

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(назва факультету)  
Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка алгоритму обробки цифрових зображень  
для зменшення їх розміття

Виконав: студент \_\_\_\_\_ курсу  
спеціальності \_\_\_\_\_, групи СНмз-61

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Варава В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц. Гром'як Р.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

доц. Дуда О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач  
кафедри

доц. Боднарчук І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

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

доц. Боднарчук І.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Вараві Вадиму Андрійовичу

1. Тема роботи

Розробка алгоритму обробки цифрових зображень

для зменшення їх розміття

Керівник роботи

Гром'як Роман Сильвестрович, к.ф.-м.н., доц. каф. КН

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 24 » листопада 2023 року № 4/7-1098

2. Термін подання студентом роботи 27.12.2023

3. Вихідні дані до роботи

наукові літературні джерела

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

1 Аналіз предметної області дослідження. 2. Дослідження та проектування рішення.

3. Практична частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Тема роботи. 2. Актуальність. 3. Мета, задачі дослідження. 4. Об'єкт, предмет, методи дослідження, наукова новизна. 5. Причини нечіткого цифрового зображення.

6. Отримання чисельної величини ступеня розмиття. 7. Обладнання та ПЗ, яке

використовувалося в роботі. 8. Опис роботи алгоритму. 9. Клас для зберігання зображень, що обробляються. 10. Блок-схема алгоритму визначення екстремумів графіка яскравості.

11. Блок-схема пошуку напряму розмиття. 12. Блок-схема роботи основного алгоритму

13. Частина бази зображень з для тестування алгоритму.

14. Графіки яскравості, згладжені різною величиною ковзного середнього.

15, 16. Результати роботи розробленого алгоритму.

17. Основні результати проведеного дослідження.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доц. каф. МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., проректор з АГРБ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи	24.11.23	Виконано
2	Аналіз літературних джерел	24.11–27.11.23	Виконано
3	Обґрунтування актуальності дослідження	28.11–30.11.23	Виконано
4	Аналіз предмету дослідження та предметної області	01.12–03.12.23	Виконано
5	Проведення дослідження методів та засобів аналітичного опрацювання даних	04.12–06.12.23	Виконано
6	Оформлення розділу «Аналіз предметної області дослідження»	07.12–10.12.23	Виконано
7	Оформлення розділу «Дослідження та проектування рішення»	11.12–13.12.23	Виконано
8	Оформлення розділу «Практична частина»	14.12–15.11.23	Виконано
9	Оформлення розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	05.12–12.12.23	Виконано
10	Нормоконтроль	13.12–15.12.23	Виконано
11	Перевірка на плагіат	13.12–17.12.23	Виконано
12	Попередній захист роботи	20.12.23	Виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи	27.12.23	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Варава В.А.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Гром'як Р.С.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Розробка алгоритму обробки цифрових зображень для зменшення їх розмиття // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Варава Вадим Андрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНмз–61 // Тернопіль, 2023 // С. – 69, рис. – 25, табл.– 7, слайдів – 17, додатк. – 1, бібліогр. – 31.

Ключові слова: КАДР, КОЛІРНИЙ ПРОСТІР, КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, МАТРИЦЯ ЯСКРАВОСТІ, РОЗМИТТЯ ЗОБРАЖЕННЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці алгоритму для аналізу та обробки розмиття на зображенні, що є складовою загальної проблеми комп'ютерного зору.

Досліджено три колірні моделі – HSL, HSV, RGB. Здійснено дослідження різноманітних видів розмиття цифрового зображення та їхнього впливу на подальший його аналіз. Запропоновано застосування поняття ізотропності для розмиття зображень. На базі властивостей ізотропності було побудовано метод аналізу розмиття та одержання його чисельного значення, а також метод визначення напрямку розмиття зображення. На їх основі розроблено алгоритм, котрий визначає напрямок зміщення в кадрі, а також напрямок руху камери відносно тієї області, котру знімають.

Проаналізовано точність функціонування алгоритму при різних ступенях розмиття. З метою подальшого тестування алгоритму сформовано базу зображень з різними атрибутами та величиною розмиття.

Проведені експериментальні дослідження підтверджують ефективність розробленого методу та побудованого алгоритму.

## ANNOTATION

Development of an algorithm for processing digital images to reduce their blurring // Varava Vadym // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science // Ternopil, 2023 // P. - 69, Fig. - 27, Table – 7, Slide - 17, References - 31.

**Keywords:** FRAME, COLOR SPACE, COMPUTER VISION, BRIGHTNESS MATRIX, IMAGE BLUR

This thesis deals with the development of an algorithm for the analysis and processing of image blur, which is a component of the general problem of computer vision.

Three color models were studied - HSL, HSV, RGB. A study of various types of blurring of a digital image and their impact on its further analysis was carried out. The application of the concept of isotropy for image blurring is proposed. Based on the properties of isotropicity, a method for analyzing blurring and obtaining its numerical value, as well as a method for determining the direction of image blurring, was built. Based on them, an algorithm was developed that determines the direction of displacement in the frame, as well as the direction of movement of the camera relative to the area being filmed.

The accuracy of the functioning of the algorithm at different degrees of blurring is analyzed. For the purpose of further testing of the algorithm, a database of images with different attributes and amount of blur was created.

The conducted experimental studies confirm the effectiveness of the developed method and constructed algorithm.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ГП – графічний процесор.

КЗ – комп'ютерний зір.

ПЗ – програмне забезпечення.

СК – система координат.

ТЗ – транспортний засіб.

ЦП – центральний процесор.

## ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області дослідження.....	11
1.1 Комп'ютерний зір.....	11
1.2 Види зміщення зображень.....	12
1.3 Якість цифрових зображень.....	13
1.4 Колірні простори.....	15
1.5 Висновки до першого розділу.....	17
2 Дослідження та проектування рішення.....	18
2.1 Поняття ізотропності розмиття.....	18
2.2 Анізотропне розмиття.....	20
2.3 Перетворення RGB на HSV.....	22
2.4 Пошук локальних екстремумів на графіках яскравості.....	23
2.5 Отримання чисельної величини ступеня розмиття.....	25
2.6 Уточнення напрямку розмиття.....	27
2.7 Отримання матриці яскравості.....	31
2.8 Висновки до другого розділу.....	32
3 Практична частина.....	34
3.1 WayTracer.....	35
3.2 Опис роботи алгоритму та його характеристики.....	36
3.2.1 Отримання та підготовка зображення.....	36
3.2.2 Рівняння прямих для аналізованих напрямів.....	37
3.2.3 Переведення екранних координат в декартові.....	39
3.2.4 Обчислення величин розмиття.....	39
3.2.5 Уточнення напрямку.....	41
3.3 Блок-схема основного алгоритму.....	44
3.4 Результати дослідження.....	44
3.4.1 Матеріали для аналізу.....	44

3.4.2	Оцінювані критерії та характеристики .....	45
3.4.3	Вплив розміру вікна для визначення екстремумів графіків яскравості на роботу алгоритму .....	46
3.4.4	Порівняння способів отримання чисельної величини ступеня розмиття .....	48
3.4.5	Порівняння способів уточнення напрямку .....	50
3.4.6	Аналіз точності функціонування алгоритму за різних параметрів розмиття .....	51
3.4.7	Результати роботи алгоритму .....	52
3.4.8	Недоліки алгоритму .....	53
3.4.9	Перспективи розвитку .....	53
3.5	Висновки до третього розділу .....	54
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	56
4.1	Режими праці і відпочинку при роботі з ЕОМ .....	56
4.2	Вплив електромагнітного імпульсу ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту .....	58
4.3	Висновки до четвертого розділу .....	62
	Висновки .....	63
	Перелік джерел .....	64
	Додатки	



## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час завдання обробки та аналізу цифрових зображень, котрі одержуються з фото- та відеоапаратури, є вкрай актуальним. З'являється дедалі більше областей, у яких корисним виявляється оцінка як об'єктів та його властивостей на зображенні, так і параметрів самих зображень.

Аналіз розмиття на зображенні є частиною загальної проблеми КЗ, яка активно вирішується останніми роками. Одне з можливих завдань, у вирішенні якої це може знайти застосування - повне відстеження переміщень камери під час зйомки відео, що у свою чергу може бути корисним, наприклад, для визначення траєкторії та параметрів руху ТЗ [1], на якому закріплена камера (на додачу до традиційних інерційних давачів), шляхом обчислення напрямку зміщення зображення у кадрі. А також і для інших завдань у галузі КЗ - наприклад, упорядкування аерофотознімків [2, 3], побудова 3D-моделей, використання модулів відеокамер як високоточних давачів позиціонування і т.д. Камера в таких системах виступає як давач, на який потік цифрових зображень або кадрів у складі відео може як надходити в режимі реального часу, так і записуватися на пристрій і використовуватися потім для аналізу.

Таким чином, актуальність даного дослідження обумовлена стрімким розвитком галузі КЗ і потенційною корисністю програмного продукту на основі алгоритму, що розробляється, для даної галузі.

**Мета дослідження:** розробка алгоритму, що визначає напрямок зміщення зображення на основі аналізу даних, вилучених із відеопотоку, або на основі обробки розмитих зображень.

Для досягнення мети, в роботі поставлено та розв'язано **такі задачі:**

- дослідження різних видів розмиття зображення та їх вплив на аналіз зображень;
- розробка методу аналізу розмиття зображення вздовж заданих напрямів та отримання його чисельної величини;

- розробка методу визначення напрямку розмитості зображення;
- розробка алгоритму, що визначає напрямки руху камери щодо області, що знімається, на основі властивостей розмиття зображення;
- вивчення параметрів роботи реалізованого алгоритму.

**Об'єкт дослідження:** теорія та технології КЗ.

**Предмет дослідження:** алгоритми обробки цифрових зображень щодо їх розмиття.

**Методи дослідження.** Для отримання та обробки результатів використовуються методи обробки зображень та методи математичної статистики.

**Наукова новизна роботи:**

- запропоновано використання поняття ізотропності для аналізу цифрових зображень;
- розроблено новий метод аналізу напрямку розмиття зображення на основі введення поняття ізотропності для розмиття зображень.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований метод може знайти практичне застосування для вирішення різних завдань шляхом комбінації з іншими алгоритмами обробки зображень. Наприклад, для визначення траєкторії руху камери при зйомці з освітленням, що динамічно змінюється, в кадрі - для визначення регіонів з різним рівнем освітлення шляхом дослідження матриці яскравості і визначення контрастності графіків яскравості в різних ділянках зображення.

**Апробація.** Окремі результати роботи були представлені на XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (13-14 грудня 2023 р.) у вигляді опублікованих тез [17].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Комп'ютерний зір

Під КЗ розуміється область штучного інтелекту, пов'язана з аналізом зображень і відео, що включає набір методів, які дозволяють комп'ютеру «бачити» і аналізувати побачене, витягуючи з цього необхідну інформацію. Паралельно також використовується поняття «Технічний зір».

Може виступати не тільки як штучна альтернатива біологічному зору, але і як його доповнення для вирішення різних завдань.

КЗ є досить молодим і перспективним напрямом (інтенсивне вивчення цієї проблеми почалося лише у 1970-х роках), що має можливість знайти застосування у багатьох сферах [3]. Як приклади можна навести фармацевтику, харчову промисловість, автомобілебудування, розробку автопілотованих ТЗ, сферу 3D-моделювання, впорядкування аерофотознімків та багато інших. Більше того, постійно з'являються нові області та сценарії застосування КЗ [2, 3].

Як правило, КЗ використовується для аналізу вмісту зображення - об'єкти, їх параметри, розташування та ін.

Дана робота є частиною загального завдання КЗ, і представляє метод, який полягає в більш точній обробці низькоякісних зображень без безпосереднього розпізнавання їх вмісту та з можливістю аналізу непідготовлених матеріалів - фото та відео, отриманих без інформації про характеристики параметрів зйомки, в ході якої були отримані дані матеріали, а також без інформації про зображені на них об'єкти. Цей метод має практичне значення для алгоритму повного відстеження параметрів переміщення камери під час зйомки відео.

## 1.2 Види зміщення зображень

Тут і далі кадром будемо вважати проекцію сцени, що аналізується, на фокальну площину реєструючого приладу (цифрової камери) в момент часу.

Для вирішення задачі відстеження руху камери щодо області, що знімається необхідно визначити вид, напрям і величину зміщення між кадрами.

Існує кілька типів зміщень зображення між двома кадрами:

- зсув по одній з двох (вертикальна та горизонтальна) осей або поєднання зміщення по обох осях;
- обертання зображення навколо певної осі обертання, котра перпендикулярна до об'єктиву камери
- зміни масштабу зображення - рівномірне наближення або віддалення по всьому кадру.

Демонстрація даних типів зміщень наведена на рис. 1.1 – 1.3. Для цього була обрана текстура сітки з контрольною контрастною фігурою, що наочно показує зміщення зображення щодо реєструючого приладу.

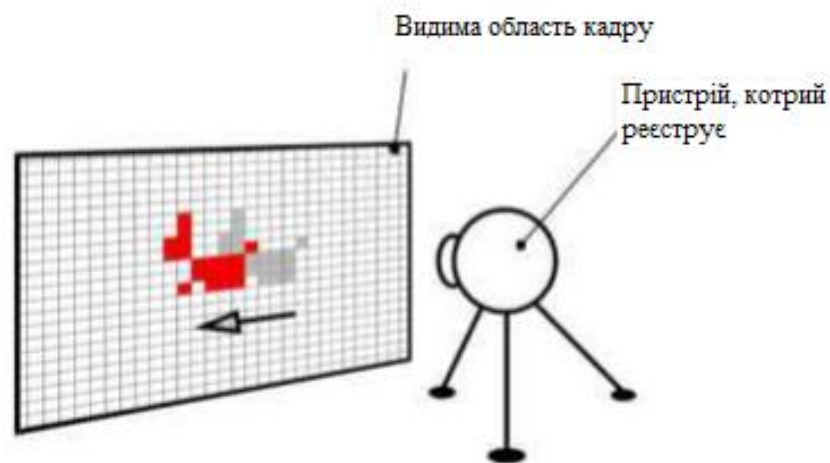


Рисунок 1.1 – Демонстрація зміщення зображення по горизонтальній осі

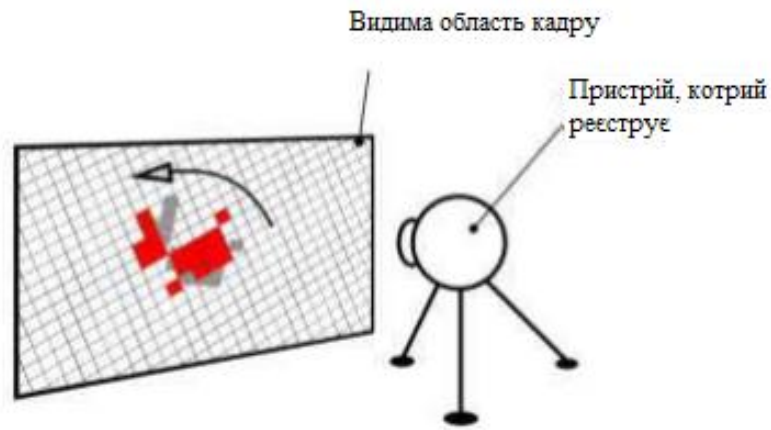


Рисунок 1.2 – Демонстрація обертання зображення

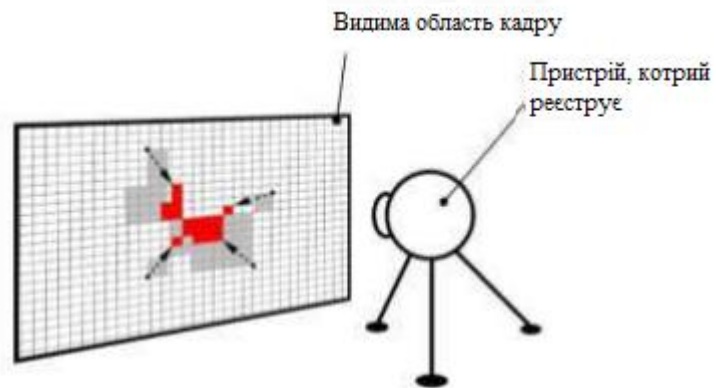


Рисунок 1.3 – Демонстрація зміни масштабу зображення

Будь-яке зміщення у кадрі є комбінацією трьох даних типів. Саме сукупність обертання зображення зі зсувом дає картину, необхідну для визначення напрямку зміщення камери щодо області, котра знімається.

### 1.3 Якість цифрових зображень

Як правило, якість цифрових зображень має безпосередній вплив на якість роботи алгоритмів, що їх обробляють. Одним з основних показників якості зображення прийнято вважати його різкість - визначає помітність деталей на фотографії [4]. Зайва розмитість зображення може спричинити некоректну

роботу алгоритмів обробки зображень – наприклад, алгоритмів розпізнавання об'єктів. Або стати причиною некоректного визначення зміщення в кадрі.

Зображення, отримане з цифрової камери, може бути недостатньо чітким внаслідок кількох причин:

- неправильного налаштування фокусування камери;
- замутнення об'єктива;
- руху камери щодо площини, яка знімається, або руху об'єкта, що знімається щодо камери в момент зйомки [5];
- коли камера не внесла істотного розмиття, але частина зображення в реальному житті розмита спочатку [6]. Наприклад, тінь, що відкидається від об'єкта, яка розмита в реальному житті внаслідок того, що джерело світла за об'єктом знаходиться на відстані, меншій, ніж між об'єктом і площиною, на яку він відкидає тінь. Приклад такого розмиття показано на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Приклад розмиття у житті [6]

У цій роботі розглядатимуться види розмиття саме всього зображення загалом, оскільки ситуації, у яких в області, що знімається, спочатку містяться розмиті зони з реального життя, не відносяться до дефектів зображення в технічному плані. Крім того, завдання обробки дефектів, що містяться на зображенні, лежить за межами теми представленого дослідження.

## 1.4 Колірні простори

Колірний простір або колірне представлення - математична модель подання кольору у вигляді кортежів чисел, або т.зв. колірних координат. При цьому набір кольорів, які можна описати в тому чи іншому просторі, є обмеженим. Це означає, що будь-який з фіксованої кількості кольорів можна однозначно описати комбінацією декількох координат.

Різні колірні простори відрізняються один від одного значеннями кортежів, які відповідають за різні параметри кольору. Деякі з них містять значення яскравості пікселів зображення, які мають корисність для алгоритму, що розробляється. Наприклад, HSV та HSL [7].

У даних колірних просторах колір кожного пікселя заданий трьома числовими компонентами: Hue (відтінок), Saturation (насиченість) і Value/Lightness (значення кольору або яскравість/світло) для HSV і HSL відповідно [8].

Значення відтінку може змінюватись в інтервалі  $[0, 2\pi]$ . Значення ж насиченості описує глибину відтінку, приймаючи значення межах інтервалу  $[0, 1]$ , де 1 - максимальна насиченість.

Третій компонент є головною відмінністю HSV та HSL один від одного. Обидва значення виражають рівень освітленості та лежать в інтервалі  $[0, 1]$ , де 0 – повна відсутність світла. Однак максимальна насиченість відтінку досягається в першому випадку при  $V = 1$ , у другому при  $L = 0,5$ .

У свою чергу, HSV і HSL були розроблені на основі колірного представлення RGB, що є стандартним для використання в різних пристроях - від моніторів та різного роду екранів до цифрових камер, що передають [9, 10].

У поданні RGB колір виходить комбінацією трьох значень колірних компонентів - червоного (Red), зеленого (Green) і синього (Blue), в діапазоні від 0 до 1. При цьому кожне значення є інтенсивністю кожного з кольорів. Поєднання всіх трьох компонентів у максимальному значенні позначає білий

колір, поєднання всіх трьох компонентів у нульовому значенні дає чорний колір.

Графічні моделі представлень HSL, HSV та RGB показані на рис. 1.5, 1.6 та 1.7 відповідно.

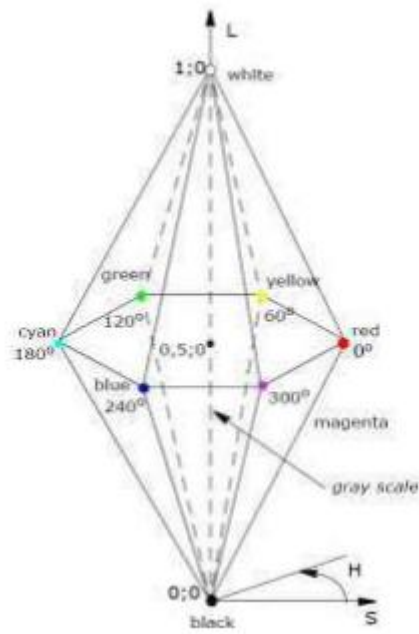


Рисунок 1.5 – Модель колірного простору HSL [11]

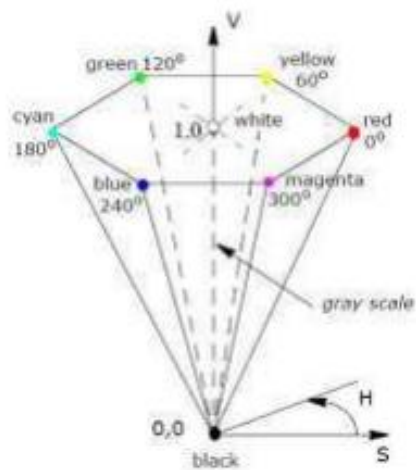


Рисунок 1.6 – Модель колірного простору HSV [11]



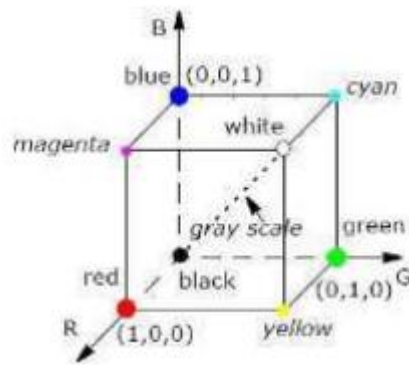


Рисунок 1.7 – Модель колірнього простору RGB [11]

У дослідженнях зазначається, що модель HSV стійкіша до змін освітленості, наприклад, порівняно з RGB, а також до рівня шуму [12, 13]. Тому для використання в подальшій роботі було прийнято рішення вибрати саме цей колірний простір.

### 1.8 Висновки до першого розділу

У цьому розділі було проведено огляд предметної області на тему дослідження. Були розглянуті різні зсуви в кадрі, а також причини розмиття зображення, на основі яких буде засновано подальше дослідження методу аналізу розмиття зображення.

Також були розглянуті деякі колірні представлення, на основі яких для використання в подальших дослідженнях було обрано HSV внаслідок наявності в його числовому кортежі, що описує колір, значення яскравості, яке буде зручним для використання у подальшій роботі.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ РІШЕННЯ

### 2.1 Поняття ізотропності розмиття

Як було сказано в підрозділі 1.3, надмірна розмитість зображення може стати на заваді аналізу зображення. Але в деяких випадках сам факт розмиття зображення та його параметри можуть бути вартими уваги і бути безпосереднім предметом аналізу.

Виходячи з інформації в тому ж підрозділі, розмиття може бути двох видів:

- все зображення розмите рівномірно у всіх напрямках;
- межі всіх об'єктів на зображенні розмиті («змазані») по лінії вектора руху камери/ площини, що знімається в обох напрямках [14].

Виходячи з викладеного вище, у цьому дослідженні пропонується запровадити поняття ізотропності для розмиття зображення, за аналогією з реальним фізичним явищем ізотропії. Таким чином, розмиття на зображенні може бути ізотропним - коли межі об'єктів на зображенні розмиті однорідно у всіх напрямках, і анізотропним - коли межі розмиті в напрямку розмиття, що виникає внаслідок руху камери і об'єкта/площини, що знімається відносно один одного. Саме анізотропне розмиття і становить у межах цієї роботи найбільш варту уваги.

Величину розмиття зображення можна оцінити, наскільки розмиті межі об'єктів на ньому. Тоді ступінь розмитості можна уявити, як відношення зміни яскравості зображення до довжини ділянки, на якій відбувається ця зміна

$$S = \frac{\Delta I}{w}, \quad (2.1)$$

де  $l$  – яскравість,  $w$  – ширина переходу.

Якщо уявити яскравість зображення як функції від положення по осі X, то наочно розмитість може бути представлена як тангенс кута нахилу (рис. 2.1) [4].

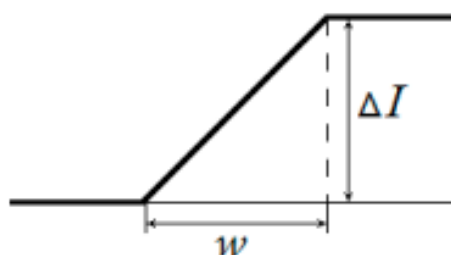


Рисунок 2.1 – Профіль різкості зображення [4]

Таким чином, завдання оцінки розмиття зображення зводиться до аналізу графіків зміни яскравості за заданими рядками зображення (вертикальним, горизонтальним або діагональним), або вздовж напрямків, що перпендикулярні до ліній меж об'єктів, які визначаються за допомогою додаткових алгоритмів - наприклад, детектора меж Канни [6, 7, 8].

Однак у досліджуваних ситуаціях алгоритми розпізнавання кордонів є непридатними внаслідок того, що в кадрі не завжди присутні об'єкти, які могли б визначити межі. Приклад такого зображення було підготовлено та представлено на рис. 2.2.

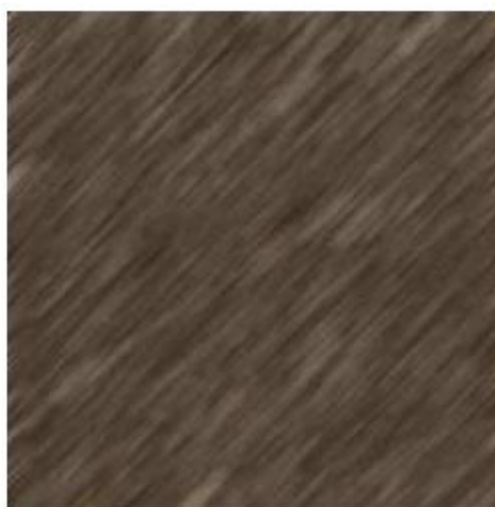


Рисунок 2.2 – Приклад розмитого зображення без чітких об'єктів

На наведеному рисунку зображена розмита у напрямку під кутом  $45^\circ$  фотографія асфальту. Таке зображення може бути отримане під час зйомки дороги в русі камерою, закріпленої на ТЗ. Як видно, на фотографії відсутні будь-які об'єкти, які могли б визначити межі.

При цьому, на відміну від ізотропного, плавність зміни значення яскравості меж об'єктів при анізотропному розмитті змінюватиметься в залежності від напрямку, вздовж якого вимірюється яскравість.

Для демонстрації залежності плавності зміни рівня яскравості від напрямку вимірювання для різних типів розмиття були створені графіки, продемонстровані на рис. 2.3. Для зручності сприйняття графіки яскравості інвертовано по вертикалі

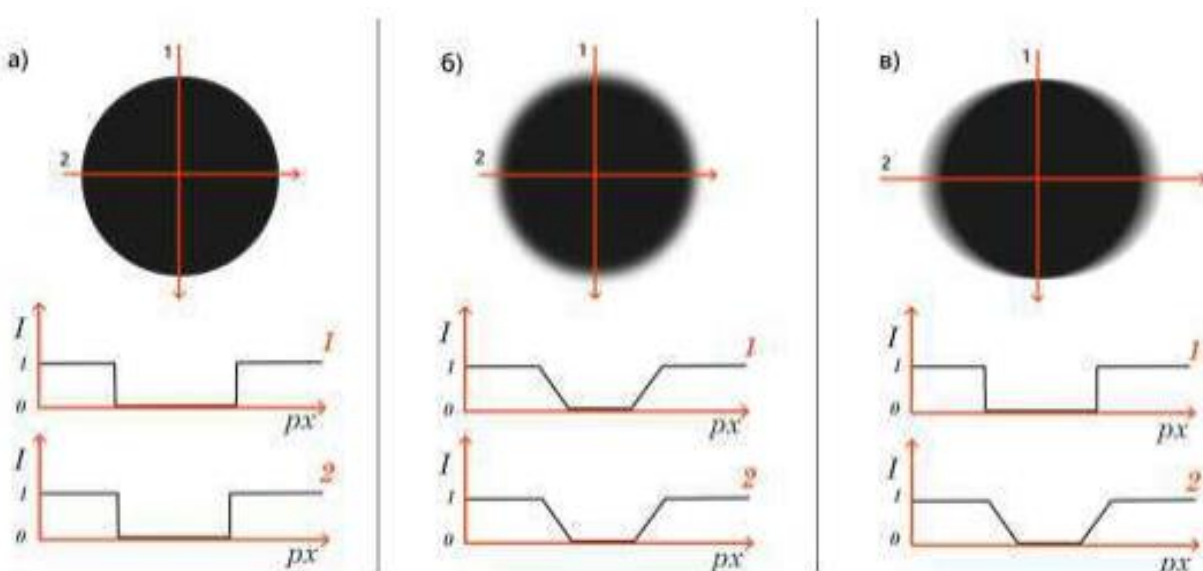


Рисунок 2.3 – - Графіки зміни яскравості для різних видів розмиття

а) - зображення без розмиття; б) - зображення з ізотропним розмиттям;

в) - зображення з анізотропним розмиттям по горизонталі.

Як видно з даного рисунку, рівень яскравості змінюється більш плавно, коли напрямок розмиття зображення збігається з напрямком лінії, за якою проводиться замір рівня яскравості, порівняно з напрямком лінії, перпендикулярної до напрямку розмиття.

## 2.2 Анізотропне розмиття

Для наочності було створено зображення (рис. 2.4), що є спрощеною імітацією зображення з розмиттям у русі. Також вибрано чотири спрощені демонстраційні напрямки для виділення рядків пікселів, за якими були побудовані графіки зміни яскравості на цій ділянці

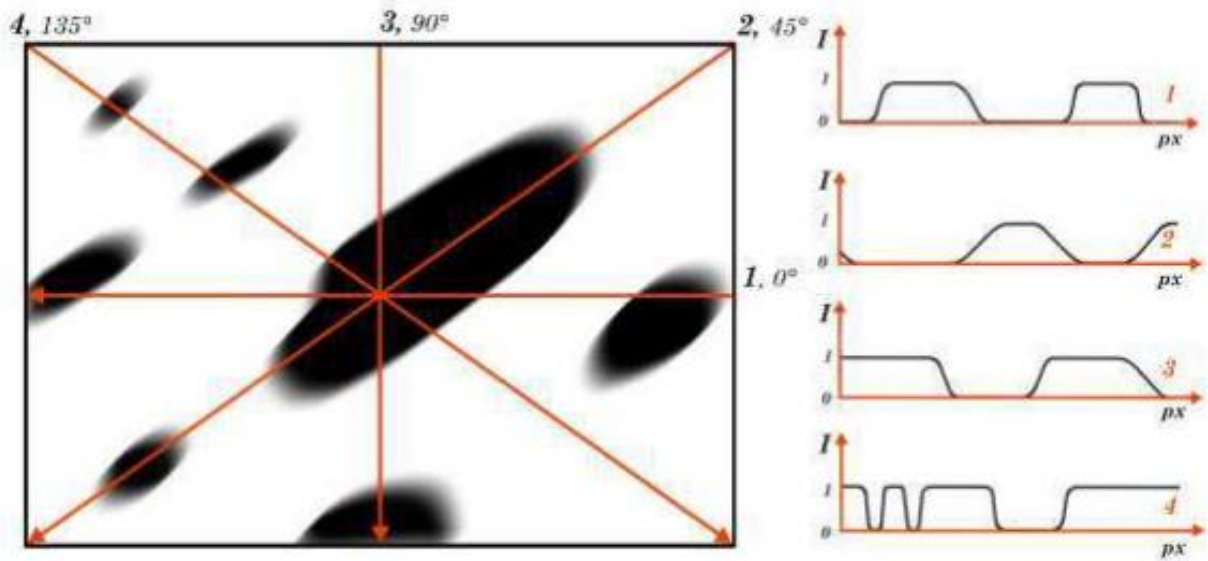


Рисунок 2.4 – Графіки зміни яскравості для анізотропного розмиття

Видно, що рівень яскравості на графіку № 2 змінюється більш плавно порівняно з графіками за іншими напрямками, з чого можна дійти невтішного висновку у тому, що величина розмиття кордонів у цьому напрямі є найбільшою. Зважаючи на властивості зображень, розмитих в русі, можна також зробити висновок про те, що зміщення зображення в момент зйомки щодо камери було зроблено саме в даному напрямку - тобто, під кутом  $45^\circ$ . Також, знаючи витримку кадру для фото або частоту зйомки кадрів для відео, відстань до області, що знімається, і роздільну здатність зображення, можна зробити висновок про приблизну екранну швидкість руху камери щодо знімається області, вираженої в пікселях.

Таким чином, аналіз зображення на предмет анізотропного розмиття має

практичну цінність і може знайти застосування для визначення напрямку руху камери щодо області, що знімається, що в свою чергу може знайти застосування в КЗ, наприклад, для завдання побудови траєкторії руху роботизованого рухомого засобу із закріпленням на ньому відеокамерою. Також аналіз анізотропного розмиття може бути корисним у ситуації, коли рухається не сама камера або площина, що знімається повністю, а лише деякий об'єкт у кадрі. У цьому випадку це може знайти застосування для пошуку розмитої точки в кадрі і стеження за вмістом у кадрі без його безпосереднього розпізнавання. Однак це завдання вимагає додаткових досліджень.

Також слід зазначити, що в наведеному прикладі напрямок розмиття збігся з одним із напрямків, вздовж яких проводився аналіз рівня яскравості. У реальних ситуаціях напрямок розмиття майже завжди лежатиме поза напрямками, заданими спочатку. Для більш точного визначення напрямку розмиття необхідний подальший аналіз, чому присвячений один із подальших підрозділів цієї роботи.

### 2.3 Перетворення RGB на HSV

Як було сказано у підрозділі 1.4, RGB є стандартом для використання у цифрових камерах. Для отримання значень яскравості з кортежів для кожного пікселя в колірному просторі HSV необхідно конвертувати зображення з RGB на цей формат.

Перетворення з RGB HSV здійснюється в наступній послідовності [15, 16]:

$$C_{max} = \max(R', G', B'), \quad (2.2)$$

$$C_{min} = \min(R', G', B'), \quad (2.3)$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min}, \quad (2.4)$$

$$H = \begin{cases} 0^0, \Delta = 0 \\ 60 \times \left( \frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6 \right), C_{max} = R' \\ 60 \times \left( \frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), C_{max} = G' \\ 60 \times \left( \frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), C_{max} = B' \end{cases} \quad (2.5)$$

$$S = \begin{cases} 0, C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}}, C_{max} \neq 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

$$V = C_{max} \quad (2.7)$$

## 2.4 Пошук локальних екстремумів на графіках яскравості

Для можливості порівняння графіків яскравості необхідно введення чисельного параметра, що характеризує ступінь їх плавності. Була запропонована гіпотеза про те, що для вирішення цього завдання може бути корисним аналіз графіків яскравості щодо локальних екстремумів [17].

Графіки яскравості будуються із значень яскравості пікселів вздовж вимірюваних напрямів, тобто є табличними функціями, а не заданими аналітично. Отже, пошук екстремумів таких функцій шляхом аналізу похідної функції у цьому випадку не підходить [18]. Необхідно використовувати перебір значень. Однак простий перебір шляхом позначки точок екстремуму у всіх місцях на графіці, де його зростання змінюється зменшенням (і навпаки) також не підходить внаслідок наявності на зображеннях цифрового шуму, здатного

створити перешкоди для даного методу у вигляді хибних точок екстремуму.

Відповідний спосіб - алгоритм ковзного середнього, що знаходить широке застосування в обробці графіків сигналів та статистики. Головний принцип алгоритму полягає в тому, що на кожному кроці - тобто для кожного значення - береться сума заданої кількості значень, яка визначається величиною вікна, і ділиться на величину цього вікна. Таким чином досягається усереднення поточного значення разом із заданим величиною вікна числом значень. Змінюючи величину вікна усереднення, можна отримати більшу чи меншу міру згладжування, для чого зазвичай даний алгоритм і використовується [19]. Однак основний принцип цього алгоритму може бути корисним для визначення локальних екстремумів. Усереднюючи значення яскравості пікселів у певному діапазоні, можна уникнути визначення помилкових екстремумів через те, що через шум на зображенні значення яскравості можуть в деяких місцях змінюватися недостатньо однорідно, внаслідок чого лінія графіка може зростати і зменшуватися з перешкодами, що не відповідає загальній картини зміни рівня яскравості зображення.

Після визначення точок локальних екстремумів графіків яскравості необхідно визначити метод отримання міри плавності, на основі якої можна було б порівнювати графіки, побудовані за різними напрямками [17].

Розглянемо два графіки яскравості, створені для демонстрації різного рівня розмитості зображення (рис. 2.5). На цьому малюнку графік *n1* побудований за напрямом гіпотетичного зображення, вздовж якого відбувається найбільш плавна зміна рівня яскравості. Графік *n2* демонструє менш плавну зміну рівня яскравості порівняно з першим графіком.



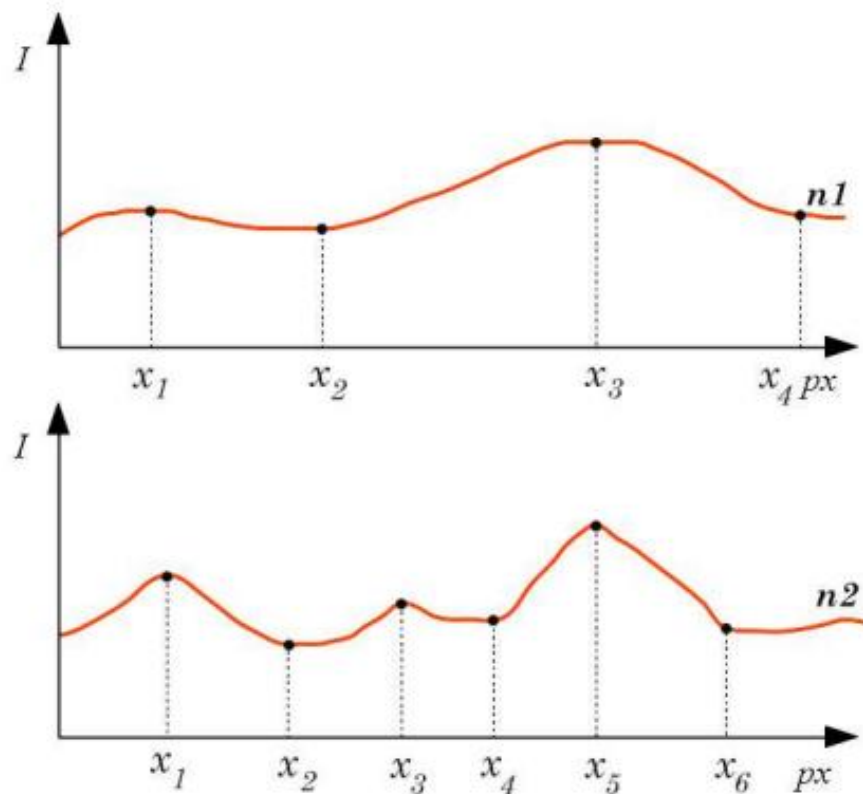


Рисунок 2.5 – Порівняння графіків яскравості різного ступеня розмиття

На наведених графіках зазначено певні точки локальних екстремумів. Як видно з малюнка, кількість точок екстремумів для графіка  $n1$  перевищує кількість точок екстремумів для такої ж тривалості на графіці  $n2$ . З чого можна зробити припущення, що дані про екстремуми графіків пов'язані зі ступенем плавності графіків.

У наступному розділі будуть розглянуті різні способи використання даних про екстремум графіків для отримання чисельної величини, що характеризує ступінь гладкості графіка, а, отже, і ступінь розмиття за аналізованим напрямом.

## 2.5 Отримання чисельної величини ступеня розмиття

Для переведення даних про екстремуми в чисельну форму можна скористатися декількома способами - використовувати просто загальну

кількість екстремумів протягом графіка або використовувати середню відстань між точками екстремумів. Саме середнє також може бути кількох видів, найбільш часто застосовуються з яких - арифметичне, геометричне та арифметичне середнє зважене.

Для опису чисельної величини ступеня розмиття тут і подальшій роботі пропонується використовувати позначення  $B$ .

Арифметичне середнє є сумою всіх значень, поділене на їх кількість. Тоді передбачувана формула величини ступеня розмиття матиме вигляд:

$$B = \bar{x} = \frac{\sum x_i}{i} \quad (2.7)$$

Геометричне середнє є добутком всіх значень, з якого взято корінь ступеня, що дорівнює кількості значень. Тоді передбачувана величина ступеня розмиття виглядатиме так:

$$B = \bar{x} = \sqrt[n]{x_1 * x_2 * \dots * x_n} \quad (2.8)$$

Арифметичне середнє зважене є узагальнення середнього арифметичного. У розрахунки додаються значення ваги чисел - параметрів, які визначають, наскільки те чи інше значення має вплив на кінцевий результат середнього. При цьому сума всіх ваг не може дорівнювати нулю, хоча деякі з них (але не всі) можуть набувати нульового значення [20]. Передбачуваний варіант величини ступеня розмиття можна записати так:

$$B = \bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i} \quad (2.9)$$

В досліджуваних випадках для отримання чисельної величини розмиття  $B$

як значення, що усереднюються, будуть використовуватися значення відстаней між точками екстремумів в пікселях.

Також необхідно визначити, який саме спосіб підходить найкраще для отримання максимально точно визначаючу ступінь розмиття чисельної величини. Для цього в розділі 3 буде здійснено порівняльний огляд результатів, отриманих усіма наведеними в даному підрозділі способами.

У випадку зі звичайним підрахунком кількості екстремумів на графіці ступінь розмиття вздовж цього напрямку буде обернено пропорційна отриманому значенню, тому що чим менше на графіці зустрічається точок перегину, тим він більш плавний.

Що стосується розрахунку середніх значень ступінь розмиття буде прямо пропорційний даному значенню, оскільки чим більша відстань між точками екстремуму, тим більш плавний графік.

## **2.6 Уточнення напрямку розмиття**

У розроблюваному методі спочатку пропонується розглядати графіки яскравості, побудовані вздовж 6 заданих напрямків - розташованих на градусному колі з рівними проміжками в 30%. Дане число напрямків було вибрано як оптимальне внаслідок того, що, якщо використовувати квадратний формат розміру зображення, дане розташування напрямків дозволяє скласти по довжині графіки.

Дані напрямки продемонстровані на рис. 2.6.

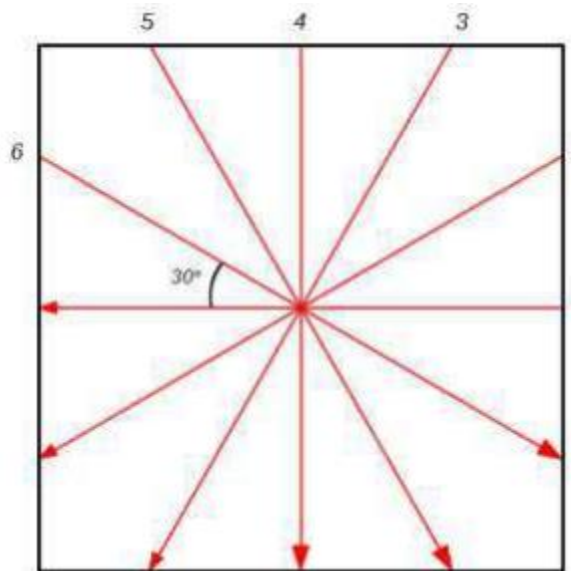


Рисунок 2.6 – Початкові напрями для побудови графіків яскравості

Для спрощення демонстрації у прикладі, розглянутому в підрозділі 2.2, напрямок розмиття був обраний такий, щоб він збігся з одним із чотирьох заданих напрямків для аналізу яскравості. Однак у реальному аналізі такі ситуації є малоймовірними. Отже, необхідний метод точнішого визначення напрямку анізотропного розмиття зображення.

Пропонується два методи для уточнення напрямку анізотропного розмиття після отримання величин розмитості для всіх заданих напрямків - безпосередній пошук відповідного напрямку з введенням в аналіз додаткових напрямків та апроксимація.

Поетапний опис роботи алгоритму пошуку містить наступні кроки.

1. Вибираються два сусідні напрями з найбільшим ступенем розмиття порівняно з рештою.

2. Посередині між вибраними напрямками будується додатковий, вздовж якого також вимірюється величина розмиття.

3. Отриманий ступінь розмиття для нового напрямку порівнюється з двома попередніми. У випадку, якщо він менший, ніж будь-яка з них, як підсумкова величина вибирається найбільший з двох значень ступенів, визначених на першому кроці алгоритму, і як напрям розмитості вибирається

напряму, при аналізі якого було отримано дане значення.

4. У разі, якщо отриманий ступінь розмиття більший, ніж два попередні або дорівнює одному з них, він підставляється для подальшого аналізу замість напрямку, при аналізі якого було отримано найменше значення величини розмиття. Далі, якщо приріст між найбільшим значенням двох початкових і новим перевищує задане значення точності, алгоритм переходить на перший крок, приймаючи оновлені значення як початкові. Якщо задана точність досягається, алгоритм завершується.

Демонстрація графічної інтерпретації додавання додаткового напрямку для аналізу показана на рис. 2.7.

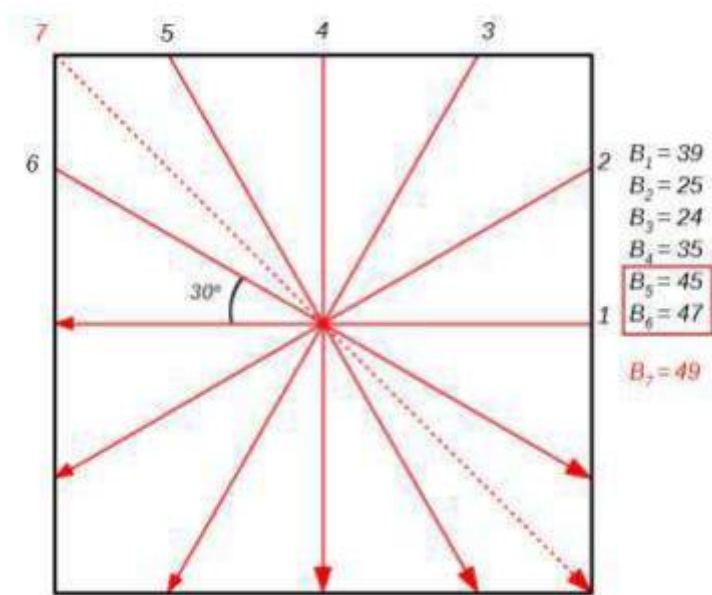


Рисунок 2.7 – Демонстрація додавання додаткового напрямку

Для позначення ступеня розмиття були обрані величини, прямо пропорційні середнім значенням, розрахованим на основі відстаней між точками екстремумів на графіках яскравості, побудованих за зазначеним напрямком. Умовні значення даних величин було обрано спеціально для демонстрації. Також було обрано умовне значення точності аналізу, що дорівнює 5.

Як видно, найбільші ступеня розмиття для наведеного рисунку у напрямків 5 і 6. За наведеним вище алгоритмом, було побудовано додатковий напрямок - 7. У ході подальшого аналізу було отримано значення ступеня розмиття для даного напрямку, яке перевищило зазначені раніше значення. І, так як різниця між найбільшим з початкових значень та отриманим менше заданої точності, подальший аналіз не потрібен, і напрямок 7 можна вважати остаточним напрямком, вздовж якого було розмиття зображення.

Другий спосіб полягає у приблизному обчисленні напрямку розмиттості на основі наявних значень про ступенях розмиття для заданих напрямків. Це можна реалізувати, якщо ввести графік залежності величини розмиття від градуса напрямку та апроксимувати його.

Апроксимація - науковий метод отримання проміжних значень функції за заданою обмеженою кількістю відомих точок шляхом наближення значень кривої до цих точок [21].

Для попереднього прикладу відзначимо точки (рис. 2.8) на графіці, в якому відображено залежність відомих значень ступеня розмиття від кутів напрямків, вздовж яких вони були виміряні.

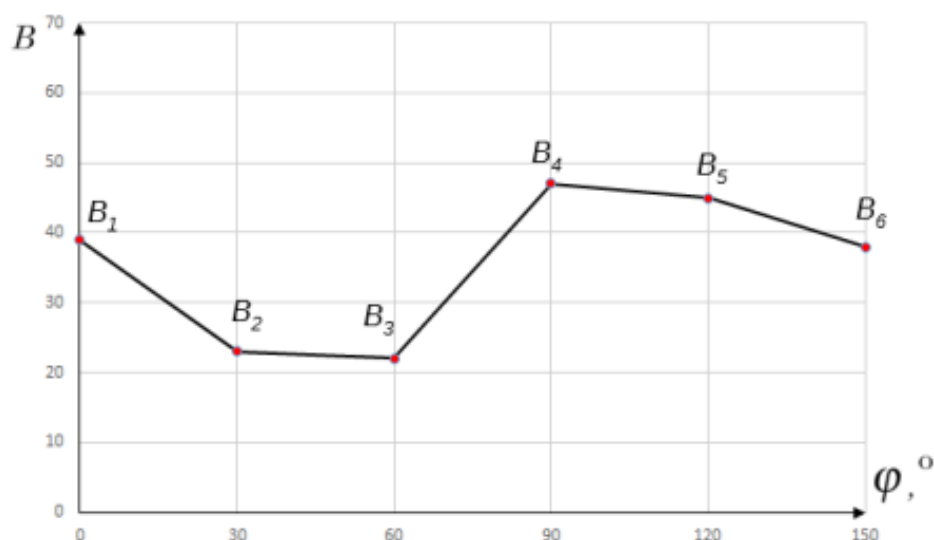


Рисунок 2.8 – Графік табличної функції залежності ступеня розмиття від кута вимірюваного напрямку

Так як значення розмиття є точними і фіксованими для заданих напрямків, необхідно використовувати метод апроксимації, при якому в результуючому графіку вхідні точки зберігають своє значення. Для цього завдання була обрана інтерполяція багаточленом Лагранжа, яка є одним із способів апроксимації, при якому таблиця значень наближення повинна мати ті ж значення, що й у початкової функції [22].

Приклад результату інтерполяції графіка з рис. 2.8 наведено на рис. 2.9. Наближена функція виділена світлим кольором.

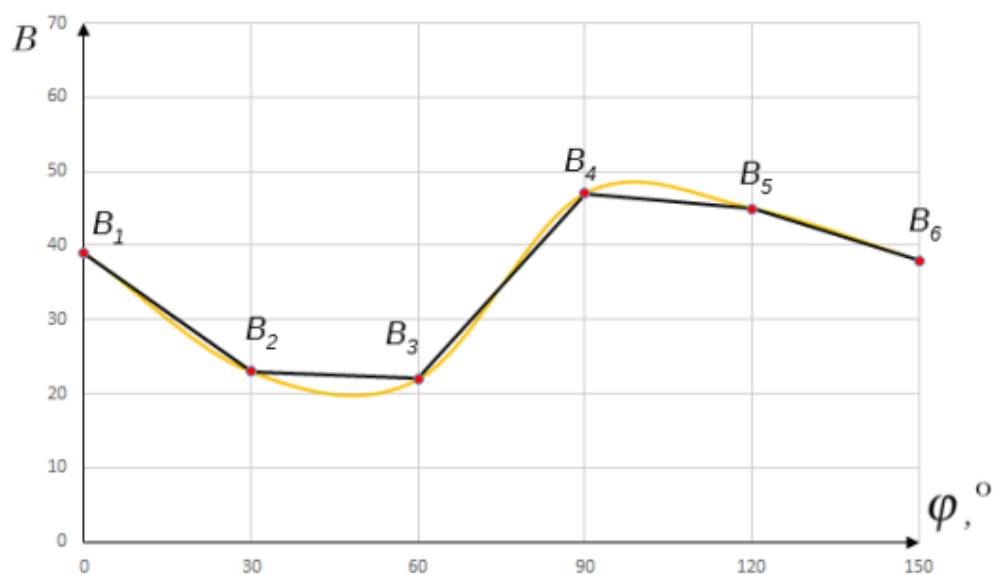


Рисунок 2.9 – Результат наближення функції методом інтерполяції

Після отримання функції наближення необхідно знайти точку градуса, в якій досягається максимальне значення величини розмиття. Це значення градуса і буде кутом напрямку, вздовж якого відбулося розмиття зображення.

## 2.7 Отримання матриці яскравості

Для побудови графіків яскравості треба одержати значення яскравості пікселів зображення, що знаходяться на заданій для аналізу прямій. Для чого у свою чергу необхідна матриця, що містить значення яскравості для кожного

пікселя зображення, або так звана матриця яскравості.

Придатні для цього завдання значення містяться в кортежах, що описують колір у просторі кольору HSV. З трьох значень, що містяться в його кортежах [H, S, V], де Hue - відтінок, S - насиченість, V - значення кольору або яскравість, необхідно третє - V. Дане значення змінюється в інтервалі [0, 1], проте для зручності сприйняття було запропоновано перетворити його на інтервал [0, 100], де 100 - максимальний рівень яскравості, 0 - відсутність яскравості, чорний колір.

Таким чином, використовуючи дані значення, можна скласти матрицю яскравості I, кожен елемент якої  $I[i, j]$  характеризуватиме рівень яскравості для відповідного пікселя зображення  $p[i, j]$ . Приклад такої матриці, яка для наочності розфарбована відповідно до значення яскравості, представлений на рис. 2.10.

62	55	46	41	39	40	42	48	56	61
52	51	49	44	38	45	56	60	61	64
71	69	62	59	55	54	57	60	58	57
78	74	71	69	63	63	65	67	69	74
31	33	29	28	33	36	47	49	60	65
46	46	42	43	49	48	44	41	39	39
53	47	44	44	36	30	22	21	15	13
66	63	61	56	45	43	48	51	56	60
51	51	53	53	49	53	64	68	73	76
29	29	36	37	44	50	55	55	58	64

Рисунок 2.10 – Розфарбована матриця яскравості

## 2.8 Висновки до другого розділу

У цьому розділі було розглянуто різні види розмиття зображень та його



причини, основі чого було запропоновано використовувати поняття ізотропності для розмиття. Таким чином, було введено два поняття - ізотропне та анізотропне розмиття, рівномірне у всіх напрямках та розмите у напрямку руху відповідно.

Для можливості розробки запропонованого методу було розглянуто спосіб отримання матриці яскравості значень, що містяться в кортежах чисел, що описують колірний простір HSV. Значення з цієї матриці пропонується використовувати для побудови графіків яскравості, з яких шляхом виділення локальних екстремумів та їх аналізу можна отримати величину розмиття для аналізованого напрямку.

Розглянуто кілька варіантів отримання величини розмиття. Також було запропоновано два способи уточнення напрямку розмиття після аналізу наперед визначених напрямів для аналізу.

### 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Результати дослідження та проектування рішення, наведені в розділі 2, дозволили перейти до наступного етапу, а саме до практичної розробки алгоритму, що визначає напрямок зміщення зображення на основі аналізу даних, вилучених з відеопотоку, або на основі обробки розмитих зображень.

Таблиця 3.1- Характеристики робочої станції

Назва параметра	Значення параметра
Найменування ЦП	Intel Core i5-9400f
Кількість ядер ЦП	6
Базова тактова частота ЦП	2900 МГц
Максимальна тактова частота ЦП	4100 МГц
Об'єм пам'яті кешу L3	9 Мб
Об'єм оперативної пам'яті	16 Гб
Тип оперативної пам'яті	DDR4
Тактова частота оперативної пам'яті	2666 МГц
Найменування відеоадаптера	GeForce RTX 2060
Кодова назва ГП	TU106
Базова частота ГП	1365 МГц
Максимальна частота ГП	1680 МГц
Об'єм відеопам'яті	6 Гб
Тип відеопам'яті	GDDR6

Як мову програмування пропонується вибрати Object Pascal. Як середовище розробки та компілятора - Lazarus та Free Pascal відповідно.

Даний вибір обумовлений тим, що алгоритм, що розробляється, передбачається використовувати в якості модуля в вже існуючому програмному

продукті - в WayTracer, який написаний саме із застосуванням даних засобів розробки. Докладніше цей програмний продукт буде розглянуто в наступному підрозділі.

### 3.1 WayTracer

Розробка алгоритму проводилася з урахуванням ПЗ WayTracer, оскільки у роботі використовувався реалізований раніше диспаратний алгоритм обробки зображень [2].

Дане ПЗ виконує завдання побудови траєкторії руху ТЗ із закріпленою на ньому камерою, що знімає дорожню поверхню. Це завдання вирішується шляхом порівняння двох кадрів, що йдуть підряд, витягнутих з відеопотоку, і пошуку в них областей пікселів, що повторюються. На основі чого робиться висновок про те, в якому напрямку та на яку відстань, виражену в пікселях, відбулося зміщення зображення у кадрі.

Головне вікно програми представлено на рис. 3.1.

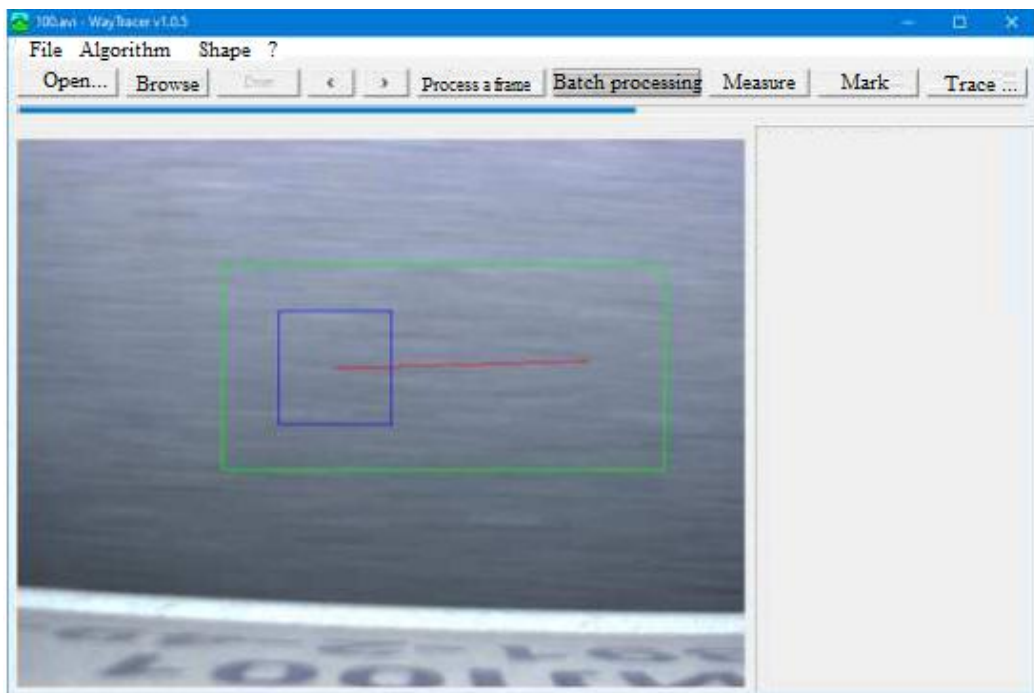


Рисунок 3.1 – Скріншот головного вікна WayTracer

Також дане ПЗ дозволяє виміряти відстань між зазначеними на кадрі точками в пікселях. При відповідній підготовці у вигляді приміщення в кадр зйомки об'єкта з відомими реальними розмірами можна встановити достовірний масштаб відповідності пікселів сантиметрам у вікні. На основі цього масштабу обчислюється реальна швидкість зміщення зображення в кадрі.

Результатом роботи програми є список кадрів із зазначеним зміщенням та швидкістю щодо кожного попереднього кадру.

### **3.2 Опис роботи алгоритму та його характеристики**

На основі досліджень, про результати яких розказано у розділі 2, було розроблено загальний алгоритм, що визначає напрямок зміщення зображення.

Цей алгоритм складається з наступних кроків:

1. Отримання кадру з відео або окремого зображення.
2. Перетворення колірного простору зображення з RGB на HSV.
3. Отримання значень яскравості з HSV кортежів для кожного пікселя зображення і складання його матриці яскравості з цих значень.
4. Побудова графіків яскравості для заданих напрямків аналізу.
5. Знаходження екстремумів отриманих графіків та обчислення величин, що характеризують ступінь розмиття для цих напрямків.
6. Уточнення напрямку, вздовж якого було здійснено розмиття.

Розробка даного алгоритму проходить з використанням коду ПЗ WayTracer, оскільки алгоритм, що розробляється, є елементом розширення його функціональності шляхом додавання та модифікації існуючих модулів, класів і методів.

#### **3.2.1 Отримання та підготовка зображення**

Для коректного порівняння графіків яскравості при використанні методу підрахунку локальних екстремумів для визначення величини розмиття необхідно дотримуватися пропорційності довжини аналізованих графіків.

Тому було запропоновано для аналізу, після отримання, зображення обрізати до пропорцій квадрата. Тоді при використанні напрямків, вибраних у другому розділі цієї роботи, досягається приблизна ідентичність довжини цих напрямів проти іншими виборами напрямів.

Після обрізання зображення, його формат кольору перетворюється з RGB в HSV. З кортежів, що описують отриманий колірний простір, беруться значення яскравості і шляхом множення їх на 100 призводять до розподілу на інтервалі [0, 100]. З отриманих зображень складається матриця яскравості.

Клас для зберігання оброблюваних зображень представлений на рис. 3.2.

```
TPixelData = class
public
    // Найбільші індекси пікселів по горизонталі та вертикалі
    edgeX, edgeY : integer;
    //масив пікселів (умовна гама)
    data : array of array of integer;
    //масив для зберігання матриці яскравості databright :
    array of array of integer;
    //отримання розмірів зображення по горизонталі
    function SizeX : integer;
    //отримання розмірів зображення по вертикалі
    function SizeY : integer;
    //Підготовка буфера для зберігання даних
    procedure PrepareData(const SizeX, SizeY : integer);
    //отримання масиву пікселів з TCanvas
    procedure GetData(const Src : TCanvas; const SrcRect : TRect);
    //отримання значень яскравості з кортежів HSV
    function GetDataBright (const Src : TCanvas; const SrcRect : TRect) ;
end;
```

Рисунок 3.2 – Клас для зберігання зображень, що обробляються

### 3.2.2 Рівняння прямих для аналізованих напрямів

Загальний вид рівняння прямої представлений як (3.1):

$$y = kx + b, \quad (3.1)$$

де  $k$  - кутовий коефіцієнт;  $b$  - параметр, що позначає величину відрізка, що відсікається прямою на осі  $Oy$ , рахуючи від початку координат [23].

При цьому, у цій формулі можна опустити значення параметра  $b$ , оскільки необхідно лише завдання нахилу прямої, яка будується із центру зображення.

Значення кутового коефіцієнта розраховується за формулою (3.2):

$$k = \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.2)$$

де  $\alpha$  – необхідний кут нахилу від осі  $Ox$  [23].

Приймаючи значення кутів 0, 30, 60, 90, 120 і 150 градусів відповідно до напрямів, вибраних у другому розділі, для обчислення рівнянь прямих, уздовж яких вони будуть побудовані, використовуються формули (3.3) – (3.7):

$$y^{0^\circ} = \operatorname{tg}0^\circ x = 0, \quad (3.3)$$

$$y^{30^\circ} = \operatorname{tg}30^\circ x = \frac{1}{\sqrt{3}}x, \quad (3.4)$$

$$y^{60^\circ} = \operatorname{tg}60^\circ x = \sqrt{3}x, \quad (3.5)$$

$$y^{120^\circ} = \operatorname{tg}120^\circ x = -\sqrt{3}x, \quad (3.6)$$

$$y^{150^\circ} = \operatorname{tg}150^\circ x = -\frac{1}{\sqrt{3}}x \quad (3.7)$$

Так як значення тангенса для угла в  $90^\circ$  немає, рівняння скласти

неможливо. Натомість для даного напрямку використовується вертикальна лінія у точці  $x = 0$ .

### 3.2.3 Переведення екранних координат в декартові

У програмі звернення до значень у матрицях відбувається за індексами, які відповідають так званій екранній СК. У цій СК, якщо застосувати її до аналізованого зображення, початок координат лежить у верхньому лівому кутку. Значення координат  $y$  (або  $i$ ) і  $x$  (або  $j$ ) зростають у напрямку вниз і праворуч відповідно. Усі значення координат є позитивними.

Однак формули, наведені в підпункті 3.2.2, використовують значення координат прямокутної або декартової СК. Прямокутна СК на площині утворюється двома взаємно перпендикулярними осями координат. Осі координат перетинаються в точці, яка називається початком координат, на кожній осі вибрано позитивний напрямок [24].

Тому для обчислення індексів елементів у прямокутній системі координат використовуються формули (3.8) і (3.9).

$$x_n = j - \frac{m}{2}, \quad (3.8)$$

$$y_n = -i + \frac{m}{2}, \quad (3.9)$$

де  $m$  - значення максимального індексу ширини/висоти квадратної матриці яскравості.

### 3.2.4 Обчислення величин розмиття

Після отримання графіків яскравості для заданих напрямів визначаються точки їх локальних екстремумів. Укрупнена блок-схема алгоритму, що вирішує

це завдання із використанням головного принципу алгоритму ковзного середнього, наведена на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму визначення екстремумів графіка яскравості

Після отримання списку відбувається обчислення величини розмиття засобами, описаними у підрозділі 2.4 цієї роботи. Як ваги значень для обчислення методом середнього зваженого було прийнято використовувати частоту значень, тому що даний параметр можна обчислити без експертної оцінки або аналізу людиною, внаслідок якого була б визначена ступінь впливу тих чи інших значень на результат.



### 3.2.5 Уточнення напрямку

Схема алгоритму уточнення власне напрямку розмиття через введення додаткових напрямів показана на рис. 3.4.

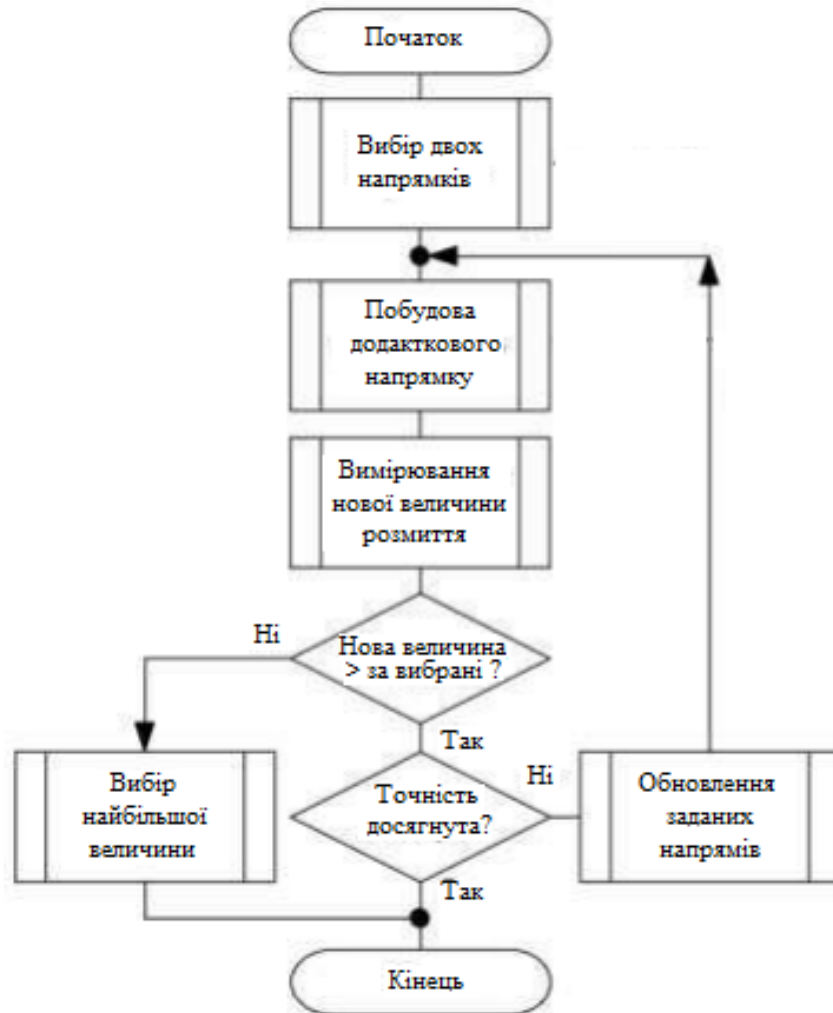


Рисунок 3.4 – Блок-схема пошуку напрямку розмиття шляхом запровадження додаткових напрямів для аналізу

Укрупнена блок-схема алгоритму уточнення напрямку розмиття шляхом обчислення наближеної функції до табличної функції залежності наявного ступеня розмиття від кута напрямків, що аналізуються, представлена на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму уточнення напрямку розмиття шляхом апроксимації

Здійснення апроксимації, як це було описано у підрозділі 2.5, відбувається шляхом обчислення інтерполяційного багаточлена Лагранжа.

Загальна формула інтерполяційного багаточлена Лагранжа виглядає так [25]:

$$L(x) = \sum_{i=0}^n y_i l_i(x) \quad (3.10)$$

Базисні поліноми при цьому визначаються таким чином:

$$l_i(x) = \prod_{j=0, j \neq i}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}$$

При цьому кожен базисний поліном має ступінь  $n$ , що дорівнює 1 при  $j = i$  і дорівнює 0 в інших випадках.

Оскільки для побудови графіка табличної функції залежності ступеня розмиття від кута використовуються шість точок (за кількістю заданих спочатку напрямів для аналізу), інтерполяційний многочлен є многочленом п'ятого ступеня, та його поліноми виглядатимуть так:

$$l_0(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} * \frac{x - x_2}{x_0 - x_2} * \frac{x - x_3}{x_0 - x_3} * \frac{x - x_4}{x_0 - x_4} * \frac{x - x_5}{x_0 - x_5},$$

$$l_1(x) = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} * \frac{x - x_2}{x_1 - x_2} * \frac{x - x_3}{x_1 - x_3} * \frac{x - x_4}{x_1 - x_4} * \frac{x - x_5}{x_1 - x_5},$$

$$l_2(x) = \frac{x - x_0}{x_2 - x_0} * \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} * \frac{x - x_3}{x_2 - x_3} * \frac{x - x_4}{x_2 - x_4} * \frac{x - x_5}{x_2 - x_5},$$

$$l_3(x) = \frac{x - x_0}{x_3 - x_0} * \frac{x - x_1}{x_3 - x_1} * \frac{x - x_2}{x_3 - x_2} * \frac{x - x_4}{x_3 - x_4} * \frac{x - x_5}{x_3 - x_5},$$

$$l_4(x) = \frac{x - x_0}{x_4 - x_0} * \frac{x - x_1}{x_4 - x_1} * \frac{x - x_2}{x_4 - x_2} * \frac{x - x_3}{x_4 - x_3} * \frac{x - x_5}{x_4 - x_5},$$

$$l_5(x) = \frac{x - x_0}{x_5 - x_0} * \frac{x - x_1}{x_5 - x_1} * \frac{x - x_2}{x_5 - x_2} * \frac{x - x_3}{x_5 - x_3} * \frac{x - x_4}{x_5 - x_4}$$

(3.11)

### 3.3 Блок-схема основного алгоритму

Укрупнена блок-схема роботи основного алгоритму, складена з урахуванням досліджень, наведених у розділі 2, наведено на рис. 3.6.

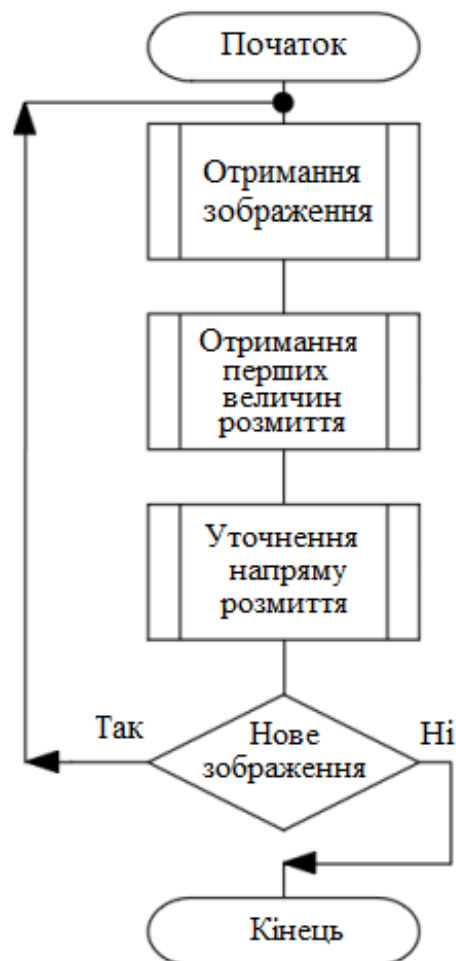


Рисунок 3.6 – Укрупнена блок-схема основного алгоритму

### 3.4 Результати дослідження

#### 3.4.1 Матеріали для аналізу

Було складено набір базових даних для тестування алгоритму, що складається з зображень різної роздільної здатності та з різними параметрами напрямку та ступеня розмиття. У цей набір увійшли як реальні розмиті

зображення, отримані в результаті зміщення камери під час зйомки, так і зображення з розмиттям змодельованим з різними параметрами. Частина даного набору представлена на рис. 3.7.

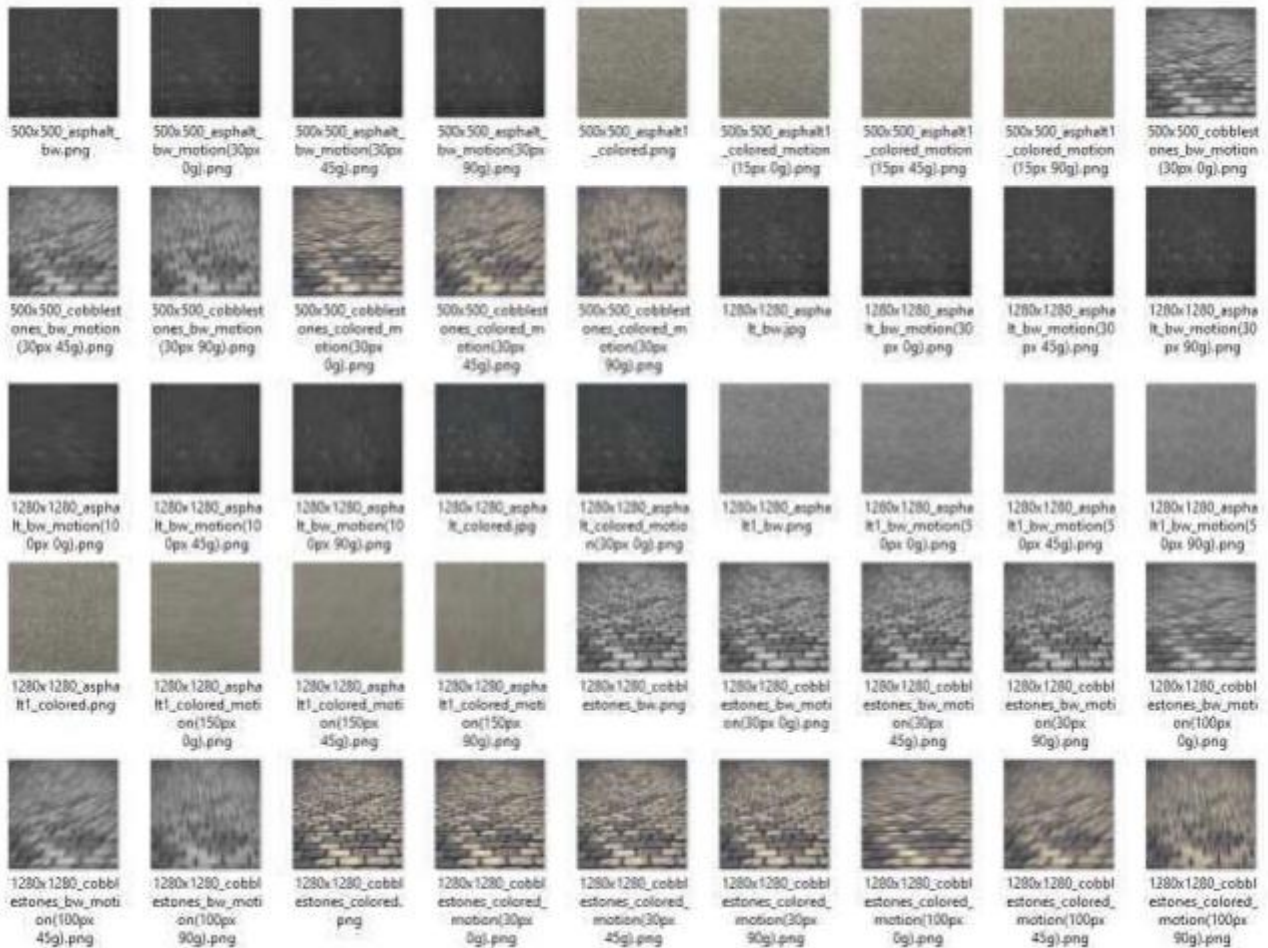


Рисунок 3.7 – Частина бази зображень з різними параметрами для тестування алгоритму

### 3.4.2 Оцінювані критерії та характеристики

Оцінка продуктивності алгоритму зіставлення зображень є основою для оцінки його переваг та недоліків. Через різні області, цілі досліджень і різні прикладні сценарії зіставлення зображень складно оцінити ефективність алгоритму з єдиним стандартом. Тому зазвичай використовуються різні метрики для всебічної їх оцінки. Найчастіше використовувані показники оцінки ефективності алгоритму - точність, помилкові спрацьовування та оцінка

відповідності [26].

Також поряд із метриками використовуються статистичні методи.

Так як в тестовому наборі даних є зображення з відомими і заданими напрямками розмиття, можливо визначити точність роботи алгоритму шляхом обчислення відношення обчисленого градуса напрямку розмиття зображення до заданого спочатку, вираженого у відсотках. Таким чином, для випадку, коли заданий кут менший від обчисленого, формула похибки визначення напрямку розмиття матиме такий вигляд:

$$Inaccuracy = \varphi_{обчислений} - \varphi_{заданий} \quad (3.12)$$

Однак значення, що отрималося, може бути меншим, ніж задане, для даного випадку формула буде наступною

$$Inaccuracy = \varphi_{заданий} - \varphi_{обчислений} \quad (3.13)$$

### **3.4.3 Вплив розміру вікна для визначення екстремумів графіків яскравості на роботу алгоритму**

Як було визначено у підрозділі 2.3, для обчислення чисельної величини розмиття необхідно визначити точки екстремумів графіків яскравості із застосуванням головного принципу алгоритму ковзного середнього.

Для цього алгоритму необхідно задати розмір вікна усереднення. Так як для аналізу можуть використовуватися зображення з різною роздільною здатністю, розмір вікна усереднення для пропорційності значення задається у вигляді відсотка від роздільної здатності зображення.

Для аналізу впливу розміру вікна усереднення для визначення екстремумів графіків яскравості на функціонування алгоритму було складено таблицю залежності кількості екстремумів від розміру вікна усереднення. Для

експерименту було взято зображення розміром 100×100 пікселів з напрямком розмиття 0°. Результати даного аналізу відображені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількість знайдених екстремумів залежно від розміру вікна усереднення

Кут напрямку для аналізу, °	Кількість знайдених екстремумів з вікном усереднення 1%	Кількість знайдених екстремумів з вікном усереднення 3%	Кількість знайдених екстремумів з вікном усереднення 5%
0	29	15	13
30	51	25	16
60	66	30	24
90	73	33	27
120	62	27	22
150	53	26	17

Видно, що зі збільшенням вікна усереднення кількість екстремумів для різних напрямків зменшується невідповідно. Ця картина виникає внаслідок того, що на одній тривалості графіка для різних напрямів аналізу (а, отже, і різного ступеня розмиття) спочатку міститься різний розподіл точок екстремуму. Для напрямку, що збігається з напрямом розмиття, кількість точок екстремуму може бути в кілька разів меншою, ніж для напрямку, яке йому перпендикулярно.

Результат згладжування графіків яскравості для напрямку, що збігається з напрямком розмиття, і перпендикулярного йому, отримані в ході пошуку екстремумів з використанням методу ковзного середнього, представлені на рис. 3. 8.

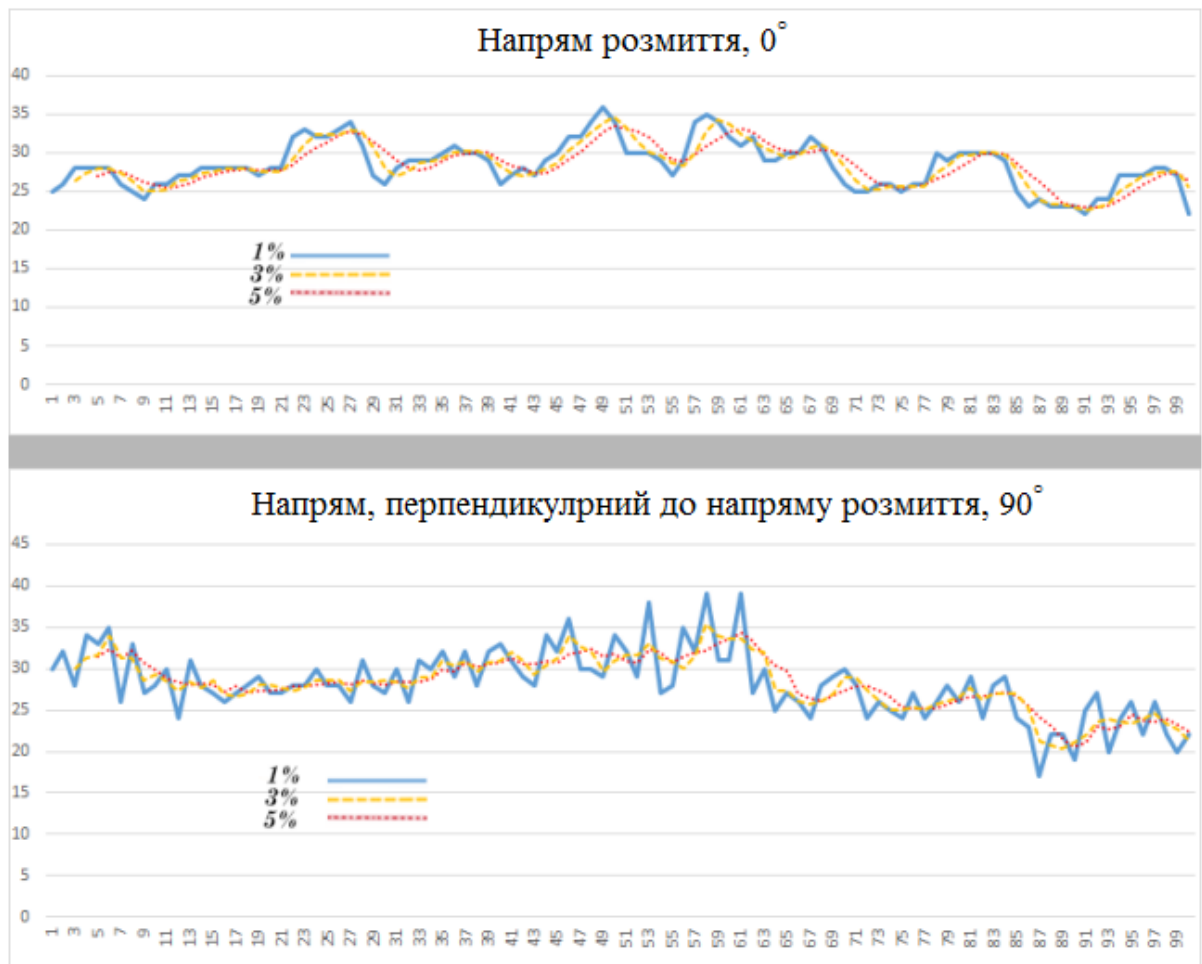


Рисунок 3.8 – Графіки яскравості, згладжені різною величиною ковзного середнього

Таким чином, вибір надміру великого вікна усереднення впливає на розрахунок величини розмиття. Вона стає менш вираженою, що може вплинути на визначення напрямку найбільшого розмиття, а, отже, і якість роботи алгоритму.

#### 3.4.4 Порівняння способів отримання чисельної величини ступеня розмиття

Для аналізу ефективності визначення чисельної величини розмиття різними способами вони були розраховані для двох напрямів - уздовж відомого напрямку розмиття (в даному випадку це 0°) і перпендикулярно йому (90° відповідно). Значення відстаней між точками екстремумів вимірювалися в



пікселях.

Найбільш малі значення відстаней мають найменший вплив на результат внаслідок того, що вони можуть бути викликані цифровим шумом. Тому як значення ваги для обчислення середнього арифметичного зваженого були використані порядкові номери величини відстані. Так, наприклад, для значень масиву [1, 4, 7, 5] ваги розподілилися б таким чином: [1, 2, 4, 3].

Дані значення були пораховані для набору зображень зі сформованої тестової бази зображень однакового розміру з однаковими параметрами розмиття, після чого дані розрахованих величин були занесені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця величин розмиття, отриманих у різний спосіб

Номер спроби	Кількість екстремумів		Середнє арифметичне		Середнє геометричне		Середнє арифметичне зважене	
	для 0°	для 90°	для 0°	для 90°	для 0°	для 90°	для 0°	для 90°
1	30	66	3,56	1,5	3,02	1,36	4,54	1,83
2	28	56	3,64	1,82	2,67	1,59	5,65	2,43
3	18	58	5,88	1,77	4,61	1,54	8,03	2,38
4	33	54	3,09	1,9	2,34	1,62	4,87	2,58
5	36	51	2,86	1,98	2,24	1,71	4,74	2,86

На основі даних табл. 3.2 був розрахований коефіцієнт того, наскільки виражено той чи інший спосіб обчислення середнього показує різницю між найбільшим та найменшим значеннями розмиття. Результати даних розрахунків наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнти різниці між найбільшими та найменшими величинами розмиття

Номер спроби	Коеф. для кіль-ті екстремумів	Коеф. для середнього арифметичного	Коеф. для середнього геометричного	Коеф. для середнього арифметичного
1	2,20	2,37	2,22	2,48
2	2,00	2,00	1,68	2,33
3	3,22	3,32	2,99	3,37
4	1,64	1,63	1,44	1,89
5	1,42	1,44	1,31	1,66

Як бачимо, середнє арифметичне зважене дає найбільшу величину коефіцієнтів, отже, показує найбільш виражену різницю між значеннями величини розмиття у парі значень найяскравіше.

Отже, для визначення чисельної величини розмиття рекомендовано використовувати саме середнє арифметичне зважене відстаней між екстремумами графіків яскравості.

### **3.4.5 Порівняння способів уточнення напрямку**

У розділі 2.6 було запропоновано два способи уточнення напрямку розмиття після аналізу тих напрямів, що заздалегідь задані.

Для порівняння точності цих способів було проаналізовано деякий набір даних з використанням алгоритму, що розробляється. У цей набір були включені зображення з різними заданими напрямками розмиття.

Результати даного аналізу відображені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Порівняння результатів, отриманих у різний спосіб уточнення напрямку

Номер спроби	Результати, отримані					
	Заданий напрямок розмиття, °	методом прямого пошуку			апроксимацією	
		Напрямок, °	Похибка результату, °	Кількість додаткових напрямків	Напрямок, °	Похибка результату, °
1	45	45	0	2	46,7	1,7
2	64	67,5	3,5	3	65,97	1,97
3	135	135	0	2	132,86	2,14
4	17	18,75	1,75	4	18,9	1,9
5	127	127,5	0,5	2	125,38	1,62

Як видно, обидва запропоновані методи дають приблизно схожі результати. Однак для способу прямого пошуку відповідного напрямку з введенням додаткових пов'язано збільшення складності розрахунків, так як для кожного доданого напрямку необхідно будувати графіки яскравості і щоразу заново аналізувати їх для даного напрямку. Чим точніше потрібний результат, тим більше необхідно проаналізувати додаткових напрямів – до досягнення заданої точності. Виходячи з цього, для приблизного виявлення напрямку доцільніше використовуватиме спосіб обчислення уточненого напрямку за допомогою саме інтерполяційного багаточлена Лагранжа. Для більш точного, але обчислювально-затратного визначення напрямку можна використовувати пошук.

### **3.4.6 Аналіз точності функціонування алгоритму за різних параметрів розмиття**

Для демонстрації роботи розробленого алгоритму було поставлено завдання визначення напрямку зображення на тестовому наборі даних,

визначених у підрозділі 3.4.1.

Вибраний датасет є набором, сформованим з версіями одного зображення з різною відомою величиною розмиття в пікселях, що відповідає руху камери з різною швидкістю або зйомці з різною витримкою/частотою запису кадрів для фото і відео відповідно. Для даних зображень були пораховані коефіцієнти, які показують різницю між максимальним і мінімальним значенням розмиття вздовж двох напрямків – що збігається із заданим та перпендикулярним йому.

Порівняння результатів, отриманих для такого набору даних, наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати роботи алгоритму за різних параметрів розмиття

Номер спроби	Розмір розмиття заданий, px	Коефіцієнт різниці величин розмиття для протилежних напрямків
1	30	2,48
2	50	3,23
3	100	6,84
4	200	22,72
5	300	28,9

Як видно, зі зростанням відомого розмиття на зображенні коефіцієнти різниці між величинами розмиття для протилежних напрямків лише зростають. Отже, збільшення розмиття на зображенні призводить до збільшення точності роботи алгоритму.

### **3.4.7 Результати роботи алгоритму**

Для демонстрації роботи розробленого алгоритму було поставлено завдання визначення напрямку зміщення зображення на тестовому наборі даних, визначених у підрозділі 3.4.1.

Результати обробки вибраних зображень наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати роботи алгоритму

Номер спроби	Роздільна здатність зображення, рх	Розмір розмиття заданий, рх	Визначена чисельна величина розмиття	Напрямок розмиття, °
1	100	30	6,46	0
2	100	10	3,42	46,78
3	500	30	5,86	90
4	500	100	7,92	127,91
5	100	50	8,53	78,07

### 3.4.8 Недоліки алгоритму

Різні фізичні перешкоди кадру, такі як бруд на об'єктиві можуть призвести до некоректної роботи алгоритму. Так як області, на яких не міститься розмиття, будуть аналізуватись нарівні з нормальними областями, беручи участь у побудові графіків яскравість. Завдання поліпшення стійкості алгоритму перед перешкодами у кадрі, як та його визначення, є можливим напрямом для досліджень з цієї теми.

Також запропонований алгоритм дозволяє знайти кут напрямку, але при цьому отриманий напрям розмиття є двоспрямованим - тобто неможливо визначити в яку саме сторону з двох можливих за знайденим напрямом відбувається зміщення зображення. Однак у сукупності з алгоритмом, що використовується у ПЗ WayTracer, можна отримати однозначне вирішення цього питання. При цьому розроблений алгоритм дозволяє аналізувати зображення в таких випадках, коли основний алгоритм WayTracer починає видавати некоректні результати внаслідок занадто великої розмитості.

### 3.4.9 Перспективи розвитку

Розроблений алгоритм є доповненням та розширенням функціоналу

алгоритму ПЗ WayTracer. Подальші перспективи полягають у розвитку цього ПЗ з додаванням нових функцій та методів додаткової обробки цифрових зображень. Так, наприклад, один із можливих напрямів для розвитку - визначення придатності зображення для аналізу шляхом обчислення його ентропії, яка показує, наскільки зображення хаотично. Якщо інформація в кадрі є недостатньо різноманітною, алгоритм порівняння регіонів, представлений у WayTracer, а також запропонований алгоритм визначення напрямку розмиття може давати недостатньо достовірні результати.

Ще одним варіантом для подальшого вдосконалення алгоритму та дослідження на цю тему є оптимізація роботи алгоритму для можливості обробки відео в режимі реального часу. Це завдання вимагає досліджень у галузі спеціальних методів програмування з використанням спеціалізованих апаратних блоків процесорів та відеокарт.

### **3.5 Висновки до третього розділу**

У цьому розділі було описано інструменти розробки програмного продукту, обрані реалізації запропонованого алгоритму. Також було наведено опис ПЗ WayTracer, що реалізує запропонований раніше диспаратний алгоритм обробки зображень. Дане ПЗ є основою для алгоритму, що розробляється, який, у свою чергу, є розширенням функціональності даного програмного проекту.

Було розроблено загальний алгоритм, що реалізує визначення напрямку найбільшого розмиття на зображенні, внаслідок чого робиться висновок про спрямування зміщення зображення в кадрі. А також наведено опис модулів алгоритму, що реалізують функції розрахунку ступеня розмиття для аналізованих напрямів та отримання підсумкового напрямку найбільшого розмиття.

Також проаналізовано результати отримання величини розмиття різними способами - шляхом обчислення середнього арифметичного, геометричного чи

арифметичного зваженого відстаней між точками екстремумів графіків яскравості аналізованих напрямів на зображенні. В результаті для використання був рекомендований спосіб отримання величини розмиття за допомогою арифметичного середнього зваженого.

Крім того, було розглянуто та проаналізовано способи уточнення напрямку розмиття. Було проведено аналіз точності роботи алгоритму за різного ступеня відомого розмиття, в результаті якого було встановлено, що великі швидкості руху камери і низька частота зйомки кадрів, внаслідок яких виникає збільшення розмиття, не тільки не є перешкодою для роботи алгоритму, але й навпаки допомагають уточнити його роботу шляхом отримання яскравіше виражених величин розмиття. Крім того, цей факт дозволяє здешевити вартість необхідної фотоапаратури, так як не потрібні камери з досить просунутими характеристиками, які дозволяли б вести запис з великою частотою кадрів.

Для демонстрації працездатності концепції було наведено приклади та результати роботи розробленого алгоритму. Таким чином, можна зробити висновок, що в цьому розділі була підтверджена ефективність запропонованого методу експериментальним шляхом.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Режими праці і відпочинку при роботі з ЕОМ

Нервово-емоційне напруження, втома очей, гіподинамія, підвищене навантаження на кисті верхніх кінцівок та хребет – усе це негативний вплив на організм людини при роботі з комп'ютером.

В даному випадку для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку [27].

Основним нормативно-правовим документом, який регламентує всі питання, пов'язані із охороною праці, в т.ч. і при роботі з ЕОМ, є [28].

Вимоги при роботі з ЕОМ визначають Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин - ДСанПІН 3.3.2.007-98.

Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі стомлення і зниження працездатності.

При виконанні робіт, що належать до різних видів трудової діяльності, за основну роботу з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) слід вважати таку, що займає не менше 50% робочого часу. Впродовж робочої зміни мають передбачатися:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, організації чи установи. Як правило, тривалість такої перерви становить 40 – 60 хвилин.



Тривалість та кількість інших внутрішньозмінних регламентованих перерв залежить від характеру трудової діяльності, напруженості і важності праці і визначається диференційовано для кожної професії.

За характером трудової діяльності розрізняють три професійні групи, згідно з діючим класифікатором професій [29]:

- розробники програм (інженери-програмісти) виконують роботу переважно з відеотерміналом та документацією при необхідності інтенсивного обміну інформацією з ЕОМ і високою частотою прийняття рішень;

- оператори ЕОМ виконують роботу, пов'язану з обліком інформації, одержаної з ВДТ за попереднім запитом, або тієї, що надходить з нього;

- оператор комп'ютерного набору виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю.

Правилами встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ при 8-годинній денній робочій зміні в залежності від характеру праці:

- для розробників програм із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за ВДТ;

- для операторів із застосуванням ЕОМ слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;

- для операторів комп'ютерного набору слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній

робочій зміні, а протягом останніх чотирьох годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожну годину тривалістю 15 хвилин. Необхідно зазначити, що перерви під час роботи не повинні бути строго визначені за часом, а необхідно передбачати певний творчий індивідуальний підхід.

Для запобігання втоми під час деяких перерв доцільно виконувати спеціальні вправи, які наведені у ДСанПН 3.3.2.007-98. Також ці санітарні правила визначають Відстань від екрана до ока фахівців, які працюють за комп'ютером.

Окрім ДНАОП та ДСанНіП, які регламентують вимоги безпеки та санітарно-гігієнічні вимоги до обладнання робочих місць користувачів ВДТ, є ще ціла низка нормативних актів загального призначення, які необхідно враховувати під час організації роботи користувачів ВДТ. Важливим нормативним актом є [30].

Гігієнічна класифікація праці необхідна для оцінки конкретних умов та характеру праці на робочих місцях. На основі такої оцінки приймаються рішення, спрямовані на запобігання або максимальне обмеження впливу несприятливих виробничих факторів.

#### **4.2 Вплив електромагнітного імпульсу ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту**

У воєнний час при застосуванні ядерної зброї проти України на електронно-обчислювальне обладнання в першу чергу буде впливати електромагнітний імпульс (ЕМІ) ядерного вибуху у вигляді короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну та електронну апаратуру. ЕМІ виникають в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання з атомами навколишнього середовища. На утворення ЕМІ йде невелика кількість ядерної енергії, але він здатен викликати високі імпульси струмів та напруг в кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в

антенах радіостанцій. Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами чи відкритими дротами, а також до порушень в обчислювальних пристроях. Вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних та електронних систем. Для найбільш важливих приладів треба використовувати засоби захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ [27].

Особливістю ЕМІ, як вражаючого фактору є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в оточуючому середовищі. Тому ЕМІ може вплинути своєю дією на об'єкти, там де вибухова хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація втрачають своє значення, як вражаючі фактори. При наземних та низьких повітряних вибухах в лініях зв'язку та електрозабезпечення виникають напруги, які можуть викликати пробій ізоляції провідників та кабелів відносно землі, пробій ізоляції елементів приладів підключених до повітряних і підземних ліній. Степінь враження залежить від наведеного імпульсу напруги чи струму і також електричної міцності обладнання.

Найбільш піддані впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління. Використані в цих системах кабелі та апаратура мають обмежену електричну міцність не більше 10кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси напруги від ЕМІ можуть перевищувати ці значення. Найбільш піддана впливу ЕМІ апаратура виконана на напівпровідниках та інтегральних схемах, працюючих на малих струмах і напругах, і значить відчутних до впливу зовнішніх електричних і магнітних кіл, в тому числі і елементи програмного засобу для управління процесом міграції віртуальних машин в обчислювальній хмарі. ЕМІ пробиває ізоляцію, спалює елементи електричних схем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, змінює або повністю стирає магнітний запис. Встановлено, що при дії ЕМІ на апаратуру найбільша напруга наводиться на вході. В транзисторах відбувається така залежність: чим більший коефіцієнт підсилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх міжконтактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. Найбільшу небезпеку ЕМІ представляє для апаратури, яка встановлена в особливо міцних спорудах, які витримують великі тиски ударної хвилі. В цих спорудах апаратура не виходить з ладу від механічних пошкоджень, але ЕМІ може вивести з ладу всю незахищену апаратуру системи зв'язку, сигналізації і керування. Найбільших значень досягають напруги, які наводяться між кабелем і землею. Напруженість електромагнітного поля всередині споруди в деяких випадках недостатня для того, щоб вивести з ладу апаратуру, але такі поля в змозі викликати короткочасний збій роботи радіотехнічних пристроїв.

Розглянемо можливі шляхи рішення задачі захисту від ЕМІ. Ідеальним захистом від ЕМІ виявилось б повне укриття приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура, металевим екраном [31]. Водночас зрозуміло, що практично забезпечити такий захист у ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями. Тому використовуються менш надійні засоби захисту, такі, як струмопровідні сітки, або плівкові покриття для вікон, щільникові металеві конструкції для повітрезабірників і вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, розміщені по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою рахується захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різноманітні кабельні входи. Радикальним рішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не схильних до впливу ЕМІ волоконно-оптичних. Проте заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можлива тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час в якості засобів захисту кабельних входів найбільш широко використовуються фільтри, у тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металлоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди [31].

Всі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри достатньо ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники мають значну інерційність й в основному придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшивці літака, кожусі апаратури й оплетенні кабеля.

Металоокисні варистори є напівпровідниковими приладами, що різко підвищують свою провідність при високій нарузі. Проте, при застосуванні цих приладів у якості засобів захисту від ЕМІ варто враховувати їх недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількаразовому впливі навантажень. Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких заснована на різкій лавиноподібній зміні опору від високого значення практично до нуля, при перевищенні прикладеної до них напруги граничного розміру. Крім того на відміну від варисторів характеристики зенеровських діодів після багатократних впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних входів є створення таких роз'ємів у конструкції яких передбачені спеціальні заходи, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне рішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження малогабаритних характеристик пристрою захисту. Складність рішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цього засобів і методів змушують піти по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику протяжність, керування і зв'язку. Проте основним методом вирішення

проблеми спеціалісти вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку [27].

### **4.3 Висновки до четвертого розділу**

В цьому розділі розглянуто важливі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, зокрема описані вимоги до режимів праці і відпочинку при роботі з ЕОМ, а також вплив ЕМІ ядерного вибуху на елементи виробництва та заходи захисту.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було проведено дослідження різних видів розмиття зображення та їх вплив на аналіз зображень, на основі чого було запропоновано використання поняття ізотропності для розмиття зображень. На основі властивостей даного поняття було розроблено метод аналізу розмиття та отримання його чисельної величини та метод формулювання напрямку розмиття зображення. На основі даних методів була проведена розробка алгоритму, що визначає напрямок зміщення в кадрі і напрямок руху камери щодо області, що знімається. Для демонстрації працездатності концепції було складено базу зображень з різними параметрами і ступенем розмиття для подальшого тестування алгоритму, що розробляється.

Ефективність запропонованого методу та розробленого алгоритму підтверджена експериментальними дослідженнями.

Розроблений алгоритм має перспективи для розвитку у вигляді подальшої розробки його оптимізації, шляхом додавання нових способів аналізу зображень та обробки перешкод, які можуть заважати коректній роботі алгоритму.

Таким чином, можна зробити висновок, що всі поставлені завдання в рамках даної роботи були виконані в повному обсязі, і мета дослідження була досягнута.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
2. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. Boston: Prentice Hall, 2002. – 793 p.
3. Lamb F. What is machine vision, how-can-it-help? [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <https://www.controleng.com/articles/what-is-machine-vision-and-how-can-it-help/> (Дата звертання 14.11.2023).
4. Sieberth, Till & Wackrow, Rene & Chandler, Jim. (2016). Automatic detection of blurred images in UAV image sets. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. V.122, 2016. P.1-16.
5. Sieberth, Till & Wackrow, Rene & Chandler, Jim. (2016). Automatic detection of blurred images in UAV image sets. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. V.122, 2016. P.1-16.
6. O. van Zwanenberg, S. Triantaphillidou, R. Jenkin and A. Psarrou. Edge Detection Techniques for Quantifying Spatial Imaging System Performance and Image Quality. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2019, pp. 1871-1879.
7. Skrede O.J. Color images, color spaces and color image processing // University of Oslo. – 2017. – p. 95.
8. Smelyakov, K., Hvozdiev, M., Chupryna, A., Sandrkin, D., Martovytsky. Comparative efficiency analysis of gradational correction models of highly lighted image, V. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, pp. 703–708.
9. HSL та HSV [Електронний ресурс]: - Режим доступу: [https://hmn.wiki/uk/HSL\\_and\\_HSV#google\\_vignette/](https://hmn.wiki/uk/HSL_and_HSV#google_vignette/) (Дата звертання 16.11.2023).



10. RGB to HSV converter. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsv.html>. (дата звернення: 16.12.2023).
11. Intel® Integrated Performance Primitives Developer Reference, Volume 2: Image Processing // Image Processing. - №2.
12. Mohd Ali N., Md Rashid NKA, Mustafah YM Performance Comparison між RGB і HSV Color Segmentations для Road Signs Detection // Applied Mechanics and Materials [Електронний ресурс]. – Режим доступу: /АММ.393.550 (Дата звернення: 06.06.2021).
13. Bora DJ, Gupta AK, Khan FA Comparing the Performance of L\*A\*B\* and HSV // Color Spaces with Respect to Color Image Segmentation. – 2015. – № 2 (5).
14. Loktev D. Image blurring function as an informative criterion / Loktev A., Loktev D. // Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1258 AISC, 2021. – P. 173-183.
15. John Guild. The colorimetric properties of the spectrum // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. – . V 230. – pp. 149-187.
16. Hakanen J. Accelerating image processing pipeline on mobile devices using GPU 2014 : Master of Science Thesis ... Master's Degree Programme in Information Technology / Jesse Hakanen, 2014. – 60 p.
17. Варава В.А. Пошук локальних екстремумів на графіках яскравості // Інформаційні моделі, системи та технології: Праці XI наук.-техн. конф. - Тернопіль, 2023. С. 22.
18. Екстремум. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Екстремум> (дата звертання 22.11.2023).
19. Метод ковзного середнього [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://wiki.tntu.edu.ua/Метод\\_ковзного\\_середнього](https://wiki.tntu.edu.ua/Метод_ковзного_середнього) (дата звертання 22.11.2023).
20. Середні величини і показники варіації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://elearning.sumdu.edu.ua/free\\_content/lectured:358310700](https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:358310700)

eb8ebb95c49a6de7bd28ee9bd78ae3f/20170321104342/372797/index.html (дата звертання 22.11.2023).

21. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи : підручник / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с.

22. Прокопенко Ю. В. Обчислювальна математика: навч. посіб. / Ю. В. Прокопенко, Д. Д. Татарчук, В. А. Казміренко – К.: «Політехніка», 2013. – 224 с.

23. Пряма у просторі. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://matem.com.ua/tablepic/Priama\\_u\\_prostor%D1%96\\_2.pdf](https://matem.com.ua/tablepic/Priama_u_prostor%D1%96_2.pdf) (дата звертання 28.11.2023).

24. Декартові координати. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zno.academia.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=3176> (дата звертання 29.11.2023).

25. Інтерполяційний многочлен у формі Лагранжа. Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://stud.com.ua/180926/prirodoznavstvo/interpolyatsiyniy\\_mnogochlen\\_formi\\_lagranzha](https://stud.com.ua/180926/prirodoznavstvo/interpolyatsiyniy_mnogochlen_formi_lagranzha) (дата звертання 29.11.2023).

26. Luo C. Overview of Image Matching Based on ORB Algorithm / Journal of Physics: Conference Series. – 2019.

27. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Навчальний посібник. К.: «Основа». 2016. 267 с.

28. Закон України «Про охорону праці». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> - (дата звертання 06.12.2021).

29. Класифікатор професій ДК 003:2010/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10> - (дата звертання 07.12.2021).

30. Гігієнічна класифікація умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. – К.: МОЗ України, 1998. – 34 с.

31. Сакевич В.Ф., Поліщук О.В. Цивільна оборона. Теоретичні основи. Навчальний посібник. — Вінниця : ВНТУ, — 2009. — 136 с.

# ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А**  
**Тези конференції**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТЕРНОПЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

**МАТЕРІАЛИ**

**ХІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,**  
**СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



**13-14 грудня 2023 року**

**ТЕРНОПЛЬ**  
**2023**

<b>Ю. Аноста, Р. Трешча, М. Яворська</b> ВІМІРОВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОФІЛЮ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СУПУТНИКОВИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ <b>J. Anosta, R. Trzebacz, M. Javorosa</b> MEASURING SYSTEM FOR CONTROLLING THE PROFILE OF LARGE SATELLITE ANTENNA SYSTEMS	14
<b>Іван І.В., Коваль А.А.</b> ВІЯВЛЕННЯ КІБЕРАТАК В «РОЗУМНОМУ МІСТІ» НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <b>I. Ivan, A. Koval</b> DETECTING CYBERATTACKS IN A SMART CITY BASED ON MACHINE LEARNING	16
<b>В.В. Баранніков</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ВІЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ <b>V.V. Barannikov</b> FEATURES OF ANOMALIES DETECTION TASK	17
<b>О.Везруков, Станіс Марія</b> ВІЯВЛЕННЯ ШАХРАЙСЬКИХ ТРАНЗАКЦІЙ З ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <b>O. Bezrukov, Stannyk Mariia</b> DETECTION OF FRAUD TRANSACTIONS USING MACHINE LEARNING METHODS	18
<b>Богатирчук І.П., Дрозд І.О., Патей Я.В., Яблонський Д.С.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ <b>I. Bohatyrchuk, I. Drozd, Patey Ya., D. Yablonskiy</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF MEDICAL DATA PRESENTATION	19
<b>Марія Богарынська</b> ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ RUBY В КОНТЕКСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <b>Mariia Boharyntseva</b> OVERVIEW OF RUBY CAPABILITIES IN THE CONTEXT OF BUILDING SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE	20
<b>Василь Валютський; Богдана Милько</b> МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ <b>Vasyl Valytskyi; Bogdana Mylnko</b> METHODS AND MODELS OF BIOