

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Детектування полум'я на основі аналітичного
опрацювання відеоданих

Виконав: студент IV курсу, групи СНЗс-42
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Варава В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Кунанець Н.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Шимчук Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Тиш Є.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Вараві Вадиму Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Детектування полум'я на основі аналітичного опрацювання відеоданих

Керівник роботи Кунанець Наталія Едуардівна, д. н. соц. ком., проф. каф. КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» 03 2022 року № 4/7-172

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи наукові літературні джерела

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина. 1.1. Полум'я як об'єкт дослідження. 1.2. Ознаки горіння.

1.3. Розпізнавання образів. 1.4. Класифікація методів виявлення полум'я за відео.

2. Розробка алгоритму детектування полум'я. 2.1. Алгоритми раннього виявлення полум'я за відео. 2.2. Постановка задачі виявлення полум'я за відео. 2.3. Структурна схема алгоритму виявлення полум'я за відео. 2.4. Види фільтрацій. 2.5. Логічна обробка

2.6. Класифікатори. Прийняття рішень. 2.7. Алгоритм виявлення полум'я за відеоданим

3. Експериментальні дослідження. 3.1. Опис тестових відеопослідовностей.

3.2. Результати досліджень на відеоданих. 3.3 Приклади роботи алгоритму.

4. Безпека життєдіяльності, основи хорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Титулка. 2. Актуальність. 3. Мета, задачі дослідження. 4, Методи аналізу динамічних

текстур. 5. Класифікація методів виявлення полум'я за відео. 6. Алгоритми раннього

виявлення полум'я за відео 7. Структурна схема алгоритму виявлення полум'я за відео

8. Блок-схема алгоритму детектування полум'я. 9. Опис тестових відеопослідовностей.

10. Приклади роботи алгоритму. 11. Висновки. Основні результати проведеного дослідження

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	Гурик О.Я., доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання _____ 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	23.03 – 25.03	Виконано
2.	Підбір джерел про детектування полум'я за відео	26.03 – 15.04	Виконано
3.	Опрацювання джерел про детектування полум'я за відео	16.04 – 28.04	Виконано
4.	Виконання дослідження щодо детектування полум'я за відеопослідовностями	29.04 – 10.05	Виконано
5.	Розроблення програмного коду	11.05 – 15.05	Виконано
6.	Оформлення розділу «Аналітична частина»	15.05 – 20.05	Виконано
7.	Оформлення розділу «Розробка алгоритму детектування полум'я»	21.05 – 26.05	Виконано
8.	Оформлення розділу «Експериментальні дослідження»	27.05 – 31.05	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності, основи хорони праці»	12.05 – 16.05	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	16.05 – 26.05	Виконано
11.	Нормоконтроль	27.05 – 02.06	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	03.06 – 07.06	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	08.06 – 10.06	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	13.06	

Студент

(підпис)

Варава В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кунанець Н.Е.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Детектування полум'я на основі аналітичного опрацювання відеоданих // Варава Вадим Андрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНзс-42 // Тернопіль, 2022 // С. – 54, рис. – 23, табл. – 5, слайдів – 11, бібліогр. – 34.

Ключові слова: OpenCV, відеопослідовність, детектування полум'я, колірний простір, метод опорних векторів

Кваліфікаційна робота присвячена розробці алгоритму та програмного додатку на його основі для виявлення полум'я за відеопослідовністю. Алгоритм базується на виділенні руху, обліку колірних особливостей полум'я та аналізі його динамічних властивостей.

Запропоновано новий метод сегментації областей-кандидатів, який використовує сукупність просторово-часових характеристик та колірних характеристик полум'я, що дає зменшення кількості помилкових спрацьовувань. Для пошуку характерних рис полум'я були використані бібліотека OpenCV для виявлення руху, колірні простори RGB і HSV для виявлення кольору полум'я. Для верифікації регіонів кандидатів проведено аналіз динамічних та геометричних властивостей полум'я. Як класифікатор використаний метод опорних векторів.

Проведені експериментальні дослідження підтверджують ефективність запропонованого алгоритму виявлення полум'я за послідовністю відео. Розроблені методи та алгоритми є основою для реалізації додаткової функції, а саме виявлення пожеж системами міського відеоспостереження, а також відеоспостереження за складними техногенними об'єкта.

ANNOTATION

Flame detection based on analytical processing of video data // Varava Vadim // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science // Ternopil, 2022 // P. - 54, Fig. - 23, Table - 5, Slide - 11, References - 34.

Keywords: video sequence, opencv, color space, flame detection, support vector method

Thesis deals with the development of an algorithm and software application based on it to detect flame in the video sequence. The algorithm is based on the selection of motion, taking into account the color characteristics of the flame and analysis of its dynamic properties.

A new method of segmentation of candidate areas is proposed, which uses a set of spatio-temporal characteristics and color characteristics of the flame, which reduces the number of false positives. The OpenCV library for motion detection, RGB and HSV color spaces for flame color detection were used to search for flame characteristics. To verify the regions of the candidates, an analysis of the dynamic and geometric properties of the flame was performed. The method of reference vectors was used as a classifier.

The conducted experimental researches confirm efficiency of the offered algorithm of detection of a flame on video sequence. The developed methods and algorithms are the basis for the implementation of an additional function, namely the detection of fires by urban video surveillance systems, as well as video surveillance of complex man-made objects.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БД – база даних

Гр - горіння

МОВ – метод опорних векторів

Пл – полум'я

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Полум'я як об'єкт дослідження	9
1.2 Ознаки горіння	14
1.3 Розпізнавання образів	16
1.4 Класифікація методів виявлення полум'я за відео.....	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДЕТЕКТУВАННЯ ПОЛУМ'Я ЗА ВІДЕО	19
2.1 Алгоритми раннього виявлення полум'я за відео	19
2.2 Постановка задачі виявлення полум'я за відео.....	23
2.3 Структурна схема алгоритму виявлення полум'я за відео	24
2.4 Види фільтрацій	25
2.5 Логічна обробка.....	28
2.6 Класифікатори. Прийняття рішень.....	30
2.7 Алгоритм виявлення полум'я за відеоданим	32
2.7.1 Обробка відеопослідовності	33
2.7.2 Пошук та аналіз характерних особливостей	34
2.7.3 Верифікація областей полум'я	35
2.7.4 Блок-схема алгоритму детектування полум'я.....	36
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	38
3.1 Опис тестових відеопослідовностей	38
3.2 Результати досліджень на відеоданих.....	40
3.3 Приклади роботи алгоритму	43
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ..	45
4.1 Навчання працюючих і інструктажі з охорони праці.....	45
4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці.	47
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Актуальність теми. У світі виникнення пожеж чи нових вогнищ Пл часто залишається непоміченим до моменту, поки стає неможливо, або дуже важко усунути джерело загоряння. Традиційні способи виявлення Пл не завжди дозволяють забезпечити своєчасну реакцію на небезпеку, що часто призводить до сумних наслідків. Саме тому одним з найбільш ефективних способів уникнути цього, на даний момент, є детектування Пл за відеопослідовністю.

В даний час камери відеоспостереження отримали широке застосування як на міських територіях при спостереженні за складними техногенними об'єктами, так і в системах екологічного моніторингу за територіями лісових масивів, природних парків та ін. задач. Це дозволяє запобігти можливим втратам і суттєво зменшити збитки від займання. Донедавна практично в основному застосовували технології виявлення Пл, засновані на ультрафіолетових чи інфрачервоних мультиспектральних принципах виявлення. Однак такі технології, як правило, ненадійні і в половині випадків дають неправдиві спрацьовування.

З розвитком систем відеоспостереження та технологій аналізу зображень стало можливим використання відеоданих для виявлення Пл як об'єктивної ознаки пожежі. І хоча цей спосіб також часто призводить до помилкових спрацьовувань, їх кількість все ж таки стає набагато меншою. А враховуючи той факт, що цей метод з'явився відносно недавно, є всі підстави вважати, що його можна доопрацювати та покращити надалі.

Більшість таких алгоритмів виявлення базується на розпізнаванні кольору пікселів, або на визначенні граней, або на виявленні руху. 2004 року за допомогою простору RGB було встановлено ряд правил класифікації пікселів Пл. У 2007 було придумано 6 формул для обмеження рангів кольору Пл для RGB. Після цього майже всі подальші дослідження так чи інакше були пов'язані з RGB простором, що виявило під собою низку недоліків. Головна проблема використання тільки кольору пікселів це те, що деякі об'єкти можуть бути невірно розпізнані системою через схожі на Пл кольори.

Деякі дослідники пізніше запропонували використовувати алгоритм виявлення граней Пл, однак такий алгоритм не застосовується для диких пожеж, оскільки рух Пл часто нерегулярний і такі межі досить важко визначити однозначно.

У результаті дійшли рішення об'єднати в одному алгоритмі і кольору пікселів і характеристики руху, що дало дуже непогані результати.

Основними джерелами, що розкривають теоретичні основи детектування Пл з відеопослідовностей, стали роботи авторів з різних університетів, як зарубіжних, так і на території нашої країни. У своїх роботах вони докладно розглядають існуючі способи виявлення диму та Пл по відеопослідовності, основні завдання та проблеми, що виникають у процесі роботи з ними.

Мета роботи – покращення рівня ефективності детектування Пл на відкритих просторах по відеопослідовності та зменшення кількості помилкових спрацьовувань через невірне розпізнавання полум'яподібних об'єктів.

Для досягнення мети виділено ряд завдань:

- проаналізувати існуючі алгоритми та методи детектування Пл за відеопослідовностями на відкритих просторах;
- розробити метод сегментації полум'яподібних об'єктів за відеопослідовністю;
- розробити метод розпізнавання Пл серед одержаних областей-кандидатів;
- розробити програму, що реалізує дані алгоритми для оцінки якості їх роботи;
- порівняти ефективність алгоритмів детектування Пл за відеопослідовністю із вмістом сторонніх об'єктів кольору Пл та різних шумів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Полум'я як об'єкт дослідження

Полум'я - це розпечене газоподібне середовище, що складається з частково іонізованих частинок, де хімічна взаємодія та фізико-хімічні перетворення частинок пального, окислювача та домішкових частинок супроводжуються "світінням" та виділенням тепла. Різні процеси в полум'ї дуже швидкоплинні, тому часто їх неможливо побачити неозброєним оком.

Тоді як Пл за своєю сутністю є певним середовищем, що складається з частинок, вогонь має дещо інше значення, адже вогонь спочатку пов'язаний із описом процесів Гр. Вогонь є процесом окислення, при якому проходить виділення теплової енергії та випромінювання у видимому діапазоні. Для виникнення необхідні: паливо, окислювач і температура. Паливом може бути будь-який займистий і горючий матеріал (деревина, різні гази і т.д). Окислювачем виступає, зазвичай, кисень, проте виникнення вогню можливе і в інших середовищах, таких як хлор або фтор. Цікавим фактом є, наприклад, що в атмосфері, що складається здебільшого із фтору, у ролі палива може виступати звичайна вода. Причому горітиме вона буде фіолетовим Пл. Останній компонент необхідний для вогню - температура залежить від властивостей перших двох компонентів і може бути вища або нижча в залежності від середовища згорання або матеріалу.

Всі ці компоненти, що визначають виникнення вогню, впливають на майбутні властивості та характеристики Пл у власне процесі Гр. Пл можна поділити на дві частини. Окисне Пл - знаходиться у самій верхній і гарячій його частині, де відбувається окислення речовини через надлишок кисню і недостатність паливної речовини. Відновлювальне Пл міститься ближче до центру або в самому його низу. Тут навпаки багато палива і мало кисню для Гр.

Пл має досить багато різних характерних рис, таких як колір, рух, форма, поведінка і т.д. У цій роботі основний наголос робиться на показники колір і рух.

Колір Пл залежить від багатьох чинників. По-перше, це може бути

хімічний склад об'єкта, що горить, при горінні якого можуть змінюватися відтінки Пл. По-друге, великий вплив має насиченість повітря різними газами, наприклад киснем. Також на колір Пл може впливати температура.

Звичайне Пл, котре ми можемо спостерігати при горінні свічки або сірника є потоком розпечених газів, витягнутим вертикально вгору за рахунок архімедової сили, тобто гарячі гази хочуть підніматися нагору. На рис. 1.1 можна побачити, що колір Пл має різний спектр у різних частинах.



Рисунок 1.1 - Пл свічки

Для найнижчої частини є невелике синє світіння, тому що там знаходиться багато палива, проте власне кисню недостатньо. Тому там проходить неповне згоряння палива, при якому утворюється CO, який, окисляючись на краю конуса Пл, фарбує синім. У середню частину проникає більше кисню (під дією дифузії), де проходить подальше окиснення палива. Температура у цій частині вища, ніж у нижній. Також в обох цих частинах містяться краплі палива, що не згоріли, і частинки вугілля, які через сильне нагрівання створюють ефект світіння. Третя зона, на самому верху, має найбільшу температуру, проте майже не світиться. Там догорають власне незгорілі частинки палива, і концентрація кисню в цій частині ще більша. Іншими словами, колір Пл визначається випромінюванням електронних переходів різних збуджених заряджених та незаряджених частинок, котрі утворюються як і при хімічній реакції між молекулами пального та киснем повітря, так і при термічній дисоціації. При горінні вуглецевого пального в повітрі синя частина кольору Пл обумовлена випромінюванням частинок CN, червоно-жовтогаряча - випромінюванням частинок C₂. Випромінювання інших

частинок, що утворюються в процесі Гр (CH_x , H_2O , NO , CO_2 , CO) лежить у невидимій для людського ока ультрафіолетової та інфрачервоної частини спектру. Крім того, на фарбування Пл сильно впливає присутність сполук різних металів, насамперед натрію. У видимій частині спектра випромінювання натрію вкрай інтенсивно і відповідає за оранжево-жовтий колір Пл, при цьому випромінювання трохи менш поширеного калію виявляється на його тлі практично не помітним [1].

Кольори Пл для різних хімічних речовин виглядають так:

- білий (алюміній, титан);
- жовтий (солі натрію);
- помаранчевий (кальцій, деревина);
- червоний (літій, стронцій);
- голубий (вуглець, свинець, природний газ);
- синій (селен);
- фіолетово-рожевий (калій);
- зелений (мідь, молібден, фосфор, барій, сурма);
- синьо-зелений (бор).

Колір часто залежить від температури. Кожен колір має свою певну температуру. Будь-який предмет навколо нас володіє температурою, котра більша за абсолютний нуль, а значить, виділяє теплове випромінювання. Бодай лід, котрий має мінусову температуру випромінює тепло [2]. Існує таке поняття як колірна температура - це температура абсолютно чорного тіла, у якому воно випускає випромінення певного кольору. Таким чином, температура, яка дорівнює 5000К – це фактично колір, котрого набуває абсолютно чорне тіло при нагріванні його до 5000К. Колірна температура оранжевого кольору - 2000К, це означає, що абсолютно чорне тіло необхідно нагріти до температури 2000К, щоб воно набуло помаранчевого кольору світіння (рисунок 1.2).

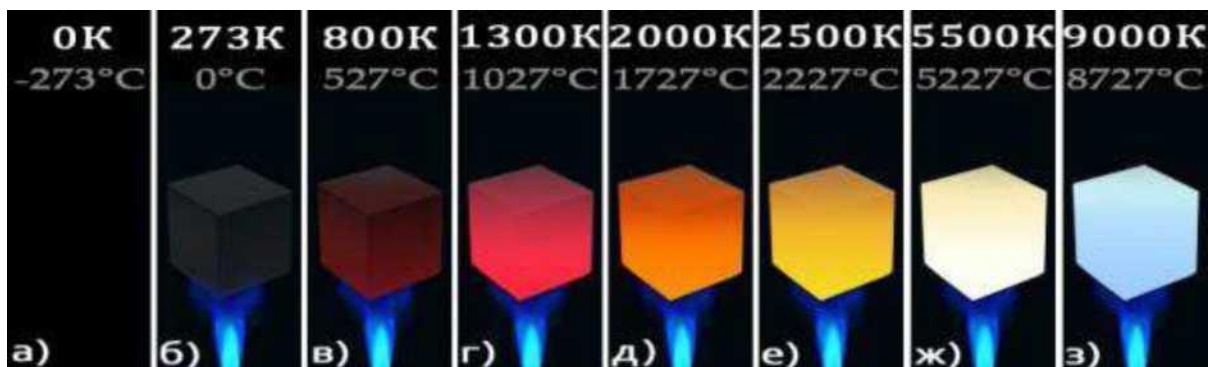


Рисунок 1.2 – Колір абсолютно чорного тіла за різних температур нагрівання

Подібне явище ми можемо спостерігати і з кольором Пл за тим лише винятком, що джерелом світла є нагріті частинки, що виділяються в результаті Гр об'єктів, а також колір може змінюватися через домішок певних хімічних елементів.

Подібні метаморфози зі зміною кольору Пл не могли залишитися непоміченими і знайшли застосування на практиці як індикаторний аналог лакмусового папірця при пошуку кислот, тільки для пошуку домішок. Так було створено метод пірохімічного аналізу, що є спосіб визначення домішок хімічних елементів зі зміни забарвлення Пл. Для цього шукану речовину спалюють у полум'ї газового пальника та спостерігають за його зміною. Добре видимий ефект зазвичай спостерігають із летючими солями, такими як хлориди, нітрати, карбонати. Колір Пл залежно від домішок металу можна побачити у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Залежність кольору Пл від наявності сполук металів

Метал	Окисне полум'я	Відновлювальне полум'я
Хром	Смарагдово-зелений	Жовто-зелений
Кобальт	Інтенсивний синій	Темно синій
Марганець	Фіолетово-аметистий	-
Залізо	Жовто-бурий	Зелений
Нікель	Червоно-бурий	Фіолетово-сірий
Мідь	Синій	Червоно-бурий

Іншою, не менш важливою, характеристикою для розпізнавання Пл за послідовністю відео є його динаміка, рух. Як відомо, Гр вогню – це дуже динамічний процес. Язики Пл регулярно змінюють свою форму та напрямок,

тому такі процеси легко можна виявити.

Ще Леонардо да Вінчі свого часу приділив увагу процесу Гр та Пл загалом. У його дослідженні "Про Гр та Пл" були порушені й особливості руху Пл. Ось як звучать його три пункти у сучасному викладенні:

- Пл породжує вітер, подібне можна було помітити, сидячи біля вогнища, коли відчувається легкий рух теплого повітря.
- чим сильніше і більше Пл, тим більше вітру створюється, і, тим швидше воно рухатиметься.
- чим світліший колір Пл, тим швидше воно рухається і тим воно гарячіше.

При горінні вогонь частково знищує повітря навколо нього, у результаті виникають порожнечі, які заповнює повітря зовні. За рахунок цього і вітру Пл, що породжується Грм, рух Пл є круговим, за умови, що речовина, котра живить його, однорідна. Вітер, що породжується Пл і вітер зовнішній при зіткненні один з одним також сприяють круговому руху Пл, язика якого прагнуть вгору.

На відеозображенні Пл та дим представлені у вигляді динамічної 2D текстури [3]. Подібні динамічні текстури можуть мати стохастичну та регулярну складову [4]. До характеристик динамічних текстур можна віднести такі особливості [5]:

- велика різноманітність форм;
- просторові та тимчасові закономірності;
- великий обсяг вихідних даних;
- мала кількість зумовлених структур.

Імовірнісні особливості динамічних текстур - це розмір, орієнтація в просторі, форми і розташування складових частин об'єкта на відеозображенні.

Методи аналізу динамічних текстур залежать від об'єкта, що шукається, і поділяються на наступні категорії:

- методи, засновані на знаходженні руху. Це найпопулярніша категорія методів, оскільки рух – природна властивість динамічних текстур [6,7,8];
- просторово-тимчасова фільтрація та методи, що базуються на перетвореннях. Дана група методів описує динамічні текстури в різних

масштабах у просторі та часі, до неї відносяться, наприклад, вейвлет-перетворення [9, 10, 11];

– методи, котрі базуються на побудові математичних моделей, таких як генеративні (що породжують) моделі (наприклад, лінійні динамічні системи). Генеративні моделі можуть бути використані для синтезу [12], сегментації [13] та класифікації [14];

– методи, засновані на геометричних просторово -тимчасових властивостях. Ця група методів базується на властивостях рухомих поверхонь [15]. На основі характеристик поверхні можна виявити особливості руху та визначити зовнішній вигляд досліджуваної текстури.

1.2 Ознаки горіння

Гр є складним фізико-хімічним процесом, в результаті якого вихідні речовини перетворюються на продукти згоряння внаслідок екзотермічних реакцій з інтенсивним виділенням тепла. Хімічна енергія, запасена в компонентах вихідної суміші, при цьому виділяється у вигляді теплового випромінювання, яке називають Пл.

Особливості Гр, що відрізняють його від інших фізико-хімічних процесів за участю окислювально-відновних реакцій, - це великий тепловий ефект реакції та велика енергія активації, що призводить до сильної залежності швидкості реакції від температури [16].

Різні за складом речовини та тверді матеріали горять також по-різному. Прості речовини (деревне вугілля, сажа), з хімічно чистого вуглецю, розжарюються або тліють без утворення іскор, Пл та диму. Так відбувається, тому що для них відсутня потреба в розкладанні перед вступом у реакцію з киснем у повітрі. Гр складних власне твердих горючих матеріалів на зразок деревини, бавовни, каучуку, гуми або пластмаси проходить у два кроки:

- розкладання, що не супроводжується Пл та виділенням світла;
- Гр з присутністю Пл або тління.

Тобто складні речовини горять властиво не самі, а горять власне продукти,

на які вони розкладаються.

Залежно від типу Гр Пл може мати різні кольори, поведінку, швидкість, форму тощо. Гр класифікується за такими ознаками.

За швидкістю руху:

– повільне Гр (дефлаграція) – дозвукова швидкість, нагрівання за рахунок теплопровідності: ламінарне - невелика швидкість Гр суміші, суворо визначена, підтримувана швидкість; турбулентне – непередбачуване, стохастичне Гр з високою потужністю;

– детонаційне Гр (детонація) – надзвукова швидкість, реакція підтримується за рахунок нагрівання реагентів ударною хвилею (завжди турбулентне).

Газофазне (гомогенне) Гр – якщо вихідні компоненти суміші є газами:

– попереднє - окислювач та пальне заздалегідь перемішані на молекулярному рівні;

– дифузійне - окислювач та пальне відокремлені один від одного у вихідній суміші, і надходять у зону Гр за допомогою дифузії.

Гетерогенне Гр - пальне та окислювач перебувають у різних фазах.

Тління - особливий вид повільного Гр, яке підтримується за рахунок тепла, котре виділяється в реакції кисню і гарячої конденсованої речовини безпосередньо на поверхні речовини, що акумулюється в конденсованій фазі.

Безполум'яне Гр - Пл не видно неозброєним оком.

Холоднополум'яне Гр - режим Гр, коли хімічна взаємодія супроводжується світінням, але реакція залишається незавершеною. У цьому випадку суміш розігрівається меншою мірою, ніж при повному адіабатичному згоранні, коли вся хімічна енергія горючої суміші йде для розігріву власне продуктів реакції.

При горінні органічних матеріалів формуються нагріті до дуже великої температури власне леткі продукти Гр CO_2 , H_2O , CO та інші. При горінні деяких неорганічних речовин, наприклад деяких металів, можуть утворюватися поряд з леткими і нелеткі продукти Гр. На пожежах найчастіше горять органічні речовини (деревина, тканини, бензин, гас, гума та ін.), до складу яких входять

вуглець, водень, кисень, сірка та азот. Рідше на пожежах горять неорганічні речовини, такі як фосфор, натрій, калій, кальцій, алюміній, титан, магній та ін. Продуктами їх згоряння є тверді речовини [17].

Рідини, котрі згорають, наприклад, небезпечніші ніж тверді матеріали, так як спалахують набагато легше і швидше, горять сильніше і формують вибухові парові суміші. Причому горять не самі рідини, а їх пари, що знаходяться над їхньою поверхнею.

До інших важливих особливостей згоряння рідин можна віднести високу щільність парів (важче повітря); малу щільність рідин (легше води) і нерозчинність більшості їх у воді, що дозволяє застосовувати для гасіння воду; здатність під час руху накопичувати статичну електрику; велику теплоту та швидкість згоряння.

Ще більшу небезпеку несуть у собі горючі гази. Крім того, що вони горять, майже всі вони є вибухонебезпечними за певних умов (концентрації повітря).

1.3 Розпізнавання образів

Людське око має кілька блоків, здатних розпізнавати властивості зображення. Людина швидко вихоплює з навколишньої реальності набори об'єктів та класифікує їх. Параметрів, котрі при цьому є важливими, не так багато [18]:

– швидко вгадуються предмети штучного походження, що описуються неприродними геометрично правильними формами: прямі або плавні лінії, поверхні з плавною зміною кольору або складніша фактура, інформативність якої все ще набагато нижча, ніж інформативність природних об'єктів;

– при глибокому аналізі визначаються повторювані за властивостями області і області, в яких є якісь відхилення від норми: темно-зелений колір листя на фоні решти світло-зеленого; дрібне листя на фоні великого; гілки, що швидко коливаються, на тлі гілок, котрі повільно коливаються, і т.п.

Саме тому базові алгоритми, які використовуються для розпізнавання образів, використовують схожий набір блоків, а саме:

- виділення контурів;
- пошук заданих кольорів, текстур;
- лінійні фільтри, що реагують на якісь конкретні елементи зображень;
- виділення областей з високою/низькою інформаційною насиченістю,

чіткістю деталей тощо.

Загалом будь-яке розпізнавання образів можна розбити на три кроки:

- попередня обробка, фільтрація та підготовка зображення;
- логічна обробка результатів інформації;
- ухвалення рішення на основі отриманих даних.

Таким чином, існуючі методи розпізнавання зображення, зазвичай, прагнуть знайти в об'єкті кілька характерних деталей, які можна алгоритмічно описати, і за які можна «зачепитися» при пошуку об'єктів такого роду.

Розпізнавання об'єктів по відеопослідовності в цілому використовує схожі способи.

1.4 Класифікація методів виявлення полум'я за відео

На даний момент існує кілька основних способів детектування диму та Пл за відеопослідовністю:

- аналіз та обробка пікселів;
- виділення областей/сегментів;
- аналіз загального плану;
- навчання характерним рисам Пл;
- виявлення просторово-часових показників.

Серед даних методів можна виділити аналіз та обробку пікселів зображення, а також вивчення характерних просторово-часових особливостей. Саме ці методи є основними, якщо потрібно розпізнавання динамічних об'єктів по відеопослідовності.

Умовно, особливості детектування Пл можна розділити на кілька розділів:

- дистанція : ближній вогонь; дальній вогонь;
- територія: вогонь на міських територіях (пожежа, підпали); вогонь на

територіях лісових масивів (лісова пожежа);

– час доби: вогонь у темний час доби (нічне Пл); вогонь у світлу пору доби (денне Пл).

Залежно від цих факторів іноді змінюються і характерні риси Пл. Так, наприклад, вогонь у темний час доби відрізняють яскравіше виражені колірні особливості, а також відсутність можливості виявлення диму через недостатню освітленість. Для далекого вогню складніше визначити характерну геометрію через відстань і т.д.

Розуміння таких моментів дозволяє більш точно аналізувати відео та особливості Пл, залежно від місця, відстані, часу доби та причин виникнення пожежі.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДЕТЕКТУВАННЯ ПОЛУМ'Я ЗА ВІДЕО

2.1 Алгоритми раннього виявлення полум'я за відео

Оскільки Пл є комплексним візуальним феноменом, то при побудові алгоритму слід використовувати різні особливості та властивості Пл як фізичного явища [19]. Кожен алгоритм виявлення Пл за відеопослідовностями будується, в першу чергу, на комбінації найбільш оптимальних та ефективних підходів, кожен з яких дозволяє з максимальною точністю виявити певну ознаку Пл. У роботі [20] «Ієрархічне виявлення лісових пожеж з відеопослідовностей від піксельного рівня до семантичного рівня» представлено нову методику виявлення Пл з відеозображень.

Ця методика є послідовною обробкою зображення Пл, починаючи з низькорівневого представлення на основі пікселів і закінчуючи високорівневим семантичним представленням відеоряду. Кожен піксел одного певного зображення, який відповідає певним колірним правилам і характеристикам руху, позначається як «піксел кольору Пл». Після чого грубо формується приблизний регіон зі схожих на Пл пікселів, зображення ділиться на окремі блоки. Поділ на блоки проводиться за допомогою спеціально навчених словників, які можуть визначати і розпізнавати помічені пікселі, для більш точного сегментування областей-кандидатів, де передбачається наявність Пл, та виключення областей, де Пл немає, як показано на рис. 2.1 (а-в).



а) вихідне відео

б) виділення пікселів
кольору Пл

в) обробка руху
пікселів

Рисунок 2.1 - Обробка зображення від піксельного до семантичного рівня з розбиттям на блоки

Для зниження вартості обчислень запропонований метод визначає F-rate, який позначає оптимальну частоту кадрів. Далі особливості мерехтіння та просторово тимчасові особливості, отримані з відеокліпів розміром F-rate, використовуються для побудови семантичної моделі Пл пожежі, розпізнаного у відео, яка заснована на математичній моделі значень.

У колірному просторі RGB колірні характеристики Пл відповідають наступним трьом правилам оцінки пікселів:

Правило 1: $R > G \geq B$

Правило 2: $R > RT$

Правило 3: $S \geq (255-R) \cdot ST/RT$

В даному випадку RT позначає граничне значення каналу R , S є значенням насиченості пікселя, а ST відповідає насиченості, коли $R \in RT$ для того ж пікселя. Правила 1 та 2 показують, що значення каналу R більше порівняно з іншими об'єктами. На жаль, деякі об'єкти того ж кольору також задовольняють цим двом правилам, однак відбувається початкове відділення Пл від іншого фону.

Отримані експериментальні результати показують, що цей метод ефективно сегментує регіони Пл, що значно збільшує продуктивність виявлення лісових пожеж.

Інший метод виявлення Пл за відеопослідовностями заснований на ідеї обробки переднього плану зображень та техніки оптичного потоку [21]. Накопичення зображень відбувається за допомогою обробки переднього плану зображень, що витягуються за допомогою диференціального кадрового методу:

$$FD(x, y, k) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(x, y, k) - I(x, y, k - 1)| > L \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.1)$$

де (x, y) – координати пікселів, сформовані з однією довжиною напрямку по осі x та з іншим напрямком по осі y . $I(x, y, k)$ позначає значення пікселів (x, y) поточного кадру. $I(x, y, k-1)$ означає значення пікселів (x, y) попереднього кадру. L - це граничне значення. Точки зі значеннями 1 диференціальному результату зображення $FD(x, y, k)$ формують зображення переднього плану.

Для цього використовуються два параметри, щоб можна відрізнити області-кандидати Пл від областей-кандидатів диму. Области Пл розпізнаються за допомогою статистичної моделі, яка побудована на акумуляції переднього плану зображень, у той час як області диму обчислюються за допомогою оптичного потоку та моделі функції руху. Як ми знаємо, Гр Пл є турбулентним рухом із деяким джерелом. Якщо не буде жодного впливу вітру або потоку повітря, то області безперервного Пл та уривчасті області Пл повторюватимуться через регулярні проміжки часу у певній області. Таким чином, значення пікселів регіонів Пл на передньому плані зображення стає дедалі більше (рис 2.2).



а)



б)

Рисунок 2.2 – Результат акумуляції Пл зображення переднього плану

Даний алгоритм можна використовувати для виявлення вогню в реальному часі в наступних трьох випадках: вогонь з Пл без диму, вогонь з димом без Пл та вогонь як з Пл, так і з димом.

Виявлення Пл за відеопослідовностями також можливе з використанням логістичної регресії та тимчасового згладжування [22]. Даний спосіб є надійним візуальним методом аналізу для швидкого виявлення Пл пожежі за відеопослідовності з використанням логістичної регресії та тимчасового згладжування. Область-кандидат визначається відповідно до відношення компонента кольору та рухом кия вогню Пл, отриманого шляхом віднімання фону. Потім область-кандидат перевіряється на справжність з точки зору можливої ймовірності пожежі, яка розраховується з використанням логістичної

регресії залежно від інформації про розмір, рух та колір. Тимчасове згладжування використовується зниження хибних тривог при незначному зниженні чутливості.

Вогонь проявляється у різних кольорах залежно від температури Пл. Колір в центрі Пл вогню може відрізнитись від кольору по краях. Тому пікселі кольору вогню досить легко виявити, спираючись на специфічні ранги колірного спектра. Оскільки колір вогню, як правило, дуже насичений у червоному діапазоні, червоні компоненти кожного пікселя вогню більші, ніж інші в колірному просторі RGB. Оскільки значення кольору RGB чутливі до змін освітлення, то колір фарби RGB перетворюють на колірний простір, який може відокремити яскравість від кольоровості. Колірний простір R_{CbCr} визначає колір як яскраві (Y) та кольорові (Cb,Cr) компоненти. Таким чином, через схожість у кольорі, Пл вогню та вогнеподібні об'єкти демонструють схожі риси з погляду розподілу, але з різними середніми значеннями по осі коефіцієнта кольоровості. Фонові пікселі показують різні форми, а також різне розташування коефіцієнта кольоровості в розподілі (рис. 2.3).

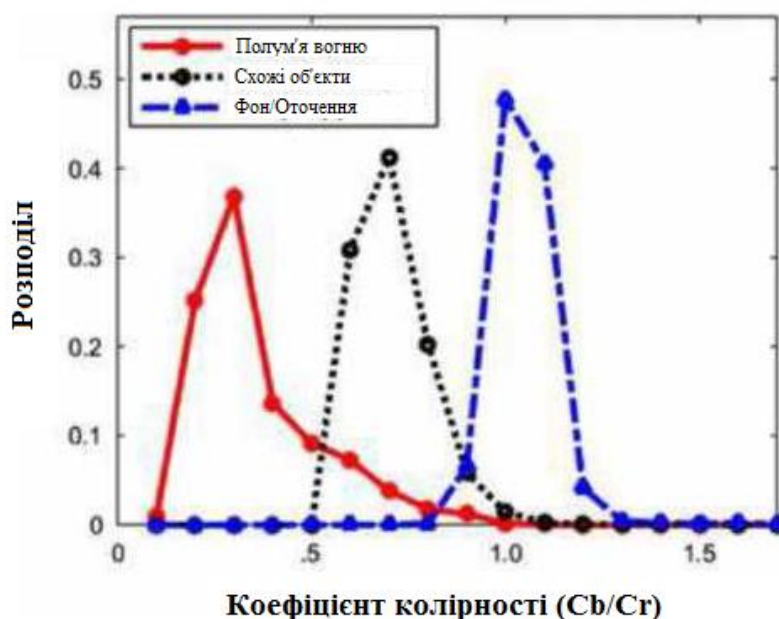


Рисунок 2.3 – Розподіл коефіцієнта кольоровості

Експерименти, проведені з використанням різних БД для порівняльного

аналізу, показують, що запропонована схема успішно відрізняє Пл вогню від звичайного фону, як і рух вогнеподібних об'єктів в реальних умовах відеоспостереження всередині і поза приміщеннями.

Порівняння показало, що середній час виявлення пожежі з використанням даного методу було найшвидшим у порівнянні з іншими методами виявлення Пл за відеопослідовностями.

Для опису характерного руху меж областей диму і Пл у часі можна використовувати стохастична модель. У роботі [23] для моделювання просторово-часових характеристик областей застосовуються приховані марківські моделі, які навчаються за тестовим набором зображень, що містять дим та Пл. При цьому навчання проводять також за зображеннями, які не містять дим і Пл. В іншому випадку неможливо буде відрізнити дійсне зображення Пл та диму від зображень об'єктів, що мають подібний колір. Перевагою даного підходу і те, що дозволяє враховувати просторово-часові характеристики Пл. До недоліків слід віднести залежність якості класифікації від навчального набору, що накладає обмеження на якісні характеристики відеозображень.

Для областей диму та Пл на відеозображенні характерна наявність мерехтіння [24], яке полягає у зміні меж від кадру до кадру випадковим чином. У роботі [25] показано, що значення частоти мерехтіння для диму становить 1-3 Гц, для Пл частота мерехтіння становить 10 Гц. Тому для оцінки складових енергії зображення на межі областей-кандидатів використовують частотні методи аналізу зображень. Так, у роботі [26] використовується двоступінчаста система фільтрації, яка складається з високочастотного фільтра та низькочастотного фільтра

2.2 Постановка задачі виявлення полум'я за відео

Завданням детектування Пл є знаходження певної функції, що здійснює розпізнавання областей-кандидатів з найменшою кількістю помилок. При розпізнаванні образів може вийти два різні варіанти: або наявність Пл, або його відсутність. Для визначення областей з наявністю Пл можна використовувати

такі ознаки, як значення порога кольору, розміри блоку, наявність руху та інші характерні особливості Пл. Іншими словами, завдання детектування Пл з відеозображення зводиться до виділення об'єктів схожих на Пл та їх подальшу класифікацію (областей-кандидатів). Також, для підвищення точності, до виділених областей-кандидатів часто застосовують додаткові методи верифікації, наприклад, математичне моделювання.

У цій роботі для детектування Пл було виділено такі етапи:

- пошук наявності об'єктів схожих на Пл на послідовності відео. Для цього визначається глибина сцени, щоб можна було визначити ближній та далекий план. Після цього відбувається виділення динамічних блоків (пошук руху). До виділених блоків застосовується визначення колірної текстури для пошуку об'єктів кольором схожих на Пл;

- верифікація отриманих областей-кандидатів за допомогою математичної моделі з метою підтвердження наявності Пл та відсікання вогнеподібних об'єктів;

дослідження якості роботи запропонованого алгоритму виявлення Пл за допомогою різних відеопослідовностей, що містять різні ситуації та види Пл;

- проведення експериментальних досліджень.

2.3 Структурна схема алгоритму виявлення полум'я за відео

Щоб краще розуміти роботу алгоритму виявлення Пл побудуємо його структурну схему (рис. 2. 4). Вона буде представлена такими кроками:

- виділення областей із підвищеною динамікою, тобто. області, де є рух;
- порівняння кольорів пікселів областей-кандидатів із пікселями кольору Пл;
- верифікація одержаних областей на наявність Пл.



Рисунок 2.4 - Структурна схема алгоритму виявлення Пл

2.4 Види фільтрацій

Для виділення областей на зображенні без аналізу часто використовують методи фільтрації. Більшість із подібних методів застосовують деяке перетворення до всіх точок на зображенні [27].

Найпростіший спосіб - це бінаризація зображення на порозі. Порогом для зображення виступає деяке середнє значення кольору, найбільш загальне всім інших пікселів. Так, наприклад, на білому аркуші паперу можна виділити об'єкти, які суттєво відрізняються від значення порога (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Фільтрація за порогом

Зазвичай при бінаризації існує певний алгоритм, що адаптивно вибирає поріг. Такими алгоритмами можуть виступати маточування, моди, а також

можливе використання гістограм (найбільший пік).

Використовувати можна і класичні методи фільтрації, які застосовуються в радіолокації та обробці сигналів. Одним із таких методів є перетворення Фур'є. Однак для аналізу зображень використання двовимірного перетворення хоч і можливо теоретично, практично рідко застосовується. Тому що набагато швидше використовувати згортку функцій для області, що цікавить, з готовим фільтром високих або низьких частот. Серед мінусів - у разі не можна проаналізувати спектр зображення.

Згортка є певним видом перетворення, що застосовується до двох функцій, в результаті якої виходить третя (рис. 2.6).

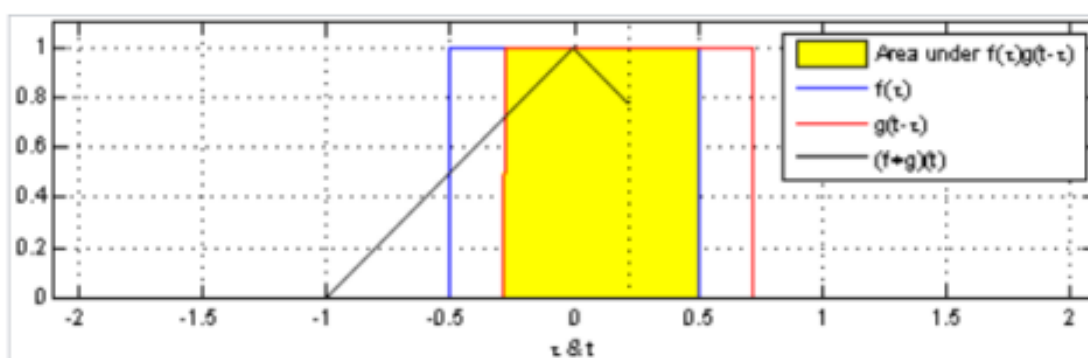


Рисунок 2.6 – Згортка двох прямокутних імпульсів, що породжують трикутний

Наступний найбільш відомий метод – вейвлет-перетворення. Вейвлет-перетворення використовує спеціальні "малі хвилі" (вейвлети), обмежені у часі (у разі зображень - у просторі). Це дозволяє вейвлет-поданню відразу мати і частотну, і просторову інформацію. Вейвлет-аналіз призначений насамперед для одночасного аналізу зображення в декількох масштабах, який отримав назву кратномасштабного аналізу.

За допомогою вейвлетів функції представляються як композиція грубої низькочастотної апроксимації та уточнюючих компонентів (деталей), що представляють відсутні в апроксимації елементи графіка функції. Незалежно від виду функції (зображення, крива, поверхня) вейвлет є функцією як ієрархію рівнів відображення з різною точністю деталізації. У процедурах попередньої

обробки зображень вейвлет-перетворення застосовуються для зниження рівня шумів, аналізу текстур, визначення контурів об'єктів та власне стиснення зображень.

Сформовано ряд класичних функцій, котра застосовуються в вейвлет-аналізі. На рис. 2.7 зображені основні з них.

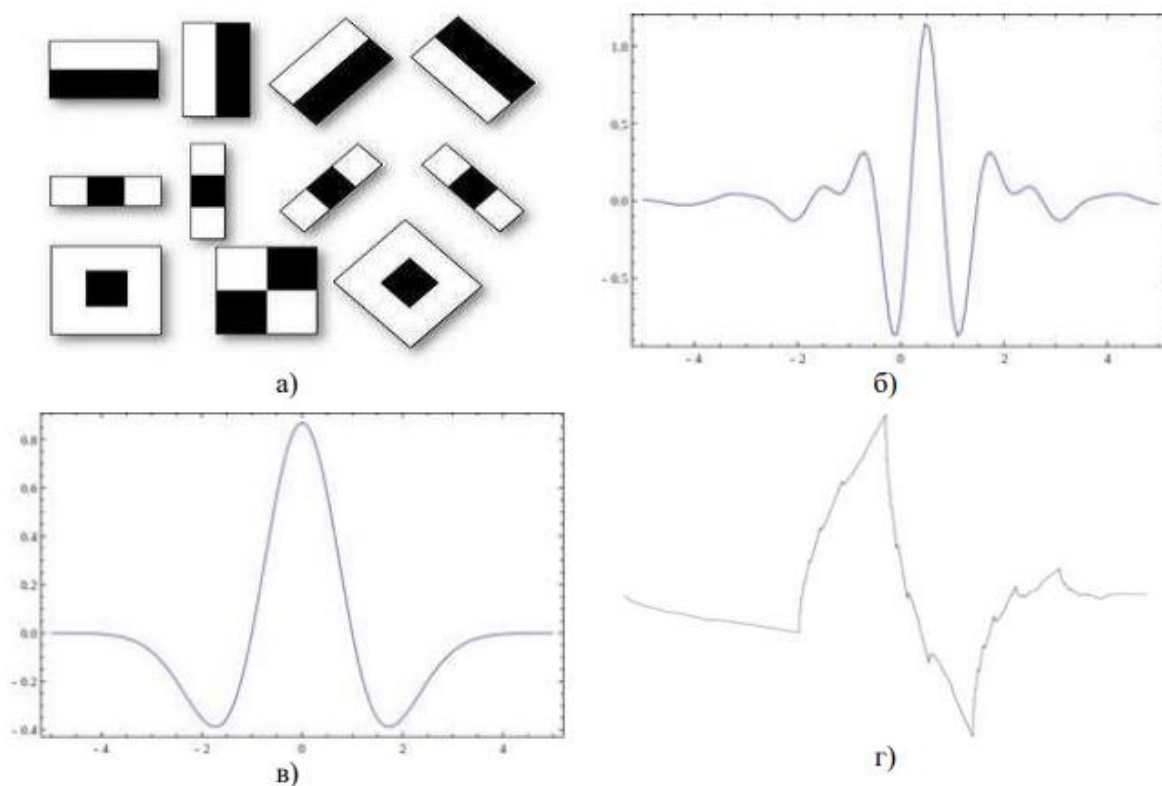


Рисунок 2.7 – Вейвлети: а) Хаара; б) Морле; в) мексиканський капелюх; г) Добеші

Варто згадати, що при фільтрації зображень не можна уникнути такого інструменту як кореляція (оптичний метод, який використовується в техніках відстеження та ідентифікації зображення для точних плоских та об'ємних вимірювань змін на зображенні). Використовується даний метод переважно для знаходження зрушень, оскільки відсутність кореляції позначає наявність руху відеопотоці.

Окремим класом можна виділити фільтрацію контурів та меж. Такий клас буде корисним, якщо потрібна робота з об'єктами на зображенні, а не всім зображенням у цілому. Серед подібних алгоритмів добре відомі оператори

Кенні, Собеля, Лапласа, Прюїтта та Робертса. Алгоритм Кенні використовується найчастіше, зважаючи на більшу ефективність порівняно з іншими. Цей метод використовує багатоступінчастий алгоритм виявлення кордонів і свідчить, що пікселями кордонів вважаються ті, у яких досягається локальний максимум градієнта (рис. 2.8).

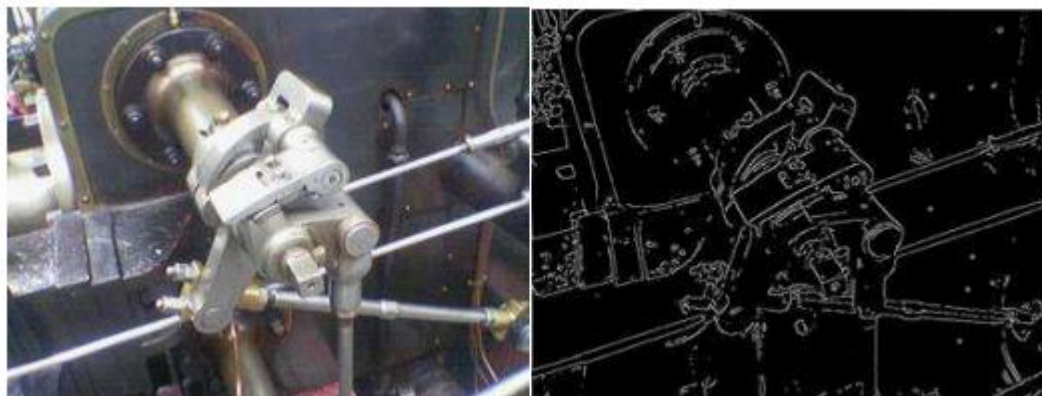


Рисунок 2.8 – Виділення меж алгоритмом Кенні

2.5 Логічна обробка

За допомогою фільтрації відбувається виділення об'єктів на зображенні та отримання певного набору даних. Однак не завжди можна використовувати ці дані без попередньої обробки. Для цього, як і існує додатковий крок, який дозволяє аналізувати властивості об'єктів зображення.

Тоді як фільтрація є обробкою нижнього рівня і методи їй притаманні досить добре, то сегментація зображень є обробкою середнього рівня. Саме цей рівень є пильним об'єктом досліджень у наукових працях на сьогоднішній день.

Останнім часом вектор досліджень дедалі частіше йде до так званого зіставлення (matching). Якщо говорити конкретніше, це виділення певних характерних ознак усередині виділених фрагментів, визначення простих яскравісно-геометричних структур, як то "крапка", "край", "пляма", "пряма лінія", "кут" тощо. Подібні "первинні" властивості зображення відіграють базову роль при складанні яскравісно-геометричних моделей об'єктів та побудові алгоритмів їх визначення.

Об'єкти зображення можуть мати такі властивості:

- положення: кінці відрізка, центр відрізка, центр тяжкості області, вершини багатокутників;

- геометричні атрибути: орієнтація, довжина, кривизна, площа, периметр, ширина лінії, мінімальний та максимальний діаметр області, осі симетрії, кількість та розміщення особливих точок, показник компактності та ін;

- радіометричні атрибути: контраст, статистика розподілу яскравості, знак та величина краю, автокореляція;

- текстурні атрибути: матриця суміжності, показник однорідності, енергія, ентропія, статистика градієнтів текстури, результати застосування текстурних фільтрів, моменти;

- топологічні атрибути: зв'язність, сусідство, загальні точки, перетин, паралельність, перекриття, включення;

- колірні/багатозональні атрибути: вектор атрибутів для кожного каналу;

- динамічні атрибути: атрибути статичних та рухомих об'єктів;

- тимчасові атрибути: функція зміни атрибутів з часом.

Найяскравіші методи логічного оброблення це методи математичної морфології. Є найпростішими операціями над множинами. Множинами у разі є об'єкти на зображенні. Подібні методи дозволяють здійснити сегментацію зображення, забрати зайві шуми бінарного зображення [28].

Розглянути роботу даного методу можна з урахуванням бінарних шаблонів. Так, наприклад, на рис. 2.9 показаний спосіб усунення шумів на основі морфологічної ерозії на бінарному зображенні.

Структурний елемент за ерозії переходить через кожен піксель двійкового зображення. Якщо одиничні пікселі структурного елемента та двійкового зображення збігаються, тоді здійснюється логічне додавання центрального пікселя елемента з відповідним пікселем вихідного зображення. Підсумком цієї операції стане стирання всіх об'єктів менше структурного елемента, що видаляє малі об'єкти та різні шуми.

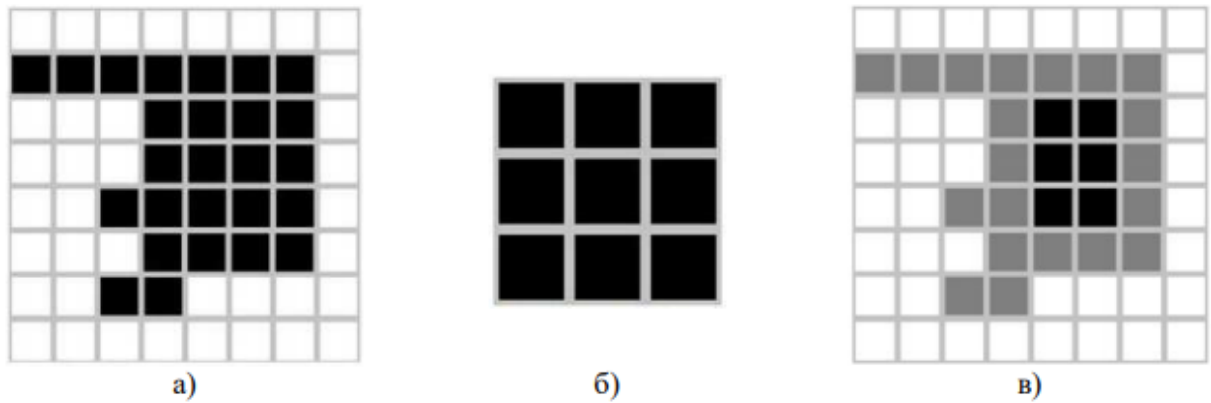


Рисунок 2.9 - Усунення шумів: а) бінарне зображення; б) структурний елемент; в) ерозія зображення структурним елементом

2.6 Класифікатори. Прийняття рішень

Останнім і одним із найцікавіших пунктів є машинне навчання та прийняття рішень. Як відомо, у більшості завдань розпізнавання недостатньо просто знайти абстрактний об'єкт на зображенні, потрібно також зрозуміти, чи є цей об'єкт тим, що ми спочатку шукали.

Класифікація - один із розділів машинного навчання, присвячений вирішенню наступного завдання. Є множина об'єктів (ситуацій), розділених певним чином на класи. Задана кінцева множина об'єктів, котрим відомо, до яких класів вони належать. Це множина носить назву навчальної вибірки. Класова приналежність інших об'єктів невідома. Потрібно розробити алгоритм, котрий зможе класифікувати будь-який об'єкт із вихідної множини.

Більшість завдань розпізнавання зводиться до того що, що за наявності певної тестової вибірки (з відсутністю чи наявністю якогось об'єкта), і наявності якогось виділеного набору ознак, виділених попередньому етапі логічної обробки, необхідно прийняти рішення про присутність об'єкта пошуку на зображенні. Для цього алгоритму навчання потрібно побудувати якусь модель, яка впевнено дозволить віднести об'єкт до тієї чи іншої категорії.

Існує безліч різних класифікаторів використовуваних для різних завдань. Серед них можна виділити кластеризацію до-середніх, AdaBoost та МОВ.

Наприклад, класифікатор AdaBoost використовує точки на площині для

прийняття рішень. Суть цього способу у цьому, що й ми маємо набір деяких об'єктів (точки площині), тобто. є значення і клас, до якого вони належать (наприклад, -1 - червона точка, +1 - синя точка), крім того, є безліч простих класифікаторів (набір вертикальних або горизонтальних прямих, які поділяють площину на дві частини з найменшою помилкою), то ми можемо скласти найкращий класифікатор (рис. 2.10).

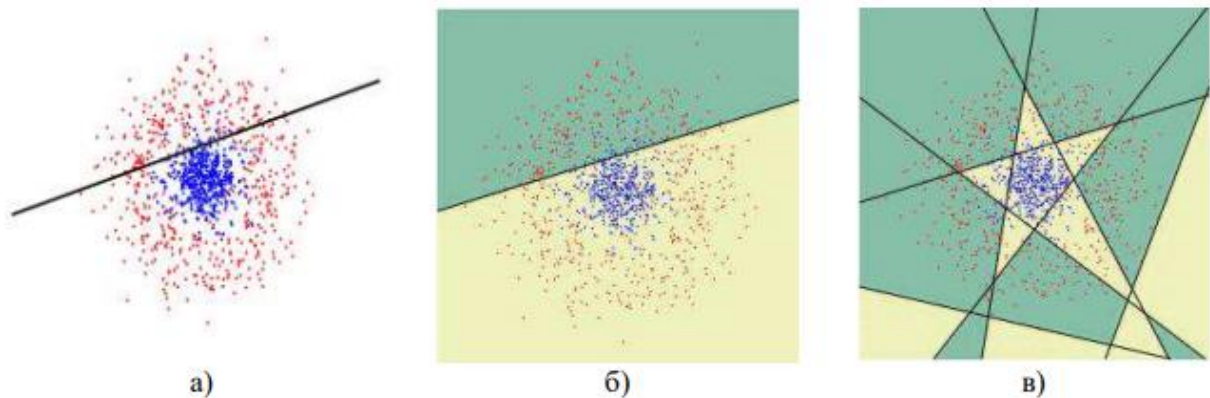


Рисунок 2.10 - Робота класифікатора AdaBoost: а) виділення 1 ознаки; б) обмеження області; в) виділення області при 7 ознаках

Інший більш потужний класифікатор МОВ є алгоритмом навчання з учителем, що використовується для завдань класифікації та регресійного аналізу. Він більш складний у навчанні, проте ідеально підходить для завдань, де необхідно ухвалити рішення на основі двох класів об'єктів. Так як для даної роботи важливі лише два параметри: виявлено Пл чи ні, такий метод дозволяє досягти максимальної ефективності за рахунок того, що служить саме для поділу цих двох класів.

Основа МОВ - переведення вихідних векторів у простір більш високої розмірності та пошук роздільної гіперплощини з максимальним зазором у ньому. Дві паралельні гіперплощини будуються по обидва боки гіперплощини, що розділяє класи. Розділяючою гіперплощиною буде гіперплощина, що максимізує відстань до двох паралельних гіперплощин. Алгоритм має припущення - чим більша різниця чи відстань між цими паралельними гіперплощинами, тим менша середня помилка класифікатора (рис. 2.11).

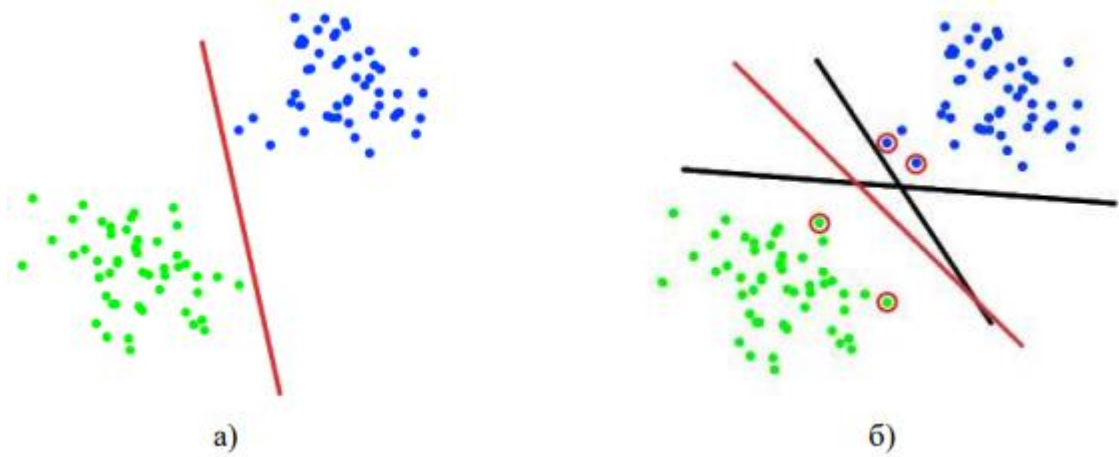


Рисунок 2.11 - Робота класифікатора МОВ: а) поділ класів;
 б) вибір оптимальної роздільної прямої

Для точності класифікації найкращим варіантом буде пряма відстань від якої до кожного класу максимально (червона лінія). Така пряма, а в загальному випадку - гіперплощина, називається оптимальною роздільною гіперплощиною.

Вектори, що лежать найближче до роздільної гіперплощини, називаються опорними векторами (червоні точки).

2.7 Алгоритм виявлення полум'я за відеоданим

У зв'язку зі збільшенням кількості камер відеоспостереження як на міських територіях, так і територіях лісових масивів продовжує зростати актуальність розпізнавання образів за відеоданими. На сьогоднішній день, детектування Пл – одна з найбільш актуальних проблем, оскільки дозволяє своєчасно виявити та усунути вогнище загоряння, та уникнути можливих наслідків. Ця робота пропонує алгоритм виявлення Пл, заснований на виділенні руху, обліку колірних особливостей Пл та аналізі його динамічних властивостей.

Виявлення диму та Пл за даними камер відеоспостереження дозволяє запобігти збиткам від загоряння: економічні та людські втрати. Датчики вогню та диму, що мають у своїй основі аналіз хімічного складу повітря, з успіхом застосовуються на закритих просторах (офісні та виробничі території, квартири тощо). Ефективність застосування таких систем виявлення пожежі різко

зменшується на відкритих просторах, таких як території аеродромів, приміщення великих промислових цехів, прибудинкові території, міські вулиці, парки та лісові масиви. Це пов'язано з тим, що концентрація продуктів згоряння (дим) і температура (вогонь) внаслідок впливу атмосферних чинників, може бути адекватно виміряна такими датчиками. Так, під впливом вітру, дощу, снігу відбувається швидке зменшення концентрації продуктів згоряння повітря.

Пожежі мають кілька стадій. Як правило, початкова фаза розвитку пожежі характеризується виникненням диму, проте це завжди так. Наприклад, у разі потиску в нічних умовах зйомки, дим мало видно для алгоритмів комп'ютерного зору. Тому детектування Пл з відеоряду дозволяє підвищити ймовірність раннього виявлення пожежі, зменшити час реагування на загоряння, оскільки у разі аналізу відеоряду щодо займання детектування вогню виконується у початковій фазі пожежі. Крім того, виявлення Пл за відео дає точне визначення вогнища загоряння. Використання додатково модуля пошуку Пл на відео в системах відеоспостереження дозволить розширити сфери їх застосування та підвищити пожежну безпеку об'єктів.

Оскільки Пл є комплексним візуальним феноменом, то при побудові алгоритму слід використовувати різні особливості та властивості Пл як фізичного явища. Кожен алгоритм виявлення Пл за відеопослідовностями будується, в першу чергу, на комбінації найбільш оптимальних та ефективних підходів, кожен з яких дозволяє з максимальною точністю виявити певну ознаку Пл.

Серед існуючих способів детектування Пл можна виділити методи на основі виділення руху, методи на основі обробки пікселів, хроматичні методи, підходи на основі стохастичних моделей та інших математичних методів, а також вивчення характерних просторово- тимчасових особливостей.

2.7.1 Обробка відеопослідовності

Насамперед, варто зазначити, що зазвичай при використанні комп'ютерного зору програми не працюють безпосередньо з безперервним потоком відео, саме тому, спочатку вхідна відеопослідовність розбивається на

множину окремих кадрів для подальшої обробки.

2.7.2 Пошук та аналіз характерних особливостей

Після виконання першого кроку на отриманих відеозображеннях виконується пошук руху для відокремлення фонових областей від областей-кандидатів Пл. Для цього використовується функція отримання моделі фону Background Subtractor бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV [29].

Ця функція отримання моделі фону полягає в алгоритмі суміші гаусових розподілів. Модель гаусових сумішей є зваженою сумою М компонент і може бути записана виразом:

$$p(\bar{x}|\lambda) = \sum_{i=1}^M p_i b_i(\bar{x}), \quad (2.2)$$

де x - D-вимірний вектор випадкових величин; $b_i(x)$ - функції щільності розподілу складових моделі; p_i , $i = 1, \dots, M$ - ваги компонентів моделі. Параметр λ розраховується за такою формулою:

$$\lambda = \left\{ p_i, \bar{\mu}_i, \sum_{i=1}^M p_i b_i(\bar{x}) \right\}. \quad (2.3)$$

Кожен компонент є D-мірною гаусовою функцією розподілу. Після знаходження руху, по осях x і y знаходяться крайні виявлені пікселі і за їх координатами будується прямокутник, що виділяє Пл.

Наступним кроком виконується пошук пікселів кольору Пл на виділених областях, навіщо на них накладається відповідна колірна маска. Як така маска послужила комбінація колірних просторів RGB і HSV за такими правилами:

$$\begin{aligned} R > G \geq B \\ R > RT \\ S \geq (255-R) \cdot ST/RT \end{aligned} \quad (2.4)$$

У виразах (2.4) параметр RT позначає граничне значення каналу R , S являє собою значення насиченості пікселя, а ST відповідає насиченості, коли значення R відповідає значення параметра RT для того ж пікселя. Правило (2.4) показує, що значення каналу R більше у порівнянні з іншими об'єктами.

Аналіз динамічних властивостей Пл регіонів-кандидатів виконується шляхом перевірки зміни розміру прямокутного блоку. Виконується облік зміни розміру блоку з поточного та попереднього кадрів:

$$s_d = s_1 / s_2, \quad (2.5)$$

де s_1 – розмір блоку-кандидата попереднього кадру, s_2 – розмір блоку поточного кадру (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Зміна розміру блоку: а) попередній кадр; б) поточний кадр

2.7.3 Верифікація областей полум'я

Для верифікації отриманих на попередньому етапі областей-кандидатів вогню виконується перевірка геометрії Пл, зумовленої процесом утворення іонів при горінні, враховується так:

$$\begin{aligned} circularity &= s \cdot (4\pi s / P_2), \\ squareness &= s / (x \cdot y), \\ aspectRatio &= s \cdot (\min(x, y) / \max(x, y)), \\ roughness &= s \cdot (P_1 / P), \end{aligned} \quad (2.6)$$

де s – площа області-кандидата, P – периметр області-кандидата, x та y – ширина та висота області-кандидата, P_1 – периметр зображення.

Додатково перевіряється кількість кадрів вихідного відео порівняно з кількістю кадрів, на яких спрацювало виділення блоку-кандидата:

$$fr = FPS/MAXS * C, \quad (2.7)$$

де $MAXS$ - максимальний розмір блоку серед усіх кадрів відеопослідовності, C - кількість змін максимального розміру блоку, FPS - Кількість кадрів відеопослідовності. Порівняння частоти кадрів і частоти зміни блоку області-кандидата дозволяє підтвердити наявність руху на відеопослідовності, так як кожна така зміна означає зміщення Пл.

Щоб класифікувати регіони виявлення Пл, алгоритм також використовує навчання. Як первинне навчання вручну виконується підтвердження областей-кандидатів Пл на навчальній вибірці. Так можна дати зрозуміти програмі, що серед виявлених областей є Пл, а що ні. Для цього використовується класифікатор на основі МОВ. Так як для нас важливі лише два параметри: виявлено Пл чи ні, такий метод дозволяє досягти максимальної ефективності за рахунок того, що служить саме для поділу цих двох класів. Після навчання за допомогою даного класифікатора регіони-кандидати визначаються до одного із двох класів "наявність Пл" або "відсутність Пл".

2.7.4 Блок-схема алгоритму детектування полум'я

На рис. 2.13 представлена блок-схема даного алгоритму виявлення Пл за послідовністю відео.



Рисунок 2.13 - Блок-схема алгоритму виявлення Пл за відео

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Опис тестових відеопослідовностей

Для проведення експериментальних досліджень були використані тестові відеопослідовності з БД Бількентського університету [30], БД Dyntex [31], а також різні відеоролики з популярного відеохостингу YouTube [32].

Відеодані включають приклади з наявністю Пл пожежі на відкритих територіях лісових масивів, Пл багаття, горіння різних об'єктів. Також є відеопослідовність з відсутністю Пл, але з наявністю інших динамічних об'єктів, для підтвердження точності експерименту.

Для покращення експерименту варто також відзначити використання вибірки відео з наявністю Пл вогню в нічний час доби. Вночі Пл вогню має дещо інші особливості, ніж у світлий час доби, тому така вибірка підвищує ступінь довіри до експерименту.

















Загальна вибірка відеозображень включає 9229 прикладів Пл та 7119 прикладів з відсутністю Пл, загальна тривалість відеороликів склала близько 19 хвилин. Навчальна вибірка склала 80%, тестова вибірка – 20% від загальної вибірки.

Кадри використаних відеороликів та їх властивості наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кадри тестових відеопослідовностей

Опис тестової відеопослідовності	Взірець кадру	Опис тестової відеопослідовності	Взірець кадру
Відеопослідовності з Пл			
Bilkent\fbBackYardFile.avi, кадр 334, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 1251		Bilkent\ barbeq.avi, кадр 186, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 516	
Bilkent\ forest4.avi, кадр 113, Роздільна здатність, пікселів: 400x256 Кількість кадрів: 251		Bilkent\ forest5.avi, кадр 45, Роздільна здатність, пікселів: 400x256 Кількість кадрів: 246	

Продовження таблиці 3.1

Bilkent\ forest1.avi, кадр 54, Роздільна здатність, пікселів: 400x256 Кількість кадрів: 247		Bilkent\ forest1.avi, кадр 146, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 542	
Dyntex\ 66ammj00.avi, кадр 158, Роздільна здатність, пікселів: 720x576 Кількість кадрів: 227		Dyntex\ 64cac10.avi, кадр 104, Роздільна здатність, пікселів: 720x576 Кількість кадрів: 203	
Відеопослідовності без ПЛ			
Bilkent\ zEmptyR1.avi, кадр 134, Роздільна здатність, пікселів: 400x256 Кількість кадрів: 458		Dyntex\ 648ab10, кадр 1, Роздільна здатність, пікселів: 384x288 Кількість кадрів: 716	
Dyntex\ 649h320.avi, кадр 120, Роздільна здатність, пікселів: 720x576 Кількість кадрів: 206		Dyntex\ 6489610.avi, кадр 120, Роздільна здатність, пікселів: 720x576 Кількість кадрів: 201	
Bilkent\ zBehindtheFence.avi, кадр 254, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 675		Bilkent\ zBtFence2.avi, кадр 226, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 1403	
Bilkent\ zWindow.avi, кадр 211, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 247		Bilkent\ Car_Counting.avi, кадр 46, Роздільна здатність, пікселів: 320x240 Кількість кадрів: 384	
Відеопослідовності з ПЛ в темний час доби			
YouTube\ 15.mp4, кадр 48, Роздільна здатність, пікселів: 640x360 Кількість кадрів: 243		YouTube\ 19.mp4, кадр 546, Роздільна здатність, пікселів: 640x360 Кількість кадрів: 1035	
YouTube\ 16.mp4, кадр 386, Роздільна здатність, пікселів: 492x360 Кількість кадрів: 412		YouTube\ 20.mp4, кадр 356, Роздільна здатність, пікселів: 480x720 Кількість кадрів: 1678	

Кінець таблиці 3.1

YouTube\ 17.mp4, кадр 125, Роздільна здатність, пікселів: 640x360 Кількість кадрів: 636		YouTube\ 21.mp4, кадр 275, Роздільна здатність, пікселів: 580x360 Кількість кадрів: 763	
YouTube\ 18.mp4, кадр 45, Роздільна здатність, пікселів: 640x360 Кількість кадрів: 207		YouTube\ 22.mp4, кадр 57, Роздільна здатність, пікселів: 720x480 Кількість кадрів: 224	

Також було вирішено додати відео з камер спостереження в нічний час доби з відсутністю Пл. Кадри цих відеоданих представлені рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Дані з камер відеонагляду вночі: а) – д) без Пл і диму

Метою експериментальних досліджень було виявлення спалаху, спалах вважався виявленим, якщо об'єкт «Пл» знайдений на відео. Для оцінки якості роботи алгоритму виявлення пожежі використано показники TR - true recognition, FRR - false rate rejection та FAR - false alert rejection. Показник TR (точність виявлення) розраховується як відношення кадрів, у яких Пл чи дим вірно виявлено до кадрів, у яких пропущені. Помилка FRR показує хибнонегативне спрацьовування, FAR - хибнопозитивне.

3.2 Результати досліджень на відеоданих

Для тестування роботи алгоритму було розроблено програму, що використовує запропонований алгоритм виявлення Пл на відеоданих. Програма була протестована на зібраній БД із подальшим отриманням результатів. Етапи роботи алгоритму можна побачити на рис. 3.2-3.4.



Рисунок 3.2 – Етапи роботи алгоритму виявлення Пл для послідовності <http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/Demo/FireClips/Bilkent/barbeq> (кадр 267):

а - обробка оригінального відео; б – маска кольору Пл;
в - пошук руху кольору Пл; г – виділене Пл.



Рисунок 3.3 – Етапи роботи алгоритму виявлення Пл для послідовності <http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/Demo/FireClips/Bilkent/fBackYardFile> (кадр 65):

а - обробка оригінального відео; б – маска кольору Пл; в - пошук руху кольору Пл; г – виділене Пл.



Рисунок 3.4 – Етапи роботи алгоритму виявлення Пл для послідовності <http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/Demo/FireClips/Bilkent/ForestFire1> (кадр 316):

а - обробка оригінального відео; б – маска кольору Пл; в - пошук руху кольору Пл; г – виділене Пл.

Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 3.1 відеопослідовностей з Пл, таблиці 3.2 для відеопослідовностей без Пл, та в таблиці 3.3 для відеопослідовностей в умовах нічної зйомки.

Таблиця 3.1 - Результати виявлення Пл (відеопослідовності з Пл)

Відеопослідовність	Загальна кількість кадрів	Кількість кадрів з вірно визначеним полум'ям	TR, %	FRR, %	FAR, %
Bilkent\BackYardFile.avi	1251	1127	90,09	9,91	0,39
Bilkent\barbeq.avi	516	507	98,26	1,74	0,23
Bilkent\forest4.avi	251	235	93,63	6,37	0,41
Bilkent\forest5.avi	246	234	95,12	4,88	3,65
Bilkent\ForestFire1.avi	247	240	97,17	2,83	3,23
Bilkent\fire1.avi	542	529	97,60	2,40	2,21
Bilkent\forest2.avi	273	264	96,70	3,30	1,46
Bilkent\controlled1.avi	275	246	89,45	10,55	4,45
Dyntex\6ammj00.avi	227	217	95,59	4,41	0,28
Dyntex\64cac10.avi	203	185	91,13	8,87	0,24
Средние значения	-	-	94,47	5,53	1,65

Таблиця 3.2 - Результати виявлення Пл (відеопослідовності без Пл)

Відеопослідовність	Загальна кількість кадрів	Кількість кадрів з хибним визначенням полум'я	FAR, %
Bilkent\EmptyR1.avi	458	3	0,65
Bilkent\EmptyR2.avi	437	12	2,74
Bilkent\ParkingLot.avi	1136	5	0,44
Dyntex\648ab10.avi	384	6	1,56
Dyntex\6489610.avi	201	1	0,49
Dyntex\649h320.avi	206	2	0,97
Bilkent\BehindtheFence.avi	675	0	0
Bilkent\WasteBasket.avi	963	0	0
Bilkent\Window.avi	247	4	1,61
Bilkent\BtFence2.avi	1403	8	0,57
Bilkent\Moky.avi	625	15	2,4
Bilkent\Car Counting.avi	384	11	2,86
Среднее значение	-	-	1,19

Таблиця 3.3 - Результати виявлення Пл в нічних умовах

Відеопослідовність з полум'ям	TR, %	FRR, %	FAR %	Відеопослідовність без полум'я	FAR %
www.youtube.com/watch?v=tK7B5gIImL4	82,71	17,29	2,05	www.youtube.com/watch?v=kNOGqQ_szq4	5,71
www.youtube.com/watch?v=wFzFih7ICk8	63,69	36,31	5,58	www.youtube.com/watch?v=VCrj1nAkJe0	6,06
www.youtube.com/watch?v=rETOYCzD_i8	96,13	3,87	0,47	www.youtube.com/watch?v=CQ_ek2lvxuw	8,94
www.youtube.com/watch?v=_W5GxLO1U4U	83,86	16,14	0,56	www.youtube.com/watch?v=iEo4rTGT08o	3,91
www.youtube.com/watch?v=Pxu0gbMNDWQ	92,31	7,69	1,43	www.youtube.com/watch?v=hk_gYUNEI0A	4,23
www.youtube.com/watch?v=OZhP5UqguxQ	94,19	5,81	1,52	www.youtube.com/watch?v=ekjt4LH89nk	1,08
Средние значения	85,48	13,14	1,93	Среднее значение	4,98

Як можна помітити з таблиць, на даний момент розпізнавання Пл вночі відбувається менш ефективно, ніж у світлий час доби. Це може бути пов'язано як з деякими особливостями нічної освітленості, так і з поганою якістю деяких з представлених відеопослідовностей.

3.3 Приклади роботи алгоритму

Як приклад, на рисунках 3.5-3.8 представлені кадри детектування Пл різних відеопослідовностях.



Рисунок 3.5 – Кроки алгоритму виявлення Пл. Відеопослідовність `Bilkent\barbeq.avi`: а – вихідний кадр; б – маска Пл; в – аналіз області-кандидата; г - результат роботи алгоритму



Рисунок 3.6 – Кроки алгоритму виявлення Пл. Відеопослідовність Bilkent\ForestFire1.avi: а – вихідний кадр; б – маска Пл; в – аналіз області-кандидата; г - результат роботи алгоритму



Рисунок 3.7 – Кроки алгоритму виявлення Пл. Відеопослідовність Bilkent\fire1.avi: а – вихідний кадр; б – маска Пл; в – аналіз області-кандидата; г - результат роботи алгоритму



Рисунок 3.8 – Кроки алгоритму виявлення Пл. Відеопослідовність Bilkent\controlled1.avi: а – вихідний кадр; б – маска Пл; в – аналіз області-кандидата; г - результат роботи алгоритму

При проведенні експериментальних досліджень на відеопослідовності, що містять Пл, середнє значення точності виявлення склало 85,91%, що є хорошим результатом, так як Пл пропущено всього в 1323 кадрах з 9229. Хибнопозитивні спрацьовування, досліджені при проведенні експерименту на відеопослідовності без Пл, 67 кадрів з 7119, що становить середньому 1,19 %. Таким чином, експериментальні дослідження підтверджують ефективність запропонованого алгоритму виявлення Пл за послідовністю відео.

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Навчання працюючих і інструктажі з охорони праці

Однією із складових ефективної роботи з профілактики виробничого травматизму є належна підготовка, навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці. Загальний порядок проведення навчання з питань охорони праці встановлений Законом України «Про охорону праці» (ст. 18. «Навчання з питань охорони праці»).

Виконання вимог Закону України «Про охорону праці» в частині проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці здійснюється відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держкомітету України з нагляду за охороною праці 26 січня 2005 р. № 15 (далі — Типове положення).

Нагляд за дотриманням вимог Типового положення здійснюють органи державного нагляду за охороною праці, а координацію та методичний супровід — Головний навчально-методичний центр та навчальні підрозділи експертно-технічних центрів Держгірпромнагляду.

Вивчення предмета «Охорона праці» при підготовці, перепідготовці та підвищенні кваліфікації працівників, які залучаються до виконання робіт з підвищеною небезпекою, на підприємстві регламентується п. 2.3 Типового положення. На підприємствах згідно з п. 1.1 Додатку 3 Типового положення навчання та перевірку знань з питань охорони праці повинні проходити керівники, заступники керівників, головні спеціалісти, керівники основних виробничих та технічних служб, безпосередньо пов'язані з організацією безпечного ведення робіт. Крім цього, згідно з п. 5 Додатку 3, навчання та перевірку знань з питань охорони праці мають проходити керівники, спеціалісти служб охорони праці, члени комісій з перевірки знань з питань охорони праці, особи, відповідальні за технічний стан і безпечну експлуатацію об'єктів

підвищеної безпеки підприємств.

Типове положення встановлює порядок та місце проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб (п. 5.2 та п. 5.3). Посадові особи, перелік яких наведено в п. 5.2, проходять навчання у Головному навчально-методичному центрі Держнаглядохоронпраці. Перевірка знань цієї категорії посадових осіб проводиться комісією, створеною наказом Держгірпромнагляду.

Організацію навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників на підприємстві здійснюють працівники служби кадрів або інші спеціалісти, яким роботодавець доручив організацію цієї роботи. Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівників (виконавців і посадових осіб), які не залучаються до виконання робіт підвищеної безпеки, проводиться не рідше ніж один раз на три роки. Посадові особи та працівники, які виконують роботи підвищеної безпеки, проходять спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці не рідше одного разу на рік.

Посадові особи малих підприємств (п. 5.4), які не мають можливості створити власні комісії з перевірки знань з питань охорони праці та провести навчання з питань охорони праці, проходять навчання та перевірку знань в навчальних закладах, які мають відповідний дозвіл.

Спеціальне навчання з питань охорони праці може проводитись безпосередньо на підприємстві або навчальним закладом, який має відповідний дозвіл. При проведенні такого навчання на підприємстві навчальні плани та програми розробляються з урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов і функціональних обов'язків працівників і затверджуються наказом керівника підприємства.

Періодичність інструктажів, навчання та перевірки знань з питань охорони праці залежить від видів виконуваних робіт та встановлюється Типовим положенням. Перевірка знань з питань охорони праці після проведення спеціального навчання проводиться комісією підприємства.

Якщо на підприємстві неможливо створити комісію з перевірки знань з

питань охорони праці (п. 4.4 Типового положення), перевірка знань проводиться комісією спорідненого підприємства або Теруправління Держгірпромнагляду.

Всі працівники та посадові особи підприємства, включаючи посадових осіб, відповідальних за виконання робіт підвищеної небезпеки (крім зазначених в п. 5.2 та п. 5.3 Типового положення), проходять навчання та перевірку знань з питань охорони праці на підприємстві. Типове положення не зобов'язує, але й не забороняє проводити навчання всіх виконавців та посадових осіб (особливо тих, що виконують роботи підвищеної небезпеки) в навчальних закладах. У нашій країні є багато підприємств, де таке навчання проводиться, і це має позитивні наслідки. Ті витрати, які при цьому несуть підприємства, перекриваються створенням більш безпечних умов праці і в результаті збереженням життя та здоров'я працівників.

Також в навчальних закладах проходять навчання та перевірку знань із загальних питань охорони праці всі посадові особи та фахівці, які проводять інструктажі або навчання підлеглих працівників з питань охорони праці, виконують роботи з проектування об'єктів, а також інші працівники, незалежно від того, передбачено таке навчання Типовим положенням чи ні.

4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці

На робочих місцях працівників, які відповідальні за експлуатацію сервісу управління механізмом авторських прав на мультимедійні файли, необхідно забезпечити дотримання вимог, затверджених Наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 за № 207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Приміщення для роботи з ЕОМ мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря відповідно до норм та правил, а також ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», затверджених наказом Мінрегіону від 25.01.2013 р. № 24.

Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 в офісних приміщеннях, обладнаних ЕОМ, температура повітря повинна становити 22-25°C, відносна вологість повітря – 40-60 %, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с [33].

Приміщення, призначені для роботи з ЕОМ, повинні мати природне освітлення. У виробничих приміщеннях, обладнаних ЕОМ, необхідно створити належне освітлення. При експлуатації сервісу управління механізмом авторських прав на мультимедійні файли, важливим, з точки зору охорони праці, є забезпечення достатньої величини природного та штучного освітлення, які визначені у НПАОП 0.00-7.15-18 [34]. Природне світло повинно бути бічним, зорієнтованим, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5%. При виробничій потребі дозволяється експлуатувати ЕОМ у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами Держпромгірнагляду та органами й установами санітарно-епідеміологічної служби. Вікна приміщень повинні мати регулювальні пристрої для відчинення, а також жалюзі, штори тощо. Штучне освітлення приміщення з робочими місцями, обладнаними відеотерміналами ЕОМ загального та персонального користування, має бути всеосяжним і рівномірним. У випадку, коли переважають роботи з документами, допускається комбіноване освітлення (додатково до загального освітлення встановлюється світильники місцевого освітлення). Світильники розміщуються збоку від робочих місць (переважно ліворуч), або локально над робочим місцем (при розташуванні відеотерміналів ЕОМ за периметром приміщення). Як джерело світла при штучному освітленні застосовуються, як правило, люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання. Рівень освітленості на робочому місці має становити 300-500 лк. При використанні комбінованого освітлення не допускається відблисків на поверхні екрана та збільшення освітлення екрана вище 300 лк.

Орієнтація вікон повинна бути на північ або північний схід, вікна повинні мати жалюзі, які можна регулювати, або штори; не дозволяється розміщувати кабінети обчислювальної техніки у підвальних приміщеннях будинків; кабінети,

обладнані комп'ютерною технікою, в навчальних закладах повинні розміщуватись в окремих приміщеннях з природним освітленням та організованим обміном повітря; стіни, стеля і підлога та обладнання кабінетів комп'ютерної техніки повинні мати покриття із матеріалів з матовою фактурою з коефіцієнтом відбиття: стін — 40- 50 %, стелі — 70 - 80 %, підлоги — 20-30 %, предметів обладнання — 40-60 % (робочого столу — 40-50 %, корпуса дисплею та клавіатури — 30-50 %, стелажів — 40-60 %); поверхня підлоги повинна мати антистатичне покриття та бути зручною для вологого прибирання; забороняється використовувати для оздоблення інтер'єру приміщень комп'ютерних кабінетів полімерні матеріали (дерев'яно-стружкові плити, шпалери, що придатні для миття, плівкові та рулонні синтетичні матеріали, шаровий паперовий пластик та ін.), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини, які перевищують гранично допустимі концентрації; вміст шкідливих хімічних речовин в повітрі дошкільних та учбових приміщень з комп'ютерною технікою не повинен перевищувати середньодобові концентрації [336].

Організація робочого місця фахівця із експлуатації сервісу повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги».

Відстань від екрана до ока фахівців, які працюють за комп'ютером визначається згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Рівень шуму не повинний перевищувати: на місцях, де працюють програмісти та оператори ЕОМ, 55 дБА, у лабораторіях, де складаються алгоритми та ведеться робота з документацією – 60 дБА, у машинному залі – 65 дБА, у приміщеннях, де розміщені гучні агрегати обчислювальних машин – 75 дБА.

ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано алгоритм виділення областей Пл за послідовністю відео. В основі алгоритму лежить аналіз руху, динамічних властивостей та кольору Пл.

Досліджено різні існуючі методи детектування Пл за відеопослідовністю. Таким чином, можна зрозуміти, що існують різні способи детектування Пл по відеопослідовності, кожен з яких має свої переваги та недоліки, а також привносить певну новизну в цю тематику. Завдання виявлення Пл по відеопослідовності є актуальним, застосування систем виявлення Пл з відеозображень дозволяє уникнути можливих людських та економічних втрат. Серед методів виявлення Пл за відеопослідовностями можна виділити підходи на основі стохастичних моделей та інших математичних методів, методи на основі виділення руху та хроматичних характеристик. При глибшому аналізі стає зрозуміло, що розвиток алгоритмів детектування не стоїть дома, і щороку з'являються нові методики, які дозволяють поліпшити результати виявлення Пл.

Розроблено алгоритм пошуку та виділення Пл на відеозображеннях з урахуванням його особливостей та характерних рис поведінки. Алгоритм використовує бібліотеку комп'ютерного зору OpenCV для виділення руху та колірні маски RGB та HSV для виділення кольору Пл. Аналізуються характерні динамічні та текстурні властивості Пл. Для верифікації об'єкта використовується класифікатор методу опорних векторів.

Ефективність запропонованого алгоритму підтверджена експериментальними дослідженнями на тестових відеопослідовностях із різних БД та відеохостингів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Павлюк Ю. Е., Бабаджанова О.Ф. Пожежна та техногенна безпека основних небезпечних виробництв. Ч. 1. Пожежна безпека процесів та апаратів основних небезпечних виробництв. – Львів: ЛДУ БЖД, 2008. – 231 с..
2. Температура кольору [Електронний ресурс]: – Режим доступу: [http://elektrotovary.te.ua /index.php ?route=information/news&news_id=13](http://elektrotovary.te.ua/index.php?route=information/news&news_id=13) (Дата звернення: 28.04.2022).
3. Pyataeva, A. Spatio-temporal smoke clustering in outdoor scenes based on boosted random forests / M. Favorskaya, A. Pyataeva, A. Popov // *Procedia Computer Science.*- 2016. - Vol. 96. – P. 762-771.
4. Goncalves, W. N. A complex network approach for dynamic texture recognition / W. N. Gonçaves, B. B. Machado, O.M.Bruno // *Neurocomputing* – 2015. V. 153. Pp. 211 – 220.
5. Hu, W. A survey on visual 316 content-based video indexing and retrieval / W. Hu, N. Xie, L. Li, X. Zeng, SJ Maybank // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.* – 2011. Part C 41 (6). Pp. 797 – 819.
6. Fablet, R. Motion recognition using nonparametric image motion models estimated from temporal and multiscale cooccurrence statistics / R. Fablet, P. Bouthemy // *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence.* – 2003. No.25 (12). Pp. 1619-1624.
7. Fazekas, S. Analysis and performance evaluation of optical flow features for dynamic texture recognition / S.Fazekas, D. Chetverikov // *Saint Petersburg: IC - 2007.* No. 22. Pp. 680-691.
8. Polana, R. Temporal texture and activity recognition / R. Polana, RC Nelson // *Motion-Based Recognition.* – 1997. Chapter 5. Pp. 87-115.
9. Dollar, P. Behavior recognition via sparse spatio-temporal features / P. Dollar, V. Rabaud, G. Cottrell, S. Belongie // *14th International Conference on Computer Communications and Networks, IEEE Computer Society. Washington, DC, USA.* – 2005. Pp. 65-72.
10. Dubois, S. A comparison of wavelet based spatio-temporal decomposition

methods for dynamic texture recognition / S. Dubois, R. Peteri, M. Menard // 4th Iberian Conference on Pattern Recognition 329 and Image Analysis, Springer-Verlag . Berlin, Heidelberg - 2009. Pp. 314-321.

11. Zhong, H. Detecting unusual activity in video / H. Zhong, J. Shi, M. Visontai // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Washington, USA. – 2004. Pp. 819-826.

12. Chan, AB Layered dynamic textures / AB Chan, N. Vasconcelos // IEEE Trans.Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2009. No.31 (10). Pp.1862 1879.

13. Goncalves, WN Dynamic texture analysis and segmentation using deterministic partially self-avoiding walks / WN Goncalves, OM Bruno // Expert Systems with Applications. – 2013. No.40 (11). Pp. 4283 – 4300.

14. Doretto, G. Dynamic textures / G. Doretto, A. Chiuso, YN Wu, S. Soatto // International Journal of Computer Vision. – 2003. No. 51 (2). Pp. 91-109.

15. Fujii, M. Feature extraction of temporal texture based on spatiotemporal motion trajectory / M. Fujii, T. Horikoshi, K. Otsuka, S. Suzuki // ICPR. Brisbane, Australia. – 1998. No.362. Vol II. Pp. 1047-1051.

16. Бартльме Ф. Газодинамика горения. – М.: Энергоиздат, 1981. - 280 с.

17. Коробейникова Е.Г. Химия процессов горения - Санкт-Петербург, 2011 р. - 195 с.

18. Розпізнавання образів [Електронний ресурс]: – Режим доступу: https://dut.edu.ua/ua/news-1-576-8731-teoriya-rozpiznavannya-obraziv_kafedra-shtuchnogo-intelektu (дата звернення: 28.04.2022).

19. Denisov, M. Detection Algorithm Ignition Source With Video / M. Denisov, S. Donetz, A. Kalach // Civil SecurityTechnology, Vol. 12, 2015, No. 4 (46).

20. Zhao, Y. Hierarchical detection of wildfire flame video from pixel level to semantic level / Y. Zhao, G. Tang, M. Xu // Expert Systems with Applications, Volume 42, Issue 8, 15 May 2015, Pages 4097-410.

21. Yu, C. A Real-time Video Fire Flame and Smoke Detection Algorithm / C. Yu, Z. Mei, X. Zhang // Procedia Engineering, Volume 62, 2013, Pages 891-898.

22. G.Kong, S. Fast flame detection in surveillance video за допомогою логістичної регресії та temporary smoothing / SGKong, D. Jin, S. Li, H. Kim // Fire

Safety Journal, Volume 79, January 2016, Pages 37-43.

23. Toreyin, B. U. Contour based smoke detection in video using wavelets / B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. E. Cetin // 14th European Signal Processing Conference (EUSIPCO – 2006) . Florence, Italy. 2006. Pp. 1-5.

24. Toreyin, BU Computer vision based method for real-time fire and flame detection / BU Toreyin, Y. Dedeoglu, U. Gueduekbay // Pattern Recognition Letters. 2006. V. 27. No.1. Pp. 49-58.

25. Toreyin, B. U. Wavelet based real-time smoke detection in video / B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. E. Cetin // Signal Processing: Image Communication, EURASIP. Antalya. 2005. Vol. 20. Pp. 255-260.

26. Бровко Н. В., Богуш Н.П. Анализ методов обработки последовательностей видеоизображений в предложении к задаче раннего обнаружения пожаров // Весник Полоцкого государственного университета. – 2011. №12. - с. 42-50.

27. Розпізнавання образів [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://habr.com/post/208090/> (Дата звернення: 27.03.2022).

28. Визильтер Ю. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010. - 672 с.

29. Open Source Computer Vision Library [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://opencv.org/>. (Дата звернення 09.05.2022).

30. Bilkent database [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://signal.ee.bilkent.edu.tr/VisiFire/Demo/FireClips/> (дата звернення 09.05.2022).

31. Renaud, P. DynTex: A comprehensive database of dynamic textures / P. Renaud, S. Fazekas, M.J. Huiskes // Pattern Recognition Letters. 2010. Vol. 31, No. 12. P. 1627–1632.

32. YouTube відеохостинг [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch> (Дата звернення 15.05.2022).

33. Козлов С.С. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах для підготовки студентів факультету електроніки за освітньо-кваліфікаційним рівнем “Спеціаліст” та ”Магістр”. "Вимоги безпеки під час експлуатації обчислювальної

техніки" / К.:НТУУ "КПІ", 2015, - 30 с.

34. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18> (Дата звернення: 01.06.2022).