показника пожежної небезпеки в Україні

Для обчислення комплексного показника (КП) пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди необхідні наступні дані:

- температура повітря (в градусах) і точки роси на 12 год за місцевим часом;
- кількість опадів, що випали (в мм) за попередню добу, тобто за період з 12 год попереднього дня (опаді до 2,5 мм в розрахунок не приймаються).

Температура повітря визначається по сухому термометру психрометра, температура точки роси - по Психрометричній таблиці на підставі відліків по сухому і змоченій термометрам. Кількість опадів, що випали визначається по опадомірі. Температура повітря і точки роси вимірюються з точністю до 0,1 ° С; кількість опадів - з точністю 0,5 мм.

КП поточного дня розраховують за формулою

$$КП = \sum_n^1 t(t - r)$$

де t - температура повітря;

r - температура точки роси;

n - число днів після останнього дощу.

Вихідні дані метеорологічних спостережень щодня записують у таблицю для зручності обчислень. Як приклад зроблений розрахунок КП за вихідними даними (табл. 1.2) за чотири дні липня, починаючи з 7-го числа, коли випали опади у 3 мм.

Таблиця 1.2- Вихідні дані для розрахунку КП

Дата	Кількість опадів	t	$t - r$
7.07	Опади випали до 12 год в кількості 3 мм	16,9	1,6
8.07	Опадів не було	17,9	2,5
9.07	те ж	26,8	21,2
10.07	»	24,1	15,1

Розрахунок КП по цим вихідним даним на кожен з чотирьох днів:

$$7.07 \text{ КП} = 16,9 + 1,6 = 25,4;$$

$$8.07 \text{ КП} = 25,4 + (17,9 - 2,5) = 70,2;$$

$$9.07 \text{ КП} = 70,2 + (26,8 - 21,2) = 638,3;$$

$$10.07 \text{ КП} = 638,3 + (24,1 - 15,1) = 1002,3.$$

1.3.2 Канадська методика оцінки індексу небезпеки погодних умов

1) Коефіцієнт вологості тонкого палива

$$m_0 = 147.2 (101 - F_0) / (59.5 + F_0) \quad (1.1)$$

$$r_f = r_0 - 0.5, \quad r_0 > 0.5 \quad (1.2)$$

$$m_f = m_0 + 42.5 r_f (e^{-100/(251-m_0)})(1 - e^{-6.93/r_f}), \quad m_0 \leq 150 \quad (1.3a)$$

$$m_f = m_0 + 42.5 r_f (e^{-100/(251-m_0)})(1 - e^{-6.93/r_f}) + 0.0015(m_0 - 150)^2 r_f^{0.5}, \quad m_0 > 150 \quad (1.3b)$$

$$E_d = 0.942 H^{0.679} + 11e^{(H-100)/10} + 0.18 (21.1 - T)(1 - e^{-0.115H}) \quad (1.4)$$

$$E_w = 0.618 H^{0.753} + 10e^{(H-100)/10} + 0.18 (21.1 - T)(1 - e^{-0.115H}) \quad (1.5)$$

$$k_0 = 0.424[1 - (H/100)^{1.7}] + 0.0694 W^{0.5} [1 - (H/100)^8] \quad (1.6a)$$

$$k_d = k_0 \times 0.581 e^{0.0365T} \quad (1.6b)$$

$$k_1 = 0.424[1 - (100 - H/100)^{1.7}] + 0.0694 W^{0.5} [1 - (100 - H/100)^8] \quad (1.7a)$$

$$k_w = k_1 \times 0.581 e^{0.0365T} \quad (1.7b)$$

$$m = E_d + (m_0 - E_d) \times 10^{-k_d} \quad (1.8)$$

$$m = E_w - (E_w - m_0) \times 10^{-k} w \quad (1.9)$$

$$F = 59.5(250 - m) / (147.2 + m) \quad (1.10)$$

FFМС індекс розраховується наступним чином:

1. F попереднього дня стає F_0 .
 2. Розраховуємо m_0 з F_0 з (1.1).
 - 3а. Якщо $r_0 > 0.5$, розраховуємо r_f з (1.2).
 - б. Розраховуємо m_f з r_f та m_0 з рівняння (1.3а) чи (1.3б).
 - (1) Якщо $m_0 \leq 150$, використовуємо рівняння (1.3а).
 - (2) Якщо $m_0 > 150$, використовуємо рівняння (1.3б).
 - с. Потім m_f стає m_0 .
 4. Розраховуємо E_d з (1.4).
 - 5а. Якщо $m_0 > E_d$ розраховуємо k_d з (1.6а) і (1.6б).
 - б. Розраховуємо m з (1.8).
 6. Якщо $m_0 < E_d$ розраховуємо E_w з (1.5).
 - 7а. Якщо $m_0 < E_w$ розраховуємо k_w з (1.7а) і (1.7б).
 - б. розраховуємо m з рівняння (1.9).
 8. Якщо $E_d \geq m_0 \geq E_w$ нехай $m = m_0$
- Розраховуємо F з m за рівнянням (1.10). Це FFМС на сьогодні.
- Існують два обмеження у використанні цих рівнянь:
- 1) Рівняння 1.3 (а або б) не повинно використовуватися при $r_0 < 0.5$ мм; тобто в суху погоду рутину опадів слід опустити.
 - 2) m має верхню межу 250; т. е. коли рівняння 1.3 (а або б) дає $m_f > 250$. $m_f = 250$.

2) Код вологості лісової підстилки

$$r_e = 0.92r_o - 1.27, \quad r_o > 1.5 \quad (1.11)$$

$$M_o = 20 + e^{(5.6348 - P_o / 43.43)}, \quad (1.12)$$

$$b = 100 / (0.5 + 0.3P_o), \quad P_o \leq 33 \quad (1.13a)$$

$$b = 14 - 1.3 \ln P_o, \quad 33 < P_o \leq 65 \quad (1.13b)$$

$$b = 6.2 \ln P_o, \quad P_o > 65 \quad (1.13c)$$

$$M_r = M_o + 1000r_o / (48.77 + br_o) \quad (1.14)$$

$$P_r = 244.72 - 43.43 \ln (M_r - 20) \quad (1.15)$$

$$K = 1.894 (T + 1.1) (100 - H) L_e \times 10^{-6} \quad (1.16)$$

$$P = P_o \text{ (або } P_r) + 100K \quad (1.17)$$

DMC Розраховуємо наступним чином

1. P попереднього дня стає P_0 .
- 2а. Якщо $r_0 > 1.5$, розраховуємо r_e з (1.11).
- б. Розраховуємо M_0 з P_0 з (1.12).
- с. Розраховуємо b з одного з відповідних рівнянь (1.13a), (1.13b), (1.13c).
- д. Розраховуємо M_r з рівняння (1.14).
- е. Конвертуємо M_r в P_r по (1.15). P_r стає новим P_0 .
3. Беремо L_e з таблиці нижче.
4. Розраховуємо K з (1.16).
5. Розраховуємо P из P_0 (или P_r) з (1.17). Це DMC на поточний день.

Існують три обмеження на використання рівнянь DMC:

- 1) Рівняння з 1.11 по 1.15 не використовуються, якщо $r_0 > 1,5$; тобто впливи для осадів повинні бути опущені в суху погоду.
- 2) P_r теоретично не може бути менше нуля. Негативні значення, наведені вище в розділі кроці $2e$, повинні бути підняті до нуля.
- 3) Значення T менше -1.1 повинні використовуватися в рівнянні 1.16. Якщо $T < -1.1$, нехай $T = -1.1$

3) Код посухи

$$r_d = 0.83r_0 - 1.27, \quad r > 2.8 \quad (1.18)$$

$$Q_0 = 800e^{-D_0/400} \quad (1.19)$$

$$Q_r = Q_0 + 3.937r_d \quad (1.20)$$

$$D_r = 400 \ln(800/Q_r) \quad (1.21)$$

$$V = 0.36(T + 2.8) + L_f \quad (1.22)$$

$$D = D_0 \text{ (or } D_r) + 0.5V$$

DC Розраховується наступним чином:

1. D Попереднього дня стає D_0 .
- 2а. Якщо $r_0 > 2.8$ розраховуємо r_0 за (1.18).
- б. Q_0 розраховуємо з D_0 за (1.19).
- с. Q_r розраховуємо за (1.20).
- д. Конвертуємо Q_r в D_r за рівнянням 1.21. D_r Стає новим D_0 .
3. L_f Беремо з таблиці нижче.
4. V розраховуємо за (1.22).

5. Розраховуємо D з D_0 (чи D_T) за рівнянням 1.23. Це DC на сьогодні.

Існують чотири обмеження на використання рівнянь DC :

1) Рівняння з (1.18) по (1.21) не використовуються, якщо $r_0 > 2.8$; тобто в суху погоду дію розрахунку опадів слід опустити.

2) D теоретично не може бути менше нуля. Негативні значення, що виникають в результаті кроку 2d вище, повинні бути збільшені до нуля.

3) Значення T менше -2.8 не повинні використовуватися в (1.22). Якщо $T < -2.8$, нехай $T = -2.8$.

4) V не може бути негативним. Якщо (1.22) дає негативний результат, то $V = 0$.

4) Початковий індекс поширення (ISI), Індекс нарощування (BUI), Індекс пожежної погоди (FWI).

$$f(W) = e^{0.05039W} \quad (1.24)$$

$$f(F) = 91.9e^{-0.1386m} [1 + m^{5.31}/(4.93 \times 10^7)] \quad (1.25)$$

$$R = 0.208 f(W) f(F) \quad (1.26)$$

$$U = 0.8 PD/(P + 0.4D), \quad P \leq 0.4D \quad (1.27a)$$

$$U = P - [1 - 0.8D/(P + 0.4D)][0.92 + (0.0114P)^{1.7}], \quad P > 0.4D \quad (1.27b)$$

$$f(D) = 0.626U^{0.809} + 2, \quad U \leq 80 \quad (1.28a)$$

$$f(D) = 1000/(25 + 108.64 e^{-0.023U}), \quad U > 80 \quad (1.28b)$$

$$B = 0.1 R f(D) \quad (1.29)$$

$$\ln S = 2.72 (0.434 \ln B)^{0.647}, \quad B > 1 \quad (1.30a)$$

$$S = B, \quad B \leq 1 \quad (1.30b)$$

$$DSR = 0.0272 (FWI)^{1.77} \quad (1.31)$$

ISI, BUI, FWI Розраховується наступним чином:

1. Розраховуємо $f(W)$ і $f(F)$ за рівнянням (1.24) і (1.25).

2. Розраховуємо R з р(1.26). Це ISI на сьогодні.

3. Розраховуємо U за рівнянням (1.27a) якщо $P \leq 0.4D$ або за рівнянням (1.27b) якщо $P > 0.4D$. Це BUI на сьогодні.

4. Розраховуємо $f(D)$ за рівнянням (1.28a) для значень U до 80. Якщо $U > 80$ використовуємо (1.28b).

5. Розраховуємо B за (1.29).

6. Якщо $B > 1$ розраховуємо S з його логарифма отриманого за (1.30a). Якщо $B \leq 1$ нехай $S = B$ відповідно до (1.30b). S Це FWI на сьогодні.

Погода

- полуденна температура, С
- полуденная відносна вологість%
- полуденная швидкість вітру км / год
- t_0 -опади, вимірювані раз в день опівдні, мм
- Ефективна опади FFMC
- Ефективна опади DMC
- Ефективна опади DC

Коефіцієнт вологості тонкого палива

- m_0 -вміст вологи тонкого палива попереднього дня
- вміст вологи тонкого палива після дощу
- вміст вологи тонкого палива після висихання
- EMC тонкого палива для висихання
- EMC тонкого палива для намокання
- промежуточний крок в розрахунку kd
- log ступінь висихання фарбового, FFMC, $\log 10m$ / добу
- промежуточний крок в розрахунку kw
- log ступінь намокання, $\log m$ / день
- FFMC попереднього дня

Код вологості лісової підстилки

- M_0 -вміст вологи лісової підстилки попереднього дня
- вміст вологи лісової підстилки після дощу
- вміст вологи лісової підстилки після висихання
- log ступінь висихання фарбового в DMC, годинник
- змінного кутового коефіцієнта в DMC ефекті дощу
- DMC попереднього дня
- DMC після дощу
- DMC

Код посухи

- Q -еквівалент вологості DC 0,254мм
- Q_0 -еквівалент вологості попереднього дня DC
- Q_T -еквівалент вологості після дощу
- потенційна випаровуваність 0,254 мм води / день
- Коригування тривалості дня в DC
- D_0 - DC попереднього дня

- DC після дощу

- DC

Індекси поведінки вогню (ISI, BUI, FWI)

f (W) -функція вітру

f (F) -функція коефіцієнт вологості тонкого палива

f (D) -функція вологості лісової підстилки

R-початковий індекс поширення (ISI)

U-індекс нарощування

B-FWI (проміжна форма)

-FWI (кінцева форма)

ступінь тяжкості

DSR-щоденна ступінь тяжкості

1.3.3 Детерміновано-імовірнісна методика прогнозу лісової пожежної небезпеки

Математична модель визначення ймовірності виникнення лісових пожеж, описана в [18], розроблена в Томському державному університеті (Російська Федерація). Її особливістю, згідно з публікаціями авторів, є облік впливу, як погодні умови, так і людини на можливість загорянь в лісі, а також ймовірність загоряння лісових горючих матеріалів внаслідок природних явищ.

Відповідно до даної методики ймовірність виникнення пожежі визначають три складові - антропогенна, природна ймовірності і ймовірність через метеоумови [19]. Антропогенне і природна складові обчислюються як добуток відповідних апріорних ймовірностей (1.32):

$$P_j = \sum [P_{ij}(A) \cdot P_{ij}(FF/A) + P_{ij}(M) \cdot P_{ij}(FF/M)] \cdot P_{ij}(C), \quad (1.32)$$

P (A) - ймовірність антропогенного навантаження;

P (FF / A) - ймовірність виникнення пожежі від антропогенного навантаження;

P (M) - ймовірність блискавичного розряду;

P (FF / M) - ймовірність виникнення пожежі від блискавичного розряду.

Апріорні ймовірності таких показників як антропогенне навантаження, виникнення пожежі внаслідок антропогенного навантаження, ймовірність блискавичного розряду і

виникнення лісової пожежі від блискавичного розряду відповідно до методики визначаються через частоту подій:

$$P_{ij}(A) = N_a / N_{пс} \quad P_{ij}(M) = N_m / N_{пс}$$

$$P_{ij}(FF/A) = N_{па} / N_{кп} \quad P_{ij}(FF/M) = N_{пм} / N_{кп}$$

N_a - число днів в періоді з антропогенним навантаженням;

$N_{па}$ - число пожеж від антропогенного навантаження;

N_m - кількість днів з молнієвими розрядами;

$N_{пм}$ - число пожеж від блискавичних розрядів;

$N_{пс}$ - загальне число днів в періоді пожежонебезпечного сезону (ПС);

$N_{кп}$ - загальне число пожеж в періоді.

Для знаходження ймовірності пожежі через метеоумови замість фізико-математичної моделі, яка описує час сушіння лісових горючих матеріалів, використовувалася статистична оцінка граничних значень індексів пожежної небезпеки (ПНО), при яких починають виникати лісові пожежі. Цей підхід обраний через відсутність фактичних даних, що дозволяють налаштувати параметри фізико-математичної моделі для різних лісорослинних умов Росії. Оцінку ймовірності виникнення пожежі через метеоумови:

$$P(C) \approx \text{ПНпоточний} / \text{ПНКритичний} \quad (1.33)$$

ПНпоточний - значення індексу пожежної небезпеки в кожен день пожежонебезпечного сезону;

ПНКритичний - значення ПН, починаючи з якого можливе виникнення пожежі.

$P(C) = 1$, якщо ПНпоточний \geq ПНКритичний.

1.3.3.1 Принципова схема роботи методу

Схема (рис. 1.7) відображає вихідні дані, основні операції над ними і отримані результати.

Як видно зі схеми склад баз даних, якими володіє інформаційна система дистанційного моніторингу (ІСДМ Рослесхоз), розширюється за рахунок створення БД ймовірностей виникнення пожеж, що включає антропогенну, природну складову і ймовірність через метеоумови. В БД містяться таблиці значень ймовірностей для

поточного року, які будуть використовуватися для розрахунків ймовірності в наступному році. Таким чином, реалізується щорічне оновлення значень ймовірності.

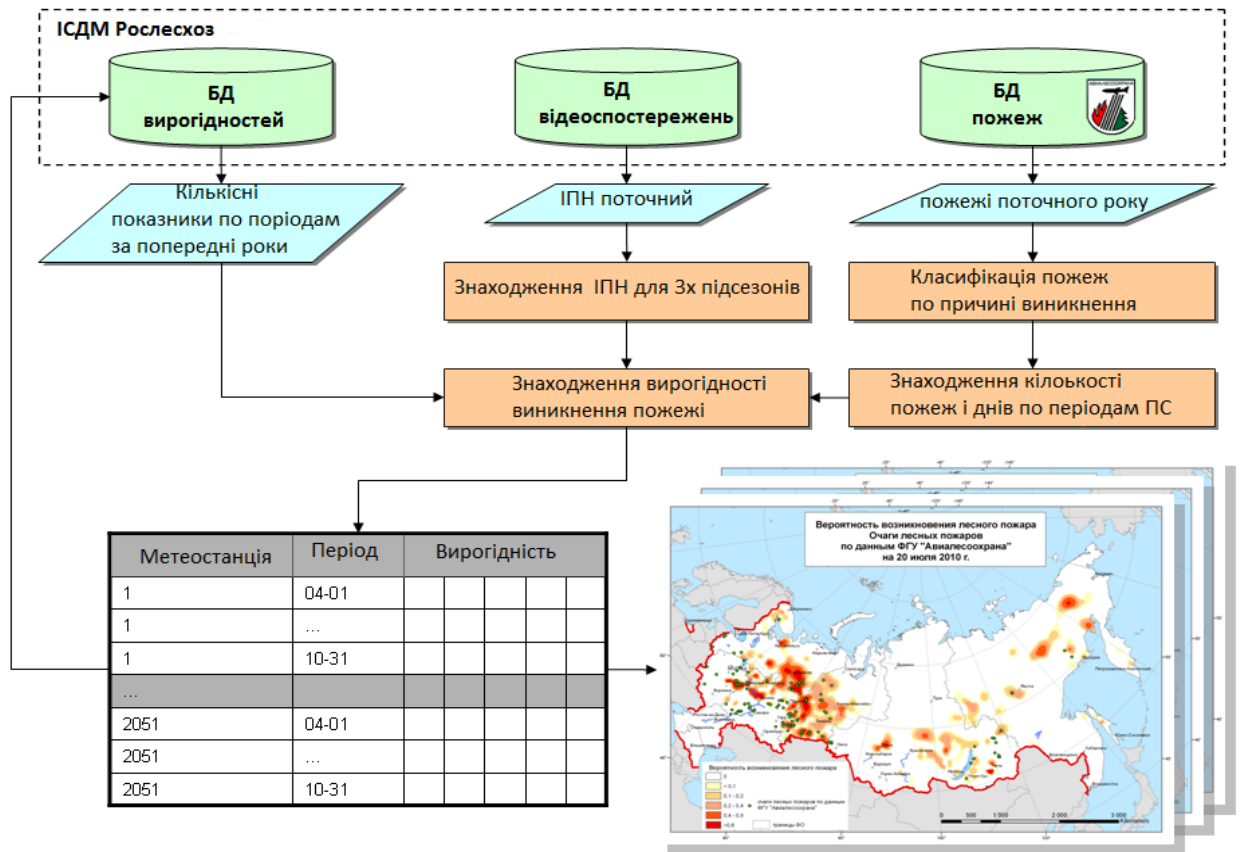


Рисунок 1.7 - Схема обробки даних по детерміновано-ймовірнісній методиці.

Отримані за допомогою модифікованого детерміновано-ймовірнісного підходу оцінки ймовірності виникнення пожеж на території всієї Росії порівнювалися з фактичною горимі лісів в 2010 році (рис. 1.8).

В результаті порівняння 73.5% лісових пожеж спрогнозовано з різним ступенем ймовірності, з яких 48.2% відповідали ймовірності більш 0.8.

Однак в окремі дні пожежонебезпечного сезону кількість пожеж, для яких не була дана оцінка ймовірності їх виникнення, досягала 40%.

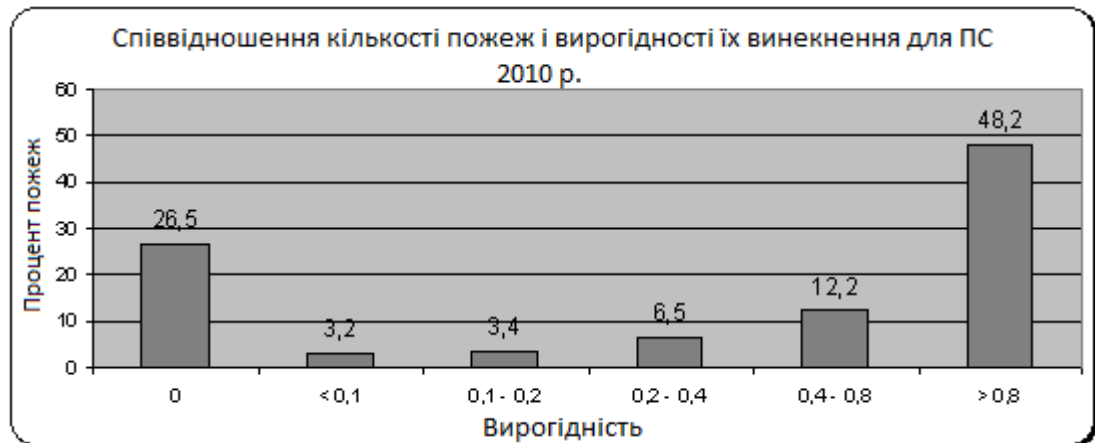


Рисунок 1.8 – Співвідношення кількості пожеж і вирогідності їх виникнення для ПС 2010 р.

Це пов'язано в основному з відсутністю даних по пожежам за попередній багаторічний період спостереження.

1.3.3.2 Використання закону Пуассона розподілу дискретної випадкової величини

У роботах авторів досліджувалася можливість застосування закону Пуассона для оцінки ймовірності виникнення лісових пожеж для двох часових інтервалів визначення середнього числа пожеж в день: сезон (весна, літо і осінь) і декада (10 днів). Вибір закону Пуассона обумовлений тим, що завдання знаходження ймовірності виникнення пожеж задовольняє всім умовам його застосування:

- число випробувань велике;
- ймовірність появи події в кожному випробуванні дуже мала;
- події відбуваються незалежно один від одного;
- події відбуваються з постійною інтенсивністю в однакових проміжках часу (період оцінки) або на однакових відрізках простору (осередки регулярної мережі).

Стосовно до задачі визначення ймовірності виникнення пожеж випробуванням є день, подією - виникнення пожежі.

Вихідні дані для розрахунків

Як об'єкт досліджень виступали осередки лісових пожеж, зареєстровані спектрорадіометра MODIS на супутниках TERRA і AQUA за період з 2006 по 2012 роки і що містяться в базах даних ІСДМ Рослесхоз. По кожному пожежі доступна інформація про географічні координати вогнища загоряння і датою виявлення.

Дослідження проводилися для двох часових інтервалів. Сезонний період застосовувався для визначення середнього числа пожеж в день на території Іркутської області, яка розташовується в Центральному Сибіру і характеризується різноманітними лісорослинними умовами, наземними і авіаційними рівнями охорони лісів від пожеж, а також зонами космічного моніторингу (Плотникова і ін., 2014 року).

Десятиденний інтервал застосовувався по всій території Російської Федерації для наближення оцінки ймовірності виникнення пожеж до фактичної горимості лісів різних регіонів протягом пожежонебезпечного сезону.

Другим інформаційним джерелом вихідних даних для проведення досліджень є дані метеоспостережень (температура повітря, опади, і ін.) І похідні від них класи пожежної небезпеки за умовами погоди. Часовий ряд даних метеоспостережень з усіх метеостанцій Федеральної служби по гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища (Росгідромет) доступний в ІСДМ з 2006 року.

Просторовими одиницями оцінки ймовірності виникнення пожеж розглядаються осередку регулярної мережі розміром $1^\circ \times 1^\circ$.

1.3.3.3 Методика досліджень

Закон Пуассона є апроксимацією негативного біноміального закону розподілу дискретної випадкової величини (1.34):

$$P_m = \frac{\lambda^m}{m! \cdot e^{-\lambda}}, \quad (1.34)$$

P_m - ймовірність виникнення пожеж,

λ - параметр розподілу Пуассона,

m - число пожеж в день.

Параметр розподілу λ визначається як середнє число пожеж в день для кожного класу пожежної небезпеки (КПН). Обчислюється параметр λ в рамках тимчасового інтервалу оціночного періоду шляхом знаходження відносини числа виникли при певному КПН пожеж до числа днів того ж КПН. Знаходження середнього числа пожеж в день проводиться за всіма КПН, отже, для кожного класу пожежної небезпеки знаходиться своє значення ймовірності виникнення пожеж. Мінлива m моделюється як прогнозоване число

пожеж в день (від нуля до нескінченності). Таким чином, за допомогою закону Пуассона обчислюється ймовірність виникнення того чи іншого числа пожеж в день.

Оцінка ймовірності виникнення лісових пожеж базується на ретроспективному статистичному аналізі багаторічних метеорологічних спостережень погоди і супутникових даних про пожежі. На рис.1.9 наводиться блок-схема підготовки вихідних даних і розрахунку ймовірності виникнення пожеж. На основі підготовлених наборів даних розраховувався параметр λ і ймовірність виникнення лісової пожежі для кожного класу пожежної небезпеки. В результаті отримана база даних значень ймовірності одного і більше пожежі по осередках мережі для всіх КПН за весь період спостереження за пожежами з 2006 по 2012 роки.

Розраховані значення ймовірності виникнення одного і більше пожежі використовуються для побудови щоденних карт розподілу ймовірностей на території Іркутської області (для регіональної системи моніторингу лісових пожеж суб'єкта) і всієї Росії (для інформаційної системи дистанційного моніторингу пожеж ІСДМ-Рослесхоз).

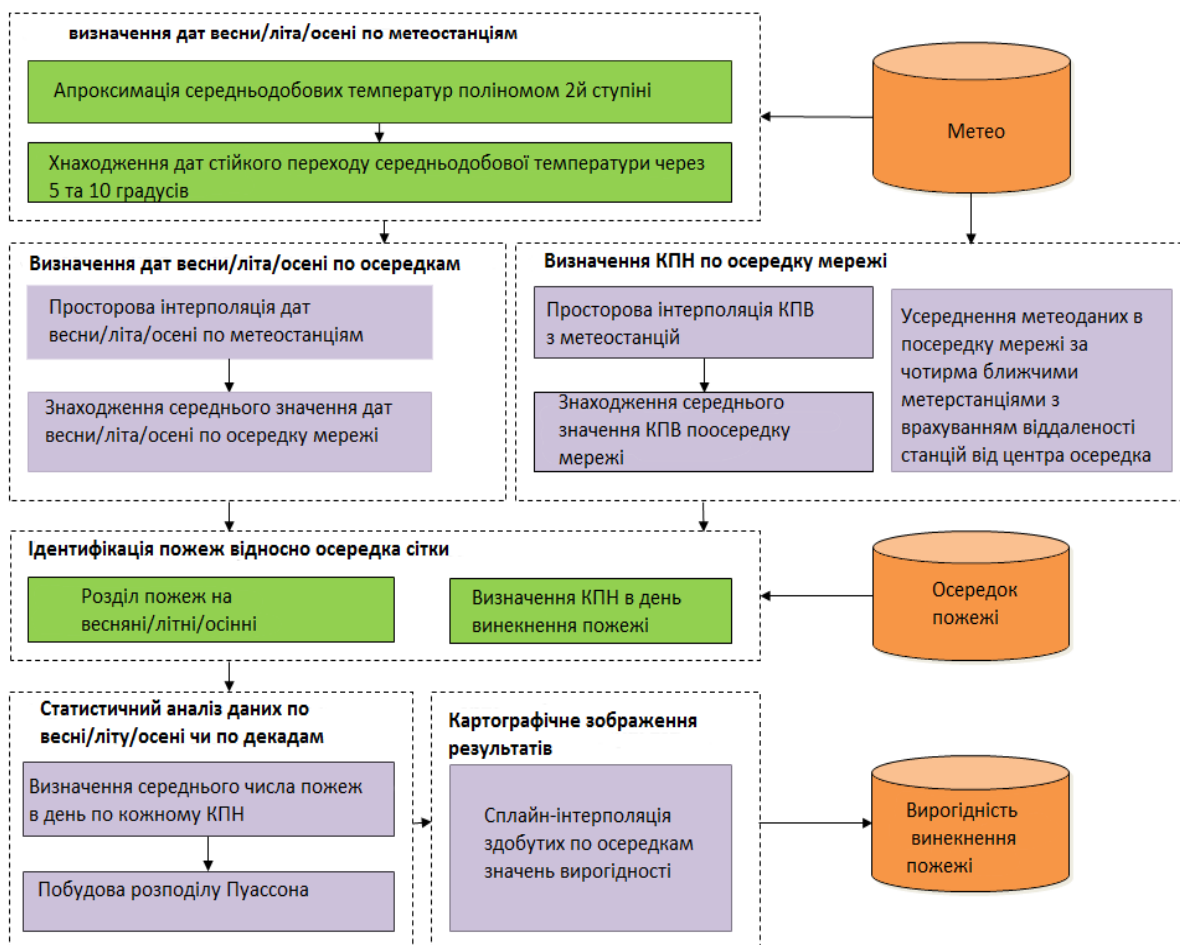


Рисунок 1.9 - Блок-схема підготовки вихідних даних і розрахунку ймовірності виникнення пожеж

1.4 Висновки до першого розділу

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що існуючі на даний момент в Україні методики вимагають модернізації для поліпшення можливостей оцінки можливості виникнення і потенціалу лісових пожеж. Наведені в розділі математичні моделі і приклади діючих зарубіжних систем говорять про принципову можливість виробляти більш глибоку обробку даних для прогнозування лісових пожеж в порівнянні з існуючим рівнем обробки, прийнятим в згаданих вище системах моніторингу лісових пожеж. Для цього в роботі ставляться наступні завдання:

- 1) Проаналізувати математичні моделі, методи та підходи, що застосовуються у світовій практиці для створення індикаторів пожежної небезпеки;
- 2) Уточнити список критеріїв, які використовуються для прогнозування лісових пожеж;
- 3) Проаналізувати якість моделей, розрахованих за стандартними методиками і підходи до аналізу даних в світовій практиці
- 4) Вибрати моделі Data Mining для прогнозування лісових пожеж

З огляду на обмеженість доступу до вихідних даних, з всього набору позначених факторів для цілей магістерської роботи можуть бути використані метеорологічні дані, отримані локальними датчиками на метеорологічних станціях. Перевага цього підходу полягає в тому, що такі дані можуть збиратися в реальному часі і з дуже низькими витратами

Використовуючи набір цих параметрів можливо оцінити ймовірність прояву лісових пожеж.

2 МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗА УМОВАМИ ПОГОДИ

2.1 Підхід до прогнозування загроз виникнення лісової пожежі за допомогою комплексного показника пожежної небезпеки

Кількісним відображенням загрози виникнення лісової пожежі є комплексний показник пожежонебезпеки по метеорологічним умовам, який був розроблений В.Г. Нестеровим. Показник Нестерова відображає баланс висушують і зволожуючих факторів співвідношенням [20]:

$$КПН = \sum_1^n (T - T_d) * T_d,$$

де T - температура повітря; T_d - точка роси на 12 годин (дефіцит вологості); n - число днів після останньої дощу; n - число днів, що минули після дощу, включаючи останній день випадання опадів.

За факт випадання опадів приймаються будь-які значення, починаючи з 2,6 мм за 24 год, опади менше 2,5 мм не враховуються.

Комплексний показник постійно підвищується до першого дощу в кількості 3,0 мм, після якого комплексний показник обчислюється спочатку.

Зазначений показник пожежної небезпеки може змінюватися від одного до декількох тисяч градусів, а в періоди стійкої сухої і спекотної погоди перевищувати 10000. Для характеристики ступеня пожежної небезпеки весь діапазон значень ділиться на п'ять інтервалів - класів. Шкала пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди для Луганської області представлена в табл. 2.1.

I клас характеризується відсутністю пожежної небезпеки в лісі; II клас - малої ПН; III клас - середньої ПН; IV клас - високої ПН; V клас - надзвичайної ПН.

Таблиця 2.1 – Шкала пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди для Луганської області

Період пожеженебезпечного сезону	КПН				
	Класи				
	I	II	III	IV	V
весняно-літній (з 1 березня по 9 червня)	150	700	2000	10000	>10000
річний (з 10 червня по 31 серпня)	550	2000	5500	10000	>10000
літньо-осінній (з 1 вересня по 30 листопада)	200	800	1400	10000	>10000

Дані для розрахунку класу пожежної небезпеки містяться в журналі пожежної небезпеки за умовами погоди і представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку класу пожежної небезпеки [20]

Дата	Кількість опадів	T повітря	T крапки роси	Різниця	КПН	Клас ПН
10.06.2008	опадів не було	28	7,8	20,2	565,6	I
11.06.2008	опадів не було	28	6,7	21,3	1162	II
12.06.2008	опадів не було	28	7,9	20,1	1724,8	II
13.06.2008	опадів не було	28	5,8	22,2	2346,4	III
14.06.2008	опадів не було	29	8,9	20,1	2929,3	III
15.06.2008	опадів не було	29	6,9	22,1	3570,2	III
16.06.2008	опадів не було	30	5,2	24,8	4314,2	III
17.06.2008	опадів не було	31	5,7	25,3	5098,5	III
18.06.2008	опадів не було	31	6,3	24,7	5864,2	IV
...

Отримані за розрахунковий період фактичні значення ВПП для Луганської області переведені в класи ПН.

На рис. 2.1 представлена аналогічна оцінка ПН в лісах Херсонської області за найбільш пожежонебезпечний період з 10 червня 2008 р по 31 серпня 2008 р.

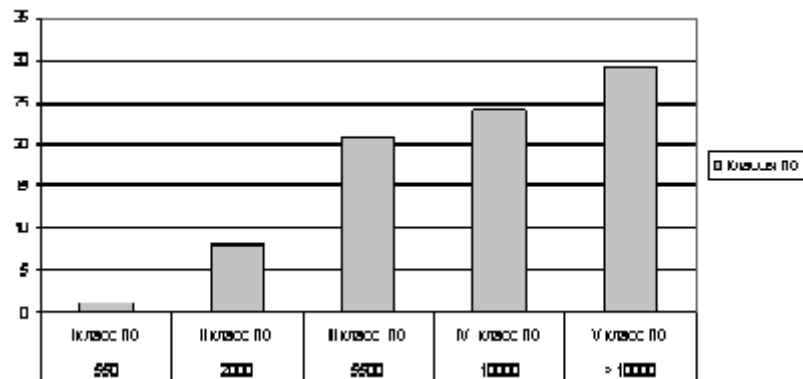


Рисунок 2.1 – Приклад оцінки ПН в лісах Херсонської області за даними [20]

З рис. 2.1 випливає, що в період літнього пожежонебезпечного сезону в лісах Херсонської області переважають III, IV і V класи ПН. Даний період був обраний для аналізу, тому що в даний період всі можливі причини виникнення лісових пожеж були активні. На підставі проведеного аналізу були сформульовані 4 основні чинники, що впливають на ризик виникнення пожежі:

- антропогенний Р (А),
- через метеоумови Р (С),
- за влучним висловом лісонасаджень Р (Л),
- ризик торф'яної пожежі Р (Т), і виділені змінні, що впливають на кожен фактор.

На Херсонщині найбільша пожежа виникла 19 серпня та була повністю ліквідована наприкінці місяця. Її виникненню передувало зростання максимальної швидкості зменшення відносної вологості повітря. Аналогічно, хоч менш помітно, відбувалося зростання швидкості зміни температури. Подальші дослідження показали, що такі показники, як максимальна швидкість зміни відносної вологості повітря та максимальна швидкість зростання температури слабо корелюються з комплексним показником пожежної безпеки. Коефіцієнти кореляції становлять 0,20 і 0,24, відповідно. Оскільки швидкість зміни відносної вологості є диференціальним показником, то її доцільно використовувати лише для виявлення початку зростання безпеки. Водночас, визначення рівня безпеки потрібно здійснювати іншим чином.

Як зазначалося у багатьох роботах, комплексний показник В.Г. Нестерова у більшості випадків не дає можливості передбачити пожежу, оскільки він базується на дефіциті пружності водяної пари. Під час висушування волога повністю не втрачається. Окрім того, він не має чіткого фізичного обґрунтування та потребує удосконалення [22].

Спроби уточнення комплексного показника описано у [21] та [22]. Найповніший огляд шляхів удосконалення цього показника за допомогою вибору функції щоденного приросту та уточнення коефіцієнта надано в [23].

Процес висушування частково врахований у канадському індексі пожежної небезпеки FWI. Проте при цьому не враховано зміни рівноважної вологості протягом доби та року. Тому актуальним завданням є створення простіших моделей оцінювання пожежної небезпеки, які можуть бути широко використаними у лісівничій практиці та у діяльності оперативно-рятувальних підрозділів.

2.2 Опис використаних в роботі методів Data Mining для прогнозування лісових пожеж

2.2.1 Множинна регресія

Найуживанішою і найбільш простою з моделей множинної регресії є лінійна модель множинної регресії:

$$y = \alpha' + \beta_1' x_1 + \beta_2' x_2 + \dots + \beta_p' x_p + \varepsilon \quad (2.1)$$

З математичного змістом коефіцієнти β_j' в рівнянні (2.1) дорівнюють приватним похідним результативної ознаки у за відповідними факторів:

$$\beta_1' = \frac{\partial y}{\partial x_1}, \beta_2' = \frac{\partial y}{\partial x_2}, \dots, \beta_p' = \frac{\partial y}{\partial x_p}.$$

Параметр α називається вільним членом і визначає значення y в разі, коли всі пояснюючі змінні дорівнюють нулю. Однак, як і в випадку парної регресії, фактори за своїм економічним змістом часто не можуть приймати нульових значень, і значення вільного члена не має економічного сенсу. При цьому, на відміну від парної регресії, значення кожного регресійного коефіцієнта β_j' дорівнює середньої зміни y при збільшенні x_j на одну одиницю лише за умови, що всі інші фактори залишилися незмінними. Величина ε являє собою випадкову помилку регресійної залежності.

Принагідно зауважимо, що найбільш просто можна визначати оцінки параметрів β_j' , змінюючи тільки один фактор x_j , залишаючи при цьому значення інших факторів

незмінними. Тоді задача оцінки параметрів зводилася б до послідовності задач парного регресійного аналізу по кожному фактору. Однак такий підхід, широко використовуваний в природничо-наукових дослідженнях, (фізичних, хімічних, біологічних), в економіці є неприйнятним. Економіст, на відміну від експериментатора - натураліста, позбавлений можливості регулювати окремі чинники, оскільки не вдається забезпечити рівність всіх інших умов для оцінки впливу одного досліджуваного фактора.

2.2.1.1 Отримання оцінок параметрів

Отримання оцінок параметрів $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$ рівняння регресії (2.1) - одна з найважливіших завдань множинного регресійного аналізу. Найпоширенішим методом вирішення цього завдання є метод найменших квадратів (МНК). Його суть полягає в мінімізації суми квадратів відхилень, спостережуваних значень залежної змінної y від її значень \hat{y} , одержуваних за рівнянням регресії. Оскільки параметри $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$ є випадковими величинами, визначити їх дійсні значення по вибірці неможливо. Тому замість теоретичного рівняння регресії (2.1) оцінюється так зване емпіричне рівняння регресії, яке можна представити у вигляді:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + e \quad (2.2)$$

Тут a, b_1, b_2, \dots, b_p - оцінки теоретичних значень $\alpha', \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_p'$, або емпіричні коефіцієнти регресії, e - оцінка відхилення ε . Тоді розрахункова вираз має вигляд:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p \quad (2.3)$$

Нехай є n спостережень пояснювальних змінних і відповідних їм значень результативної ознаки:

$$(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}, y_i), \quad i = \overline{1, n} \quad (2.4)$$

Для однозначного визначення значень параметрів рівняння (2.4) обсяг вибірки n повинен бути не менше кількості параметрів, тобто $n \geq p + 1$. В іншому випадку значення параметрів не можуть бути визначені однозначно. Якщо $n = p + 1$, оцінки параметрів розраховуються єдиним чином без МНК простою підстановкою значень (2.4) в вираз (2.3). Виходить система $(p + 1)$ рівнянь з такою ж кількістю невідомих, яка вирішується будь-яким способом, застосовуваним до систем лінійних алгебраїчних

рівнянь (СЛАР). Однак з точки зору статистичного підходу таке рішення задачі є ненадійним, оскільки виміряні значення змінних (2.4) містять різні види похибок. Тому для отримання надійних оцінок параметрів рівняння (2.3) обсяг вибірки повинен значно перевищувати кількість яких визначали за нього параметрів. Практично, як було сказано раніше, обсяг вибірки повинен перевищувати кількість параметрів при x_j в рівнянні (2.3) в 6-7 разів.

Для проведення аналізу в рамках лінійної моделі множинної регресії необхідно виконання ряду передумов МНК. В основному це ті ж передумови, що і для парної регресії, однак тут потрібно додати припущення, специфічні для множинної регресії:

5⁰. Специфікація моделі має вигляд (2.1).

6⁰. Відсутність мультиколінеарності: між пояснюють змінними відсутній суворі лінійна залежність, що грає важливу роль у відборі факторів при вирішенні проблеми специфікації моделі.

7⁰. Помилки $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$ мають нормальний розподіл ($\varepsilon_i \sim N(0, \sigma)$). Здійсненість цієї умови потрібна для перевірки статистичних гіпотез і побудови інтервальних оцінок.

При здійсненості всіх цих передумов має місце багатовимірний аналог теореми Гаусса - Маркова: оцінки, отримані по МНК, є найбільш ефективними (в сенсі найменшою дисперсією) в класі лінійних незміщених оцінок.

2.2.1.2 Оцінка параметрів лінійного рівняння множинної регресії

Розглянемо три методи розрахунку параметрів множинної лінійної регресії.

1. Матричний метод. Уявімо дані спостережень і параметри моделі у матричній формі.

$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]'$ - n - мірний вектор - стовпець спостережень залежної змінної;

$B = [a, b_1, b_2, \dots, b_p]'$ - $(p + 1)$ - мірний вектор - стовпець параметрів рівняння регресії

(2.2);

$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]'$ - n - мірний вектор - стовпець відхилень вибірових значень уї від значень, одержуваних за рівнянням (2.3).

Для зручності запису стовпці записані як рядки і тому забезпечені штрихом для позначення операції транспонування.

Нарешті, значення незалежних змінних запишемо у вигляді прямокутної матриці розмірності $n \times (p + 1)$:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}$$

Кожному стовпцю цієї матриці відповідає набір з p значень одного з факторів, а перший стовпець складається з одиниць, які відповідають значенням змінної при вільному члені. У цих позначеннях емпіричне рівняння регресії виглядає так:

$$Y = XB + e \quad (2.5)$$

Звідси вектор залишків регресії можна виразити таким чином:

$$e = Y - XB \quad (2.6)$$

Таким чином функціонал $Q = \sum e_i^2$, який по суті і мінімізується по МНК, можливо записати як добуток вектора – строки e' на вектор – стовбчик e :

$$Q = e'e = (Y - XB)'(Y - XB) \quad (2.7)$$

Відповідно до МНК диференціювання Q по вектору B призводить до виразу:

$$\frac{\partial Q}{\partial B} = -2X'Y + 2(X'X)B \quad (2.8)$$

яке для знаходження екстремуму слід прирівняти до нуля. В результаті перетворень отримуємо вираз для вектора параметрів регресії:

$$B = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2.9)$$

Тут $(X'X)^{-1}$ - матриця зворотня до $X'X$.

2. Скалярний метод. При його застосуванні будується система нормальних рівнянь, рішення якої і дозволяє отримати оцінки параметрів регресії:

$$\begin{cases} an & +b_1 \sum x_1 & +b_2 \sum x_2 & +\dots+b_p \sum x_p & = \sum y \\ a \sum x_1 & +b_1 \sum x_1^2 & +b_2 \sum x_2 x_1 & +\dots+b_p \sum x_p x_1 & = \sum y x_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a \sum x_p & +b_1 \sum x_1 x_p & +b_2 \sum x_2 x_p & +\dots+b_p \sum x_p^2 & = \sum y x_p \end{cases} \quad (2.10)$$

Вирішити цю систему можна будь-яким підходящим способом, наприклад, методом визначників або методом Гаусса. При невеликій кількості визначених параметрів використання визначників краще.

3. Регресійна модель в стандартизованому масштабі. Рівняння регресії в стандартизованому масштабі має вигляд:

$$t_y = \beta_1 t_{x_1} + \beta_2 t_{x_2} + \dots + \beta_p t_{x_p} + \varepsilon \quad (2.11)$$

де $t_y, t_{x_1}, t_{x_2}, \dots, t_{x_p}$ - стандартизовані змінні:

$$t_y = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y}; \quad t_{x_j} = \frac{x_j - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}, \quad j = \overline{1, n} \quad (2.12)$$

для яких середнє значення дорівнює нулю: $\bar{t}_y = \bar{t}_{x_1} = \bar{t}_{x_2} = \dots = \bar{t}_{x_p} = 0$, а середнє

квадратичне відхилення дорівнює одиниці: $\sigma_y = \sigma_{t_{x_j}} = 1, \quad j = \overline{1, n}; \beta_j -$

стандартизовані коефіцієнти регресії, або β - коефіцієнти (не слід плутати їх з параметрами рівняння (2.2)).

Застосовуючи МНК до рівняння (2.12), після відповідних перетворень отримаємо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} \beta_1 & +\beta_2 r_{x_2 x_1} & +\beta_3 r_{x_3 x_1} & +\beta_p r_{x_p x_1} & = r_{y x_1} \\ \beta_1 r_{x_1 x_2} & +\beta_2 & +\beta_3 r_{x_3 x_2} & +\beta_p r_{x_p x_2} & = r_{y x_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_1 r_{x_1 x_p} & +\beta_2 r_{x_2 x_p} & +\beta_3 r_{x_3 x_p} & +\beta_p & = r_{y x_p} \end{cases} \quad (2.13)$$

В цій системі $r_{y x_j}, r_{x_k x_j}, \quad j, k = \overline{1, p}$ - елементи розширеної матриці парних коефіцієнтів кореляції або, іншими словами, коефіцієнти парної кореляції між різними факторами або між факторами і результативним ознакою. Маючи виміряні значення всіх змінних, обчислити матрицю парних коефіцієнтів кореляції на комп'ютері не складає великих

труднощів, використовуючи, наприклад, табличний процесор MS Excel або програму Statistica.

Рішенням системи (2.13) визначаються β - коефіцієнти. Ці коефіцієнти показують, на скільки значень с.к.о. зміниться в середньому результат, якщо відповідний фактор x_j зміниться на одну с.к.о. при незмінному середньому рівні інших факторів. Оскільки всі змінні задані як центровані і нормовані, β - коефіцієнти можна порівняти між собою. Порівнюючи їх один з одним, можна ранжувати чинники по силі їх впливу на результат. В цьому основна перевага стандартизованих коефіцієнтів регресії, на відміну від коефіцієнтів звичайної регресії, які непорівнянні між собою.

2.2.2 Метод опорних векторів

Метод опорних векторів (Support Vector Machine Regression, SVM) - популярний інструмент машинного навчання для класифікації і регресії, вперше виявлений Володимиром Вапніком і його колегами в 1992 році. Регресія SVM вважається непараметричною методикою, оскільки вона залежить від функцій ядра [24].

У регресії ϵ -SVM набір даних навчання включає в себе предикторні змінні і спостережувані значення відгуку. Мета полягає в тому, щоб знайти функцію $f(x)$, яка відхиляється від u_n на значення, що не більше ϵ для кожної навчальної точки x , і в той же час ϵ якомога більш плоскою.

1. Лінійна регресія SVM: функція прямої задачі.

Припустимо, що у нас є набір даних навчання, де x_n - багатовимірний набір з N спостережень з спостерігаються значеннями відгуку u_n .

Потрібно знайти лінійну функцію:

$$f(x) = x'\beta + b \quad (2.14)$$

і переконатися, що вона якомога більш плоска. Знайдемо $f(x)$ з мінімальним значенням норми $(\beta'\beta)$. Ця проблема формулюється як проблема опуклою оптимізації для мінімізації функції

$$J(\beta) = 1/2\beta'\beta \quad (2.15)$$

За умови, що всі залишки мають значення менше ϵ ; або, у формі рівняння:

$$\forall n : |y_n - (x_n' \beta + b)| \leq \varepsilon.$$

Можливо, така функція $f(x)$ не існує для задоволення цих обмежень для всіх точок. Для вирішення проблеми з іншими неприпустимими обмеженнями, введемо змінні м'якого відступу ξ_n і $\bar{\xi}_n$ для кожної точки. Цей підхід аналогічний концепції відступу в класифікації SVM, оскільки змінні м'якого відступу припускаються помилок регресії до значень ξ_n і $\bar{\xi}_n$, але все ж задовольняють необхідним умовам.

Включення змінних м'якого відступу призводить до цільової формулою, також відомої як формула прямої задачі:

$$J(\beta) = \frac{1}{2\beta\beta} + C \sum_{n=1}^N (\xi_n + \bar{\xi}_n) \quad (2.16)$$

За умови що:

$$\forall n : y_n - (x_n' \beta + b) \leq \varepsilon + \xi_n$$

$$\forall n : (x_n' \beta + b) - y_n \leq \varepsilon + \bar{\xi}_n$$

$$\forall n : \xi_n \geq 0, \forall n : \bar{\xi}_n \geq 0.$$

Константа C - це обмеження, позитивне числове значення, яке контролює штраф, накладений на спостереження, які лежать поза полем Епсілон (ε), що допомагає запобігти понад оптимізацію (регуляризація). Це значення визначає компроміс між площинністю $f(x)$ і величиною, до якої допускаються відхилення, що перевищують ε .

Функція лінійних ε -чутливих втрат ігнорує помилки, які знаходяться на відстані ε від спостережуваного значення, розглядаючи їх як рівні нулю. Втрати вимірюються на основі відстані між спостережуваним значенням y_i і кордоном ε .

Формальний опис:

$$L = \begin{cases} 0 & \text{якщо } |y - f(x)| \leq \varepsilon, \\ |y - f(x)| - \varepsilon & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

2. Лінійна регресія SVM: подвійна формула

Завдання оптимізації, описану раніше, обчислювально простіше вирішити в її подвійній формі Лагранжа. Рішення двоїстої задачі забезпечує нижню межу розв'язання прямої задачі (мінімізації). Оптимальні значення прямої і двоїстих задач не обов'язково

повинні бути рівними, їх різниця називається «розривом подвійності». Але коли проблема опукла і задовольняє умові кваліфікації обмеження, дається значення оптимального рішення первинної завдання рішенням двоїстої задачі. Щоб отримати подвійну формулу, побудуємо функцію Лагранжа з прямої функції, ввівши невід'ємні множники α_n і $\hat{\alpha}_n$ для кожного спостереження x_n . Це призводить до подвійної формули, де ми мінімізуємо $L(\alpha)$:

$$L(\alpha) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\alpha_i - \hat{\alpha}_i)(\alpha_j - \hat{\alpha}_j) x_i' x_j + \varepsilon \sum_{i=1}^N (\alpha_i + \hat{\alpha}_i) + \sum_{i=1}^N (\hat{\alpha}_i - \alpha_i) \quad (2.16)$$

За умови що:

$$\sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) = 0$$

$$\forall n : 0 \leq \alpha_n \leq C$$

$$\forall n : 0 \leq \hat{\alpha}_n \leq C$$

Параметр β можна повністю описати як лінійну комбінацію навчальних спостережень з використанням рівняння

$$\beta = \sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) x_n \quad (2.17)$$

Функція, яка використовується для прогнозування нових значень, залежить тільки від опорних векторів:

$$f(x) = \sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) (x_n' x) + b \quad (2.18)$$

Умови Karush-Kuhn-Tucker (ККТ) - це оптимізаційні обмеження, необхідні для отримання оптимальних рішень. Для лінійної регресії SVM ці умови

$$\forall_n : \alpha_n (\varepsilon + \xi_n - y_n + x_n' \beta + b) = 0$$

$$\forall_n : \hat{\alpha}_n (\varepsilon + \hat{\xi}_n + y_n - x_n' \beta - b) = 0$$

$$\forall_n : \xi_n (C - \alpha_n) = 0$$

$$\forall_n : \hat{\xi}_n (C - \hat{\alpha}_n) = 0$$

Ці умови показують, що всі спостереження, строго знаходяться всередині Епсілон кордонів, мають множники Лагранжа $\alpha_n = 0$ і $\hat{\alpha}_n = 0$. Якщо або α_n , або $\hat{\alpha}_n$ не дорівнює нулю, то відповідний нагляд називається опорним вектором.

Властивість Alpha навченою моделі SVM зберігає різницю між двома множниками векторів підтримки Лагранжа, $\alpha_n - \hat{\alpha}_n$. Властивості SupportVectors і Bias зберігаються в x_n і b відповідно.

3. Нелінійна регресія SVM: формула прямої задачі

Деякі проблеми регресії не можуть бути адекватно описані з використанням лінійної моделі. В такому випадку двоїста формулювання Лагранжа дозволяє раніше описаного методу бути застосованим на нелінійні функції.

Отримаємо нелінійну модель регресії SVM, замінивши скалярний твір $x_1'x_2$ на нелінійну функцію ядра $G(x_1, x_2) = \langle \phi(x_1), \phi(x_2) \rangle$, де $\phi(x)$ - перетворення, що відображає x на багатовимірний простір. Існують наступні зумовлені функції ядра.

$$\text{Linear} \quad G(x_j, x_k) = x_j'x_k$$

$$\text{Gaussian} \quad G(x_j, x_k) = \exp(-\|x_j - x_k\|^2)$$

$$\text{Polynomial} \quad G(x_j, x_k) = (1 + x_j'x_k)^p, \text{ де } p \text{ набір з } \{2, 3, \dots\}.$$

Матриця Грама є n -ну- n -матрицею, яка містить елементи $g_{i,j} = G(x_i, x_j)$. Кожен елемент $g_{i,j}$ дорівнює скалярному добутку провісників, що перетворюються ϕ . Однак нам не потрібно знати ϕ , тому що ми можемо використовувати функцію ядра для генерації матриці Грама. Використовуючи цей метод, нелінійний SVM знаходить оптимальну функцію $f(x)$ в перетвореному просторі провісника.

4. Нелінійна регресія SVM: двоїста формула

Подвійна формула для нелінійної регресії SVM замінює скалярний твір предикторів ($x_i'x_j$) на відповідний елемент матриці Грама ($g_{i,j}$).

Нелінійна регресія SVM знаходить коефіцієнти, які мінімізують

$$L(\alpha) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\alpha_i - \hat{\alpha}_i)(\alpha_j - \hat{\alpha}_j) G(x_i, x_j) + \varepsilon \sum_{i=1}^N (\alpha_i + \hat{\alpha}_i) - \sum_{i=1}^N y_i (\alpha_i - \hat{\alpha}_i) \quad (2.19)$$

За умов, що:

$$\sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) = 0$$

$$\forall n : 0 \leq \alpha_n \leq C$$

$$\forall n: 0 \leq \hat{\alpha}_n \leq C$$

Функція, яка використовується для прогнозування нових значень дорівнює:

$$f(x) = \sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) G(x_n, x) + b \quad (2.20)$$

Умови ККТ:

$$\forall n: \alpha_n (\varepsilon + \xi_n - y_n + f(x_n)) = 0$$

$$\forall n: \hat{\alpha}_n (\varepsilon + \hat{\xi}_n + y_n - f(x_n)) = 0$$

$$\forall_n: \xi_n (C - \alpha_n) = 0$$

$$\forall_n: \hat{\xi}_n (C - \hat{\alpha}_n) = 0$$

5) Рішення проблеми оптимізації регресії SVM. Алгоритми рішення.

Завдання мінімізації може бути виражена в стандартній квадратичній формі програмування і вирішена з використанням загальних методів квадратичного програмування. Проте, може виявитися обчислювально дорого використовувати алгоритми квадратичного програмування, тим більше що матриця Грама може бути занадто великий для зберігання в пам'яті. Замість цього метод декомпозиції може прискорити обчислення і уникнути браку пам'яті.

Методи декомпозиції поділяють всі спостереження на два непересічних безлічі: робочий набір і залишився набір. Метод декомпозиції змінює тільки елементи робочого набору на кожній ітерації. Тому на кожній ітерації потрібні тільки деякі стовпці матриці Грама, що зменшує обсяг пам'яті, необхідний для кожної ітерації.

Послідовна мінімальна оптимізація (SMO) є найбільш популярним методом вирішення завдань SVM. Вона виконує серію двоточкових оптимізацій. На кожній ітерації вибирається робочий набір з двох точок на основі правил вибору, яке використовує інформацію другого порядку. Тоді для цього робочого безлічі множники Лагранжа вирішуються аналітично з використанням підходу, описаного раніше.

У регресії SVM вектор градієнта ∇L для активного набору оновлюється після кожної ітерації. Розкладене рівняння для вектора градієнта

$$(\nabla L)_n = \begin{cases} \sum_{i=1}^N (\alpha_i - \hat{\alpha}_i) G(x_i, x_n) + \varepsilon - y_n, & n \leq N, \\ -\sum_{i=1}^N (\alpha_i - \hat{\alpha}_i) G(x_i, x_n) + \varepsilon + y_n, & n \leq N. \end{cases} \quad (2.21)$$

Ітеративний алгоритм одиночних даних (ISDA) оновлює один множник Лагранжа з кожної ітерації. Цей алгоритм часто проводиться без умови зміщення b , додаючи невелику позитивну константу α до функції ядра. Виняток b прибрати обмеження суми

$$\sum_{n=1}^N (\alpha_n - \hat{\alpha}_n) = 0$$

У подвійному рівнянні це дозволяє нам оновлювати один множник Лагранжа на кожній ітерації, що спрощує видалення різко відхиляються елементів ніж за допомогою SMO. ISDA вибирає найбільшого порушника ККТ серед всіх значень $\hat{\alpha}_n$ і α_n в якості оновлюваного робочого набору.

б) Критерії збіжності

Кожен з цих алгоритмів ітеративно проводить обчислення до тих пір, поки не буде задоволено зазначений критерій збіжності. Існує кілька варіантів критеріїв збіжності:

Feasibility gap - витрати на здійсненність, може бути виражене формулою:

$$\nabla = \frac{J(\beta) + L(\alpha)}{J(\beta) + 1} \quad (2.22)$$

де $J(\beta)$ - пряма мета, а $L(\alpha)$ - подвійна мета. Після кожної ітерації програмне забезпечення оцінює різницю в здійсненності. Якщо межа здійсненності менше значення, зазначеного в значенні `GapTolerance`, то алгоритм відповідає критерію збіжності, і програмне забезпечення повертає рішення.

Gradient difference - різниця градієнтів. Після кожної ітерації програмне забезпечення оцінює вектор градієнта, ∇L . Якщо різниця в векторах градієнта для поточної ітерації і попередньої ітерації менше значення, зазначеного в значенні `DeltaGradientTolerance`, то алгоритм відповідає критерію збіжності, і програмне забезпечення повертає рішення.

Найбільше порушення ККТ - після кожної ітерації програмне забезпечення оцінює порушення ККТ для всіх значень α_n і α_n^* . Якщо найбільше порушення менше значення, зазначеного в `ККТTolerance`, то алгоритм відповідає критерію конвергенції, і програмне забезпечення повертає рішення.

2.3 Метрики для оцінки якості моделей

Для оцінки точності прогнозування Існують різні показники продуктивності, вони є функцією MAE, що обчислюють середню абсолютну помилку (Middle Average Error), середню абсолютну процентну помилку (MAPE), середньоквадратичну помилку (RMSE).

Средня абсолютна помилка (Mean Absolute Error):

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{t}_{m,k} - t_{m,k}| \cdot 100 \quad (2.23)$$

де $t_{m,k}$ реалне значення показника, $\hat{t}_{m,k}$ - передбачуване значення показника, N – загальна кількість отриманих значень прогнозу

Mean Absolute Relative Error

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\hat{t}_{m,k} - t_{m,k}}{t_{m,k}} \right| \cdot 100 \quad (2.24)$$

Root Mean Squared Error

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_{m,k} - \hat{t}_{m,k})^2}{N - 1}} \quad (2.25)$$

Для кількісної оцінки помилки прогнозування в цьому дослідженні в якості критерію ефективності використовується середня абсолютна відносна помилка (MARE).

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

У розділі наведені результати програмної реалізації моделей множинної регресії і SVM для прогнозування виникнення лісових пожеж. Моделювання проводилося у відповідності з методикою, наведеною в [25].

3.1 Розробка робочих процесів прогнозування лісових пожеж

Процес моделювання для передбачення площі спалення лісових пожеж засновано на публікації "Data Mining Approach" за допомогою метеорологічних даних Кортеса та Мораї. Використаний набір даних містить 517 пожеж з природного парку Монтесіньо в Португалії. Для кожного тижня, місяця, координат та зони спалення записуються кілька метеорологічних даних, таких як дощ, температура, вологість та вітер.

Робочий процес зчитує дані та проводить підготовку моделі регресії на основі просторових, часових та погодних змінних. Потім модель використовується для прогнозування обпаленої зони на основі поточної дати та координат, де вогонь виявлено. В магістерській роботі розроблено два робочих процеси, а саме класифікація та регресія.

3.1.1 Процес виконання моделі класифікації для прогнозування лісових пожеж

Процес виконання моделі класифікації для прогнозування лісових пожеж зображено на рис. 3.1. При цьому відбуваються наступні події:

- 1) Відбувається збір даних о пожежах (була не була), збирається інформація про метеорологічні дані, формується модель, а потім тренується на основі цих даних.
- 2) Відбувається постійний моніторинг погоди
- 3) Данні аналізує предиктор-предбачання, де дані виводяться для подальших дій на основі пожежонебезпеки (в результаті можливо отримання декількох класів, що характеризують вірогідність виникнення пожежі за шкалою мала-середня-висока) .

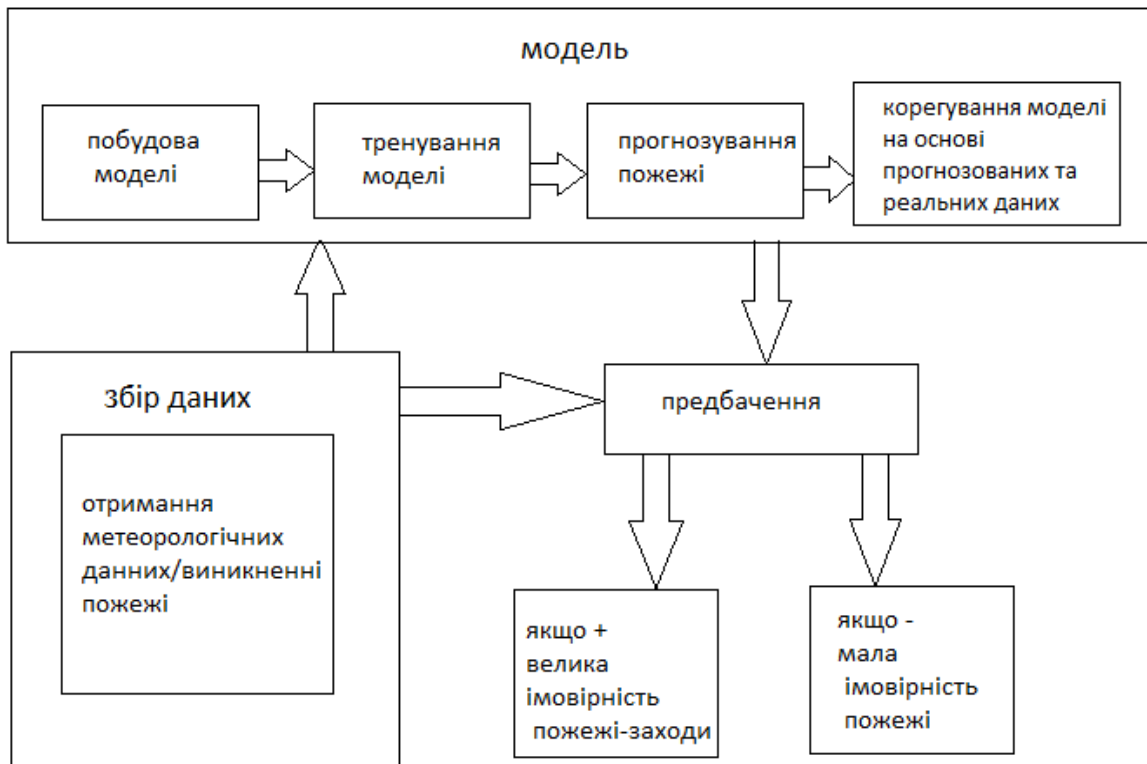


Рисунок 3.1 – Процес виконання моделі класифікації для прогнозування лісових пожеж

3.1.2 Процес виконання моделі регресії для прогнозування площі пожежі

Процес виконання моделі класифікації для прогнозування лісових пожеж зображено на рис. 3.2.

При цьому відбуваються наступні події:

- 1) Спочатку відбувається збір даних про пожежі, записуються координати та місцевість, а також метеорологічні дані, формуються дані залежні від цих даних (WFI індекси залежні від місцевості та погоди).
- 2) Сформовані дані передаються для тренування моделі.
- 3) Під час виникнення пожежі беруться так само дані о місцевості та метеодані, і відбувається виклик предиктора предбачання.
- 4) Предиктор на основі сформованої моделі та нових даних видає рішення і передає його в візуалізуючий блок.
- 5) Візуалізуючий блок бере дані карти та відображує на ній предбачувану площу пожежі.
- 6) Дані виводяться в три блоки-для відображення, для внеску графічних та текстових даних в базу і подальшого аналізу.

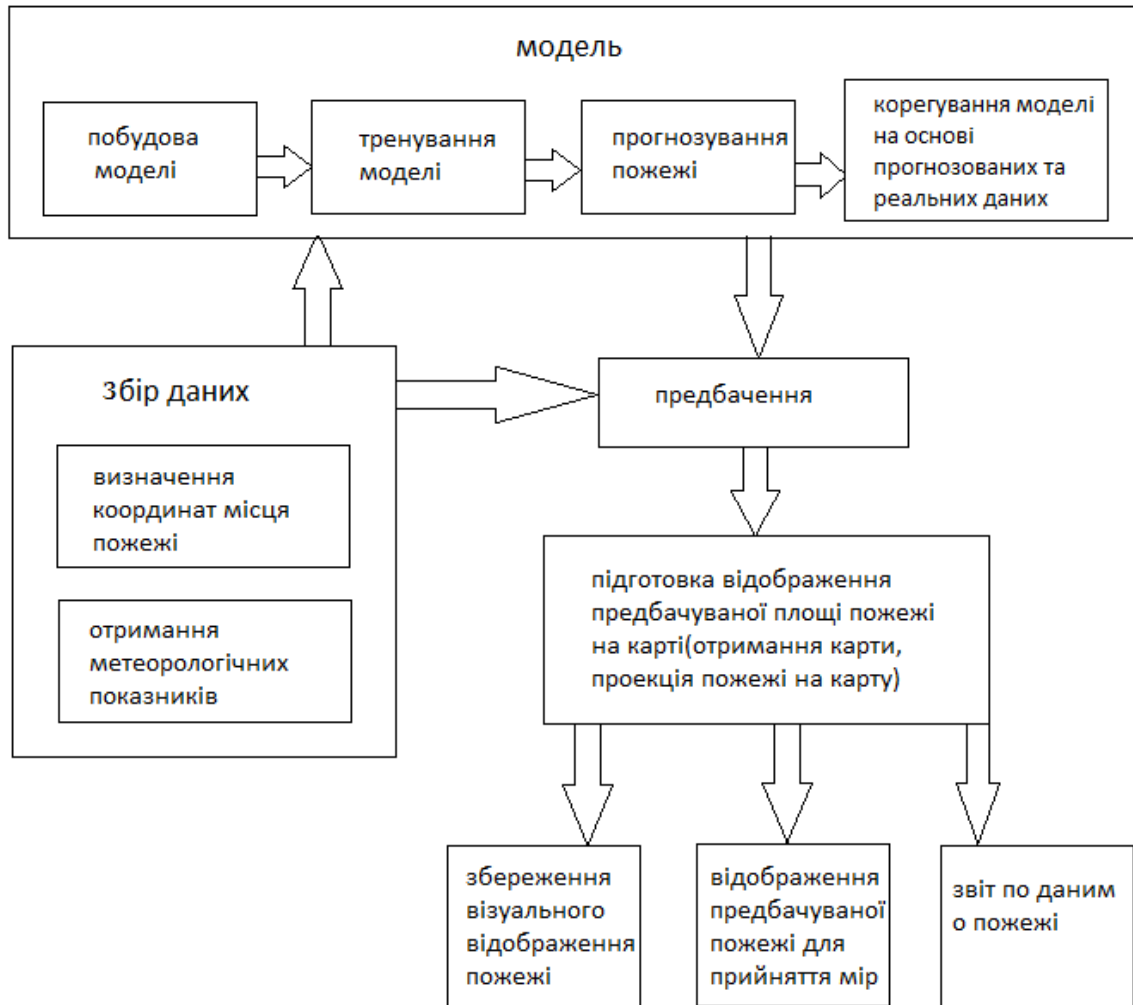


Рисунок 3.2 – Процес виконання моделі регресії

Цей прогноз може бути використаний для розрахунку сил, відправлених на інцидент

3.2 Програмна реалізація моделей прогнозування лісових пожеж

3.2.1 Вихідні дані для моделювання

Вихідні дані взяті з Montesinho Park [28].

Вхідні дані знаходяться у відкритому доступі, складаються з 517 рядів та 13 колонок (параметрів):

#"X" "Y" "month" "day" "FFMC" "DMC" "DC" "ISI" "temp" "RH" "wind" "rain" "area"

Структура вихідних даних для прогнозування:

1. X - x-axis просторова координата території Montesinho park розмір: 1 to 9
2. Y - y-axis просторова координата території Montesinho park розмір: 2 to 9
3. month - місяць року: "jan" to "dec"
4. day - день тижня: "mon" to "sun"
5. FFMC - FFMC індекс з канадської FWI системи: 18.7 - 96.20
6. DMC - DMC індекс з канадської FWI системи: 1.1 - 291.3
7. DC - DC індекс з канадської FWI системи: 7.9 - 860.6
8. ISI - ISI індекс з канадської FWI системи: 0.0 - 56.10
9. temp - температура градусів Цельсія: 2.2 - 33.30
10. RH - відносна вологість повітря%: 15.0 - 100
11. wind - швидкість вітру км / год: 0.40 - 9.40
12. rain - кількість опадів мм / м2: 0.0 - 6.4
13. area - площа спалення лісу (Га): 0.00 - 1090.84

Відсутні значення в наборах даних відсутні. Аналіз даних в роботі був виконаний із застосуванням мови програмування python ver.2.7. і використані бібліотеки sklearn, pandas, matplotlib, numpy.

3.2.2 Програмна реалізація моделі множинної регресії

Як було відзначено в Розділі 2, множинна лінійна регресія є вид лінійної регресії включає в себе більше одного параметра.

Математична модель множинної лінійної регресії може бути представлена формулою:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

де x_i це $i^{\text{й}}$ параметр вхідної змінної

Принявши $x_0=1$ ми могли б переписати рівняння:

$$Y = \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Це рівняння легко перетворюється в рівняння матричного виду:

$$Y = \beta^T X$$

$$\text{Где } \beta = [\beta_0 \beta_1 \beta_2 \dots \beta_n]^T \text{ и } X = [x_0 x_1 x_2 \dots x_n]^T$$

У роботі ця модель реалізується бібліотекою sklearn.

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
lm = LinearRegression()
```

Оптимізація моделі виконується з застосуванням методу найменших квадратів.

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y,$$

де $\hat{\beta} = (\hat{\beta}^0, \hat{\beta}^1, \dots, \hat{\beta}^k)$ вектор коефіцієнтів для вхідних параметрів

X- ортогональні вхідні значення

Y- змінна для оцінки

Оптимізація в роботі виконується методом fit класу LinearRegression бібліотеки sklearn:

```
model = lm.fit(X_train, y_train)
```

Попередній аналіз даних показує, що дані не мають порожніх полів. Місяць і день представлені факторами, пременіся FFMC, DMC і DC мають скіс вліво, ISI і gain зі скосом вправо. Мінлива area також має значний скіс вправо.

Після перевірки на кореляцію вхідних даних видно що є позитивна кореляція у змінних DC і DMC, ISI і FFMC, X і Y, temp і DC і негативна у RH і temp.

Графічно відобразивши дані, можна краще зрозуміти деякі кореляції.

-позитивних кореляція у DC і DMC -ісходіт з самих визначень змінних

-позитивних між temp і DMC-не здається правдоподібним так як волога повинна випаровуватися зі зростанням температури

-негативно між RH і temp - це теж здається правдоподібним так як зі зростанням температури вологість зменшується.

Візуальне дослідження даних також дає уявлення про випадуючі показники.

Невеликі випадуючі показники є у FFMC, DMC, DC, ISI, RH. А також високі показники мінливості в змінних gain і area.

Асиметричність і висока концентрація ближче до нуля змінних area і gain передбачає їх логарифмічну трансформацію. Також може бути трансформована змінна FFMC.

Початкова модель множинної лінійної регресії, застосована до даних показує дуже низький коефіцієнт детермінації:

$$R^2 \equiv 1 - SS_r / SS_t$$

де: $SS_t = \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2$, загальна сума квадратів

и: $SS_r = \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2$, пояснена сума квадратів

У роботі представлена функцією:

```
def r2_score(y, y_pred):
    mean_y = np.mean(y)
    ss_tot = sum((y - mean_y)**2) #total sum of squares
    ss_res = sum((y - y_pred)**2) #total sum of squares of residuals
    r2 = 1 - (ss_res/ss_tot)
    return r2
```

Показник $R^2 = 0,053$ після застосування моделі до тренувальних даних.

Ми можемо спостерігати, що велика кількість нулів у цільовій змінній area веде до нерегулярних результатів. Для поліпшення показника прибираємо всі екземпляри з показником параметра area = 0.

```
data = data[data.AREA > 0]
```

Після видалення всіх нульових значень спостерігається поліпшення показника коефіцієнта детермінації.

Далі, так як в змінних FFMC є наявність випадючих показників, а також високі показники мінливості в змінних gain, а також асиметричність і висока концентрація до нуля змінних gain передбачає логарифмічну трансформацію FFMC і gain.

```
#####
FFMC_ref = np.log(np.max(data.FFMC)+1-data.FFMC)
data['FFMC_ref'] = FFMC_ref
##
RAIN_log = np.log(data.RAIN +1)
data['RAIN_log'] = RAIN_log
#
```

Результати показують, що модель дає кращі показники щодо коефіцієнта детермінації і середнєзалишковому відхиленні.

```
data.AREA = np.log(data.AREA + 1)
```

Через велику скося в даних змінної area застосуємо функцію логарифмічною трансформації до значень змінної area.

Спостерігаємо поліпшення показників моделі і відсоток передбачення покращився.

Далі перевіряємо взаємодію змінних канадського показника пожежної небезпеки FWI. Ці показники тісно пов'язані один з одним і могли б дати більший вплив на модель при взаємодії один з одним.

```
##
data['FFMC.DMC'] = data.FFMC*data.DMC
data['FFMC.DC'] = data.FFMC*data.DC
data['FFMC.ISI'] = data.FFMC*data.ISI
data['DMC.DC'] = data.DMC*data.DC
data['DMC.ISI'] = data.DMC*data.ISI
data['DC.ISI'] = data.DC*data.ISI
```

Спостерігається поліпшення моделі.

Тепер проведемо поліпшення для інших змінних. Для змінних які розповсюджуються близько один до одного зведемо в квадрат, змінні вітру і температури можуть мати більший вплив на поширення вогню.

```
##
data['WIND_sq'] = np.sqrt(data.WIND)
data['TEMP_sq'] = np.sqrt(data.TEMP)
data['RAIN_sq'] = np.sqrt(data.RAIN)
data['RH_sq'] = np.sqrt(data.RH)
data['TEMP.RH'] = data.TEMP*data.RH
data['WIND.RAIN'] = data.WIND*data.RAIN
data['WIND.TEMP'] = data.WIND*data.TEMP
##
```

Після додання до даних цих змінних спостерігається поліпшення в показниках коефіцієнта детермінації.

Далі проводимо аналіз моделі для тестових даних.

Середньоквадратичну помилку моделі знаходимо за формулою:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^m m(y_i^{\wedge} - y_i)^2}$$

```
##
RMSE = np.sqrt(np.sum((y_test - y_pred)**2)/N)
```

Результати відхилень в прогнозах відображені в графіку (рис.3.3) нижче.

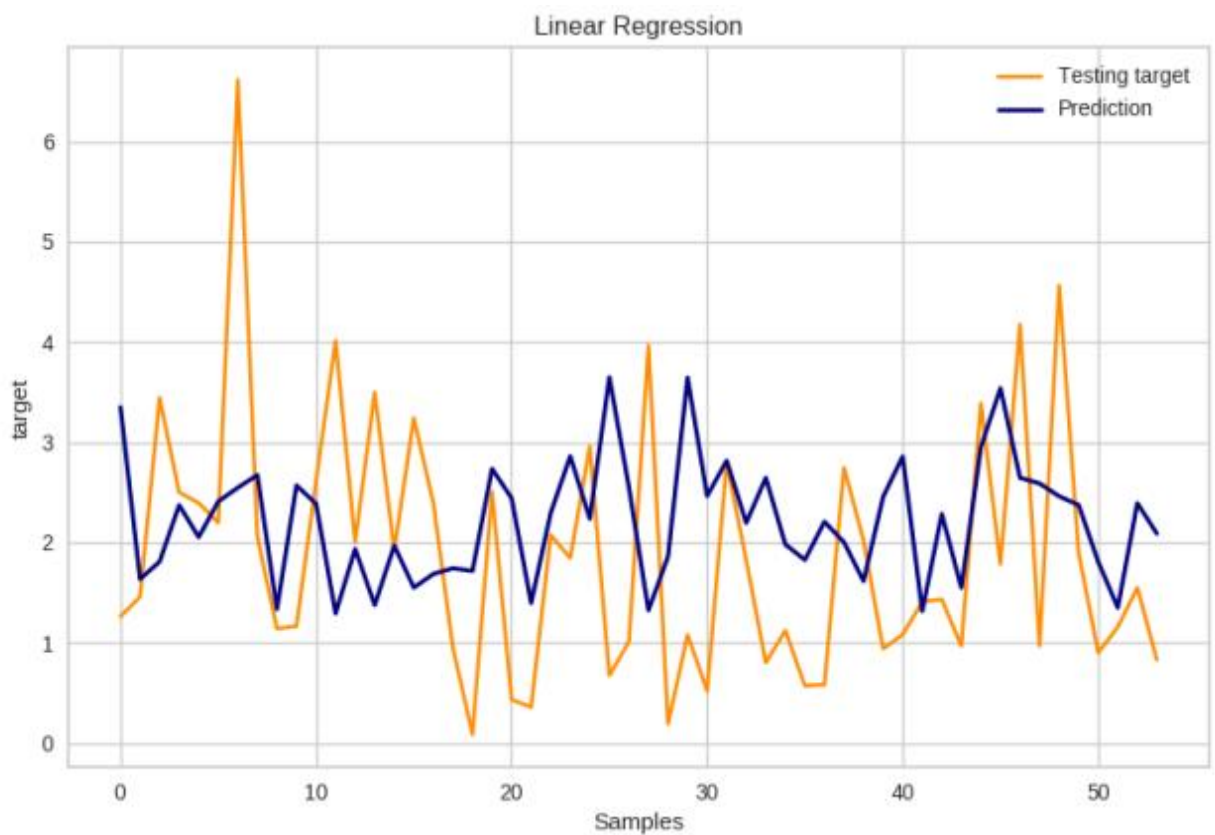


Рисунок 3.3 – Порівняння результатів лінійної регресії для тестового набору та прогнозу

3.2.3 Програмна реалізація моделі SVM

Також була проведена проба використання в якості моделі модель SVM. Параметри моделі були взяті такі -rbf (radial basis function) -kernel для нелінійних моделей.

Функція SVM для регресії:

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{n_{sv}} (\alpha_i - \alpha_i^{\wedge}) K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x})$$

Показник γ коефіцієнт кернел для SVM

C = (cost) допустимий штраф за порушення межі зазору

ϵ -порогове значення точності

функція кернел:

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \exp(-\gamma \|\mathbf{x} - \mathbf{x}'\|^2)$$

Для реалізації була також використана бібліотека sklearn. Результати показників SVM регресії трохи краще (рис. 3.4).

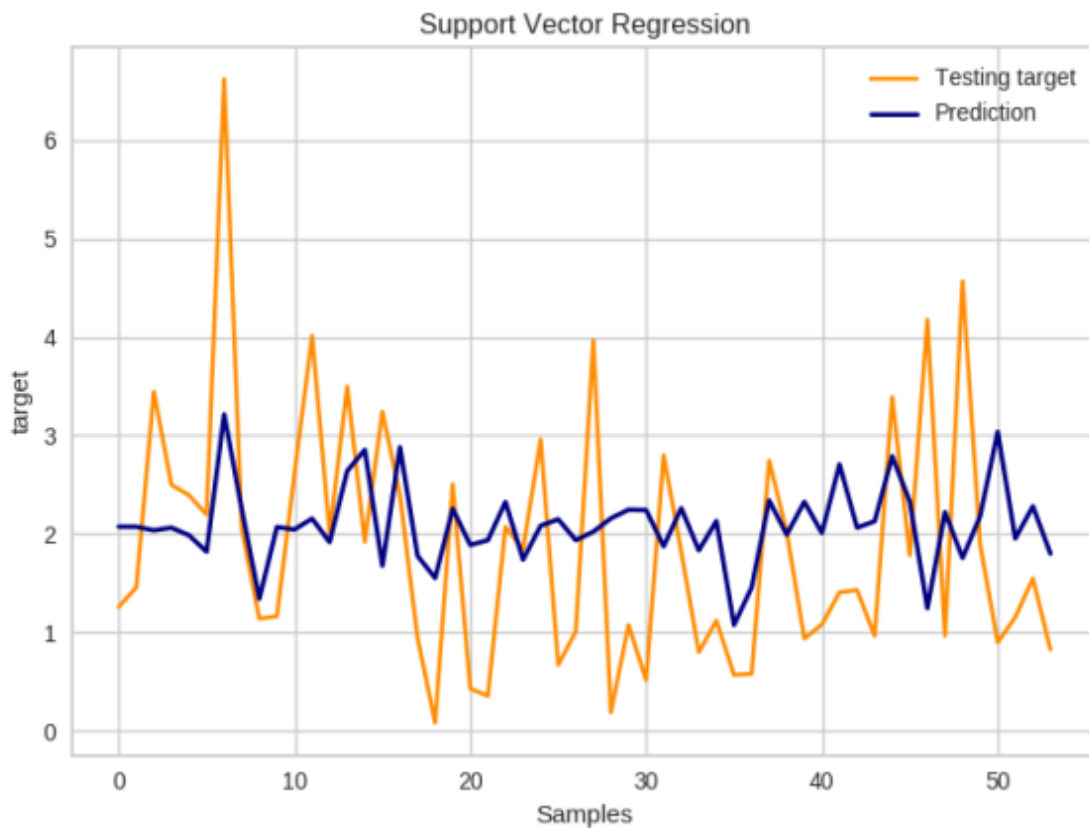


Рисунок 3.4 – Порівняння результатів виконання моделі SVM для тестового набору та прогнозу

3.2.4 Порівняння отриманих результатів

На обох графіках жовтим кольором зображена крива дійсних результатів, а синім-крива прогнозування результатів моделлю.

Як видно з графіків і за показниками помилок модель опорних векторів регресії дає кращі результати за всіма параметрами.

У порівнянні з лінійною регресією показник по залишкам в регресії опорних векторів практично в два рази менше і становить 168 до 251, показник того, що модель оптимізована краще, що спостерігається в порівнянні графіків, графік більш плавний і краще повторює цільові результати.

Також вище показник коефіцієнта детермінації. Показник середньоквадратичної помилки менше і дорівнює 1,243 для SVM регресії та 1,457 для лінійної регресії для тестових результатів.

Звичайно, маючи недостатню кількість спостережень та складну проблему прогнозування важко добитись високих результатів. Також було б можливе використання інших методів таких як нейронні сіті.

3.3 Імплементация алгоритмів прогнозування до інформаційної системи моніторингу лісових пожеж

Система моніторингу і прогнозування природних пожеж повинна вирішувати такі завдання:

- збір оперативних даних від систем, що здійснюють космічний моніторинг;
- збір оперативних даних від органів МНС та лісових господарств в області лісових відносин і підприємств, що працюють в цій галузі;
- формування бази даних підприємства;
- аналіз імовірнісних критеріїв виникнення природних лісових пожеж для прийняття рішення за прогнозом розвитку природної пожежі;
- забезпечення моніторингу торфовищ, які перебувають на ввіреній території;
- відображення результатів моніторингу в картографічному вигляді.

Основна увага у цій частині роботи полягає у впровадженні процесу прогнозування ситуації за допомогою статистичних моделей машинного навчання та інтеграції результатів з шарами аналізу ситуації інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Для вирішення поставлених завдань можливе використання наступної схеми поєднання моделей прогнозування з інформаційною системою рис. 3.5, пропонуваною в [27].

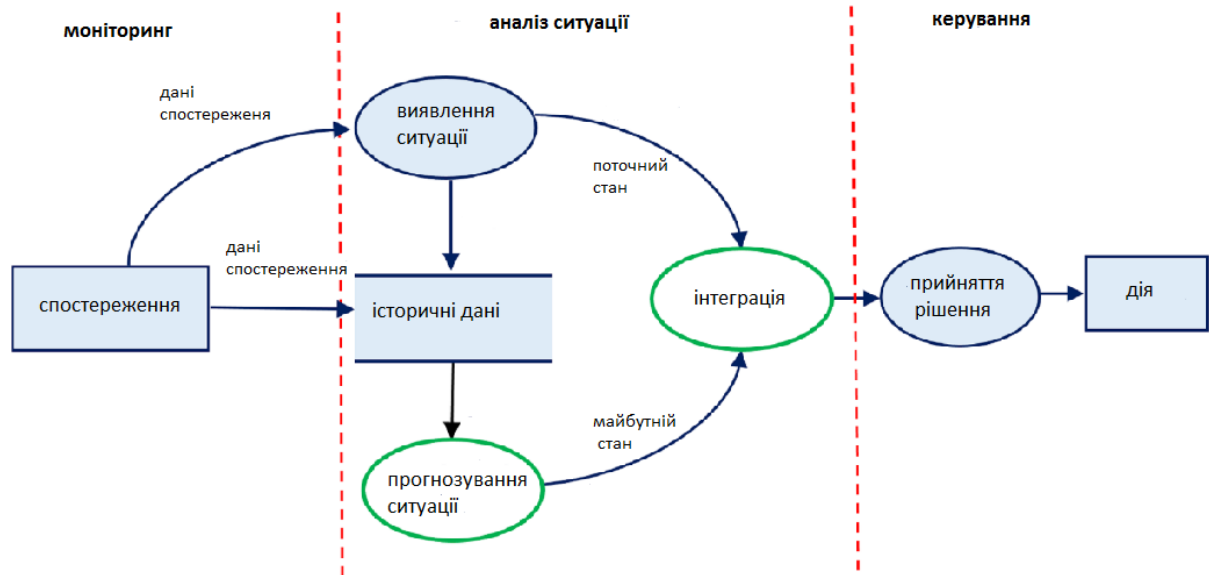


Рисунок 3.5 – Графік потоку даних в системі моніторингу та прогнозування лісових пожеж

- 1) Здобуваються дані і формується база спостережень пожеж та сприятливих факторів.
- 2) На підставі історичних даних тренується модель для аналізу та прогнозування.
- 3) Відбувається постійний моніторинг пожежних умов, інформація передається моделі для аналізу і оцінки ступіні пожежної небезпеки, який передається керуючому центру для прийняття подальших дій.
- 4) У разі виникнення пожежі(виявленням супутником чи датчиками чи іншим шляхом) дані передаються і фіксуються моделлю, яка аналізує фактори сприяючі пожежі і дає прогноз можливої оцінки масштабу пожежі. Дані передаються керуючому центру для подальших дій.

Вибраний прогностичний класифікатор був інтегрований в систему, використовуючи бібліотеку sklearn та языка програмування python. Компонент прогнозування ситуації складається з класифікатору для прогнозування ймовірності лісових пожеж та моделі SVM для прогнозування площі згоряння. Перший був навчений прогнозувати можливість виникнення пожежі внаслідок природніх явищ, зокрема температури та вологості. Другий дозволяє отримати оцінки можливої площі горіння.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ

Завданням даної магістерської роботи було методи та інформаційні технології обробки даних для прогнозування лісових пожеж. Так як в процесі проектування використовувалося різне програмне забезпечення, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується для персонального комп'ютера.

4.1 Загальні питання з охорони праці

Однією з умов сталого соціально-економічного розвитку суспільства є трудова активність всіх його членів і забезпечення безпеки їх життєдіяльності. Як показує досвід, ні один вид діяльності (трудова, інтелектуальна, духовна і ін.) не є абсолютно безпечним.

В законі України «Про охорону праці» визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» (далі – Закону) законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки.

4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 [29]. Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469 [30].

Обов'язковими вимогами враховане наступне:

- не слід допускати до роботи осіб, що в установленому порядку не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки.

- на підприємстві/організації, де експлуатуються ЕОМ з відео дисплейними терміналами (ВДТ) і периферійними пристроями (ПП), розробляється інструкція з охорони праці відповідно до Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 29.01.98 N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за N 226/2666 (НПАОП 0.00-4.15-98).

- ознайомлення з правилами безпеки праці, одержання відповідних інструктажів засвідчується у журналі інструктажів.

- перед допуском до самостійної роботи кожен працівник має право на навчання з питань охорони праці і роботодавець зобов'язаний, і проводить таке навчання у вигляді двох інструктажів з питань охорони праці:

- 1) *вступного*, який проводять працівники служби охорони праці об'єкта господарювання з усіма працівниками, яких приймають на роботу незалежно від їхньої освіти та стажу роботи за програмою, в якій подають загальні питання охорони праці із врахуванням її особливостей на об'єкті господарювання;

- 2) *первинного*, який проводять керівники структурних підрозділів на місці праці з кожним працівником до початку їхньої роботи на цьому робочому місці.

Проходження працівником цих інструктажів з питань охорони праці підтверджується записами у відповідних журналах обліку інструктажів і скріплюється підписами осіб, які проводили інструктажі та осіб, які отримали інструктажі.

3) *Повторний* (не рідше одного разу в 6 місяців);

4) *Позаплановий* (при зміні правил охорони праці);

5) *Поточний* (проводять з працівниками перед виконанням робіт, на яких оформляється наряд-допуск)

– обов'язкові організаційні заходи перед початком, під час і після завершення роботи повинні включати перевірку (візуально) наявності і справності електрообладнання та його заземлення, а під час виконання роботи вимогу «не залишати без нагляду обладнання, яке працює». Після закінчення роботи - вимагається прибирання робочого місця, відключення всіх електроприладів від електромережі.

Не допускається:

– виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ з ВДТ і ПП безпосередньо на робочому місці оператора;

– зберігати біля ЕОМ з ВДТ і ПП папір, дискети, інші носії інформації, запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

– відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі ЕОМ з ВДТ і ПП або їх технічне налагодження;

– працювати з ВДТ, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

– працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

4.2 Аналіз стану умов праці

Робота над створенням системи емоційної класифікації проходитиме в приміщенні багатоквартирного будинку. Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером.

4.2.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення зазначені в табл. 4.1. Згідно з [31] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам. Для дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення, а потрібний рівень освітленості кімнаті дає вікно та система освітлення, що

встановлена на стелі.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	6
Ширина, м	3
Висота, м	2.5
Площа, м ²	18
Об'єм, м ³	45

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за [32] і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	700	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	600	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	450	не менше 400
Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400

Відстань від очей до екрану дисплея, мм	750	700 ÷ 800
---	-----	-----------

. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Приміщення кабінету знаходиться на п'ятому поверсі п'ятиповерхової будівлі і має об'єм 45 м³, площу – 18 м².

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–25°C, відносна вологість — близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум в знаходиться на рівні 30 дБА. Система вентилявання приміщення — природна неорганізована, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою трьох ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань.

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В.

4.3 Виробнича санітарія

Виробнича санітарія - це система організаційних заходів, технічних методів і засобів, що запобігають або зменшують впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів з метою зниження ризику професійної захворюваності.

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

4.3.1 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ЕОМ, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів - із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і

транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 °С). При проходженні електричного струму по провідниках і деталях виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізольованих матеріалів. Розряд статичної електрики може виникнути під час роботи вентилятора або комп'ютер. Кабельні лінії є найбільш пожежонебезпечними місцем. Наявність пального ізоляційного матеріалу, ймовірних джерел запалювання у вигляді електричних іскор і дуг, розгалуженість і недоступність роблять кабельні лінії місцем найбільш ймовірного виникнення і розвитку пожежі.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), надійно захищені діелектричними щитками та/або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу.

Пожежна безпека при застосуванні ЕОМ забезпечується:

- 1) системою запобігання пожежі,
- 2) системою протипожежного захисту,
- 3) організаційно-технічними заходами.

Запобігти утворенню горючого середовища (замінити горючі речовини і матеріали на негорючі і важкогорючі) не надається технічно можливим. Тому проектом передбачаються способи і засоби запобігання утворення (або внесення) в горюче середовище джерел запалювання, таких як:

- 1) застосування електроустаткування, відповідної пожежонебезпечної і вибухонебезпечної зонам відповідно до ПУЕ;
- 2) застосування в конструкції швидкодійних засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- 3) виключення можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з

енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окислювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є:

- 1) поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420° С,
- 2) полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335° С, температура самозаймання 530° С,
- 3) склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання,
 - А) пластикат кабельний №.489 – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1,
- 5) деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255° С, температура самозаймання 399° С.

4.3.2 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три- провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник,

який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Мікроклімат

Метеорологічні умови або мікроклімат характеризуються фізичними параметрами повітря в робочій зоні - його температурою (t °C), відносною вологістю (ϕ , %), швидкістю руху (V , м / с), а також інтенсивністю теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь обладнання, виробів і відкритих джерел (I , Вт / м²).

Зазначені параметри як окремо, так і в комплексі надають значний вплив на перебіг життєвих процесів в організмі людини, багато в чому визначають його самопочуття і тому є важливою характеристикою комфортності умов праці.

В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [31] і наведені в табл. 4.3:

Таблиця 4.3 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С ⁰	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 – 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 – 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [31]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [31].

4.4.2 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче,

створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

У проекті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення. При експлуатації ЕОМ виконується зорова робота IV в розряду точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці (E_n) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає СНіП 11-4-79. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє СНіП і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (6.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_{\text{п}} = a \cdot b = 6 \cdot 3 = 18 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею $S = 1,5 \text{ м}^2$.

Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 6 м, ширина 3 м, світильником оснащеним лампами типу ЛБ (три по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників n виробляється по формулі (6.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (6.2)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, м²; $S = 18$ м²;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 3;

F – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 18 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 3} \approx 1$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 1 світильника, який складається з трьох люмінесцентних ламп загальною потужністю 240 Вт, напругою – 220 В.

4.5 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів (зумовлений як роботою системних блоків, клавіатури, так і друкуванням на принтерах, а також зовнішніми чинниками), коливається у межах 50–65 дБА[33]. Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Шум часто є причиною зниження рівня працездатності, підвищення рівня загальної та професійної захворюваності, частоти виробничих травм. Шум є загальнобіологічним подразником, який негативно впливає на всі органи і системи організму. У разі тривалого систематичного впливу шуму може виникнути патологія з переважним ураженням слуху, центральної нервової і серцево-судинної систем.

Для зниження шуму на шляху його поширення передбачається розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Для зниження рівня шуму стелю або стіни вище 1.5 - 1.7 метра від підлоги повинні облицьовуватися звукопоглинальним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц. Додатковим звукопоглинанням в КВТ можуть бути фіранки, підвішені в складку на відстані 15-20 см. Від огорожі, виконані з щільної, важкої тканини. У приміщенні з ЕОМ коректований рівень звукової потужності не перевищує 45 дБА. Оскільки рівень шуму не перевищує гранично допустимих величин, які встановлені санітарними нормами, заходи для зниження шуму не проводяться.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [33]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; для 2-3 - 1-6 дБ; для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- 1) застосування нових плазмових моніторів,
- 2) віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4-0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля,
- 3) встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування),
- 4) раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

4.6 Вентилювання

Вентиляція являє собою систему технічних засобів, що забезпечує регулярний повітрообмін в приміщенні. вона призначена для видалення з приміщення надлишкового тепла, вологи та створення найбільш сприятливого (що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам) мікроклімату і іонного складу.

Обмін повітря в приміщенні можна здійснювати природним шляхом через квартирки, фрамуги або вентиляційні канали за рахунок різниці температур і тисків повітря всередині приміщення і поза ним.

4.7 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів та правил експлуатації обладнання наводимо приклади деяких заходів безпеки.

1) Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;
- експлуатацію сертифікованого обладнання;
- дотримання заходів електробезпеки;
- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;
- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 нормальної освітленості приміщення);
- облаштовуючи приміщення для роботи з ПК, потрібно передбачити припливно-втяжну вентиляцію або кондиціювання повітря:
 - а) якщо об'єм приміщення 20 м^3 , то потрібно подати не менш як $30 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря;
 - б) якщо об'єм приміщення у межах від 20 до 40 м^3 , то потрібно подати не менш як $20 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря;
 - в) якщо об'єм приміщення становить понад 40 м^3 , допускається природна вентиляція, у випадку, коли немає виділення шкідливих речовин.
- зниження рівня шуму та вібрації:
 - а) у джерелі виникнення, шляхом застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;
 - б) звукоізоляція устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо;
 - в) використання засобів індивідуального захисту).

2) Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;
- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;

- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;
- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;
- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;
- не залишати включені електроприлади без нагляду;
- не допускати потрапляння всередину електроприладів крізь вентиляційні отвори рідин або металевих предметів, а також не закривати їх та підтримувати в належній чистоті, щоб уникнути перегрівання та займання приладу;
- не ставити на електроприлади матеріали, які можуть під дією теплоти, що виділяється, спалахнути (канцелярські товари, сувенірну продукцію тощо).

Вимоги безпеки при надзвичайних ситуаціях:

1) При раптовому припиненні подачі електричної енергії вимкнути всі пристрої ПК в такій послідовності: периферійні пристрої, ВДТ, системний блок, стабілізатор (або блок безперервного живлення). Витягнути вилки з розеток. При наявності ознак горіння (дим, запах горілого) необхідно вимкнути всі пристрої ПК, знайти місце загоряння і виконати всі можливі заходи для його ліквідації, попередивши терміново про це керівництво. У випадку виникнення пожежі негайно попередити про це пожежну частину та керівництво, виконати усі можливі заходи по евакуації людей з приміщення і розпочати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння.

2) При замиканні, перевантаженні електричного струму на електричному обладнанні, внаслідок ураження грозової блискавки та ймовірної небезпеки ураженням електричним струмом, приймають наступне:

- попередження замикання здійснюється правильним вибором, монтажем експлуатації мереж;
- застосування захисту схем у вигляді швидкодіючих реле, а також вимикачів, плавких запобіжників, автоматичних вимикачів.

а) У випадку дотику до корпусу та інших струмоведучих частин електроустановки, що опинилися під напругою використовують захисне заземлення - зниження до безпечних значень напруги дотику і кроку, обумовлених замиканням на корпус та ін. Це досягається шляхом, зменшення потенціалу заземленого обладнання (за рахунок підйому потенціалу підстави, на якому стоїть людина, до значення, близького до значення потенціалу заземленого обладнання) та відключення від загальної електромережі ураженого обладнання.

б) У випадку замикання фази на корпус, зниження ізоляції мережі нижче визначеної межі і, нарешті, в разі дотику людини безпосередньо до частини, що знаходиться під напругою. Основними елементами пристрою захисного відключення є прилад захисного відключення і автоматичний вимикач.

Прилад захисного відключення - сукупність окремих елементів, які приймають вхідну величину, реагує на її зміни і при заданому значенні дають сигнал на її відключення вимикача:

- датчику - вхідна ланка пристрою, що сприймають впливу ззовні і здійснюють перетворення цього впливу в відповідний сигнал;

- підсилувача, призначений для посилення сигналу датчика, якщо він виявляється недостатньо потужним;

- ланцюгів контролю, службовці періодичної перевірки справності захисного відключення;

- допоміжних елементів - сигнальні лампи і вимірювальні прилади, що характеризують стан електроустановки.

Автоматичний вимикач - апарат, призначений для включення і вимикання від ланцюгів під навантаженням і при коротких замиканнях. Він повинен включати ланцюг автоматично при надходженні сигналу від приладу захисного відключення.

Також застосовують різні електричні захисні засоби від ураження струмом:

а) *Ізолюючі* - ізолюють людини від струмоведучих або заземлених частин, а так-же від землі. Вони діляться на основні та додаткові.

б) *Основні* - володіють ізоляцією, здатної довго витримувати робоче напругу електроустановки і тому ними дозволяється стосуватися струмоведучих частин, знаходячи-трудящих під напругою. До них відносяться: в електроустановках до 1000 Вт - діелектричної рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі і електровимірювальні кліщі і т.д. ; понад 1000Вт - ізолюючі штанги, і електровимірювальні кліщі, а також кошти для ремонтних робіт під напругою понад 1000Вт.

в) *Запобіжні* - володіють ізоляцією нездатною витримати робоча напруга електроустановки, і тому вони не можуть самостійно захищати людину від ураження струмом під цим напругою. Їх значення - посилити захисні дії основних і ізолюючих засобів, разом з якими вони повинні застосовуватися, при чому при використанні основних захисних засобів достатньо застосування одного запобіжного захисного засобу. До запобіжних відносяться засоби в електроустановках до 1000Вт - діелектричні калоші килимки, а також ізолюючі підставки.

4.8 Охорона навколишнього природного середовища

6.8.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме методи та інформаційні технології обробки даних для прогнозування лісових пожеж, процес виконання якої впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства: Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Законом України «Про відходи», Законом України «Про охорону атмосферного повітря», Законом України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», Водний кодекс України.

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на знешкодження, утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі діяльності використання методів та інформаційних технологій обробки даних для прогнозування лісових пожеж виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- Відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки
- Батарейки та акумулятори (малі) -III клас небезпеки
- Відходи друкуючих пристроїв - IV клас небезпеки
- Макулатура - IV клас небезпеки
- Побутові відходи - IV клас небезпеки

4.8.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі

Наводяться вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів відповідно до вимог Державних санітарних правил і норм ДСанПіН 2.2.7.029.

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення. Зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Не допускається зберігання відходів у невстановлених схемою місцях, а також перевищення норм тимчасового зберігання відходів.

Засоби тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- Відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;

- Відходи II класу небезпеки в залежності від агрегатного стану зберігаються в поліетиленових мішках, бочках, сховищах та інших видах тари, яка запобігає поширенню шкідливих речовин;

- Відходи III класу небезпеки зберігаються в тарі, яка забезпечує локалізацію зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи і виключає поширення в ОС шкідливих речовин;

- Відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевозять у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

- В разі тимчасового зберігання відходів у стаціонарних складах або промислових приміщеннях повинні бути забезпечені санітарно-гігієнічними етичними вимогами до повітря робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.005.

Не допускається змішування відходів різних видів і класів небезпеки з будівельними і побутовими відходами, відходами дерев'яної, металевої, синтетичної тари, відходами текстильних матеріалів (старий спецодяг, ганчірки) і ін.

Проведення заготовки, здачі, переробки та реалізації металобрухту встановлені окремо Законом України «Про металобрухт».

Особливий контроль наділяється збору і зберіганням відпрацьованих ртутьвмісних ламп (енергоощадних) як відходам I класу небезпеки, що збираються і обов'язково передаються на утилізацію підприємствам, що мають ліцензію на поводження з такими небезпечними відходами.

Всі відходи, що утворюються в процесі діяльності/роботи, підлягають обліку.

Вимоги безпеки при поводженні з відходами:

Під час роботи з відходами (прибирання виробничих приміщень, збір і сортування, навантаження, транспортування, розвантаження та ін.) працівники та обслуговуючий персонал підприємства повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту та дотримуватися вимог інструкцій з охорони праці, що діють на підприємстві.

Наведено перелік деяких відходів, які передаються на утилізацію організаціям, які мають ліцензію на поводження з відходами як вторинної сировини:

- Лом і кускові відходи міді, бронзи, латуні, алюмінію, свинцю;
- Брухт чорних металів;
- Макулатура;
- Склобій;
- Матеріали текстильні вторинні;
- Відходи деревини кускові
- Відпрацьовані фільтрувальні засоби індивідуального захисту
- Відпрацьовані вогнегасники
- Матеріали пакувальні вторинні

Відвантаження таких відходів здійснюється відповідно до договору (контракту)

Побутові та будівельні відходи вивозяться на полігон твердих побутових відходів міста, також відповідно до договору з комунальним дорожньо-експлуатаційним управлінням.

Особи, винні в порушенні встановленого порядку поводження з відходами (порушення правил обліку відходів, самовільне складування і видалення відходів, передача відходів в інші підприємства/організації з порушенням встановлених правил), згідно законодавства несуть дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

Висновки до розділу

Розглянувши основні питання охорони праці, як виду людської діяльності, були проаналізовані аспекти умов праці, шкідливих та небезпечних чинників. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і нормам безпеки. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Були наведені розміри приміщення, наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері. Також вбули визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище.

ВИСНОВОК

Лісові пожежі завдають значної екологічної шкоди, загрожуючи життю людей, попередження і ліквідація лісових пожеж вимагають дуже великих матеріальних затрат.

За останні два десятиліття були зроблені значні зусилля для створення автоматичних засобів виявлення, які могли б допомогти системам управління пожежами. Три основних напрямки в цій області-використання супутникових даних, інфрачервоних / димових сканерів і локальних датчиків (наприклад, метеорологічних).

Ця робота була спрямована на аналіз та пошук засобів підвищення ефективності роботи лісопожежних служб з допомогою математичних методів і сучасних інформаційних технологій.

У цій роботі ув розглянутий підхід викорисування Data Mining для прогнозування лісових пожеж, в якому використовуються метеорологічні дані. Ці дані можуть одержуватися за допомогою локальних датчиків на метеорологічних станціях. Перевага цього підходу полягає в тому, що такі дані можуть збиратися в реальному часі і з дуже низькими витратами в порівнянні з використанням супутника і сканера.

В роботі було наведено огляд існуючих методів прогнозу, а також оцінки лісової пожежної небезпеки. Докладно описані одні з найбільш відомих на сьогоднішній день систем оцінки пожежонебезпеки.

Дослідження моделей було засноване на автономному навчанні, оскільки методи Data Mining були застосовані після збору даних. Однак цей підхід розкриває можливості для розробки автоматичних засобів підтримки управління пожежами. В майбутньому можлива розробка та використання інтерактивної середи навчання як частини пожежно керуючої системи. Це дозволило б через деякий час отримати цінний зворотний зв'язок від пожежних керівників з точки зору довіри і прийняття цього альтернативного рішення. Ще однією цікавою можливістю було б використання прогнозів погоди, для вирішення вибору реагування.

Також було розглянуто та проаналізовано питання розробки моделей і методу інформаційної технології прогнозування лісових пожеж за допомогою сучасних методів машинного навчання та інтеграції результатів з шарами аналізу ситуації інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

Було зроблено порівняння отриманих результатів, а також була запропонована схема імплементації алгоритмів прогнозування до інформаційної системи моніторингу лісових пожеж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Український лісовий портал [Електронний ресурс] URL <https://www.lisportal.org.ua/14427/> (дата звернення 18.12.2017).
2. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: Методы исследования. Херсон : Гринь Д.С. 2011. 470 с.
3. Жарикова М.В., Ляшенко Е.Н., Тертерян А.М. Концепция системы поддержки принятия решений при ликвидации лесных пожаров. Вестник ХНТУ. 2008. №1(30). С.141-145.
4. Ляшенко О.М. Застосування методів data mining при аналізі параметрів надзвичайних ситуацій природного характеру на прикладі лісових пожеж. Таврійський науковий вісник № 83. С. 255-260.
5. Кузик А.Д. Оцінювання пожежної небезпеки лісів за умовами погоди. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.1. С. 74-81.
6. Грицюк Ю.І., Малець І.О., Рак Т.Є. Структурні компоненти задачі оптимального управління процесом боротьби з лісовими пожежами. Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. Львів : РВВ НЛТУ України. 2010. Вип.8. С.171-174. [Електронний ресурс]. URL http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Nplanu/2010_8/171_Gry.pdf (дата звернення 11.10.2017).
7. Бутко І. М. Визначення джерел лісових пожеж за супутниковими знімками. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.3. С.80-81.
8. ГОСТ Р 22.0.11-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Предупреждение природных чрезвычайных ситуаций. Термины и определения.
9. Стоянов В. У., Бакулина М. В. Методы прогнозирования проявления опасных климатических явлений : Лекциопедия [Електронний ресурс]. URL <http://lektsiopedia.org/lek-15928.html> (дата звернення 23.12.2017).
10. Курбатский Н. П. Терминология лесной пирологии. Вопросы лесной пирологии, Красноярск, 1972, с.171-230
11. Canadian Wildland Fire Information System [Електронний ресурс]. URL <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/home> (дата звернення 23.12.2017).
12. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы её определения М. : Гос- лесбумиздат, 1949. 76 с.
13. Доррер Г.А., Якимов С.П., Васильев С.А Прогнозирование параметров распространения лесных пожаров в условиях неполноты информации [Електронний

ресурс]. URL http://www.science-bsea.bgita.ru/2009/les_komp_2009/dorrer_prognoz.htm (дата звернення 18.12.2017).

14. ГОСТ Р 22.1.09-99 Безопасность в ЧС. Мониторинг и Прогнозирование лесных пожаров.

15. Софронов М.А., Софронова Т.М., Волокитина А.В. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов. Лесное хозяйство. 2004. № 6. С. 31-32.

16. Van Wagner C.E., Pickett T.L. Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forest Service, Ottawa, ON. Forestry Technical Report 33. [Электронный ресурс]. URL <http://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/19973.pdf> (дата звернення 18.12.2017).

17. Turner, J.A.; Lawson, B.D. 1978. Weather in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. A user guide to national standards and practices. Environment Canada, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC. BC-X-177.

18. Оценка вероятности возникновения лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL <http://cepl.rssi.ru/r-and-d-3/> (дата звернення 18.12.2017).

19. Барановский Н.В., Гришин А.Н., Лоскутникова Т.П. Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров. Вычислительные технологии. 2003. Т. 8, № 2. С. 16-26.

20. Ляшенко Е.Н. Анализ пожарной опасности сосновых насаждений в зоне нижнеднепровских песков – самой большой пустыни в европе [Электронный ресурс] URL <http://aaecs.org/lyashenko-en-analiz-pojarnoi-opasnosti-sosnovih-nasajdenii-v-zone-nijne-dneprovskih-peskov--samoi-bolshoi-pustini-v-evrope.html> (дата звернення 18.12.2017).

21. Софронов М.А., Софронова Т.М., Волокитина А.В. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов. Лесное хозяйство. 2004. № 6. С. 31-32. 4.

22. Зденева М.Я. Метод среднесрочного прогноза степени пожарной опасности в лесах по метеорологическим условиям / М.Я. Зденева, М.В. Виноградова // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 1. – С. 16-26.

23. Коган Р.М. Выбор показателей оценки пожарной опасности растительности для территории Среднего Приамурья / Р.М. Коган, В.А. Глаголев // Региональные проблемы. – Биробиджан : Изд-во Ин-та комплексного анализа региональных проблем, 2009. – № 11. – С. 70-73.

24. Understanding Support Vector Machine Regression [Електронний ресурс] URL <https://www.mathworks.com/help/stats/understanding-support-vector-machine-regression.html?requestedDomain=true> (дата звернення 10.01.2018).
25. Forest fire regression [Електронний ресурс] URL <https://github.com/ashutosh-ba/Forest-Fire-Regression/> (дата звернення 10.01.2018).
26. Cortez P., Morais A. A Data Mining Approach to Predict Forest Fires using Meteorological Data In *MFS New Trends in Artificial Intelligence : Proceedings of the 13th EPIA 2007*, J. Neves, J. Machado (eds.), pp. 512–523. [Електронний ресурс] URL <http://www3.dsi.uminho.pt/pcortez/fires.pdf> (дата звернення 12.01.2018).
27. Adeleke J. A., Moodley D., Rens G., Adewumi A. O. Integrating Statistical Machine Learning in a Semantic Sensor Web for Proactive Monitoring and Control. [Електронний ресурс] URL <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/4/807/htm> (дата звернення 15.01.2018).
28. <http://www3.dsi.uminho.pt/pcortez/forestfires/> (дата звернення 10.12.2017)
29. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) [Електронний ресурс] /Законодавство України - Режим доступу: [www.URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05](http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05) (дата звернення 26.12.2017).
30. Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України (НАПБ Б.02.005-2003) [Електронний ресурс] /Законодавство України - Режим доступу: [www.URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1148-03](http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1148-03) (дата звернення 26.12.2017).
31. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042.-99) [Електронний ресурс] / Закони України - Режим доступу: [www.URL: http://uazakon.com/documents/date_42/pg_ikcfxj.htm](http://uazakon.com/documents/date_42/pg_ikcfxj.htm) - (дата звернення 27.12.2017).
32. Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98) [Електронний ресурс] / Педрада - Режим доступу: [www.URL: http://zakon.pedrada.com.ua/regulations/10637/478672/](http://zakon.pedrada.com.ua/regulations/10637/478672/) (дата звернення 28.12.2017).
- ДНАОП - Режим доступу: [www.URL: https://dnaop.com/html/32980/doc-НАПБ_Б.03.002.-2007](https://dnaop.com/html/32980/doc-НАПБ_Б.03.002.-2007) (дата звернення 29.12.2017).
33. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99) [Електронний ресурс] /Нормативно-директивні документи МОЗ України - Режим доступу: [www.URL: http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789](http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789) (дата звернення 30.12.2017).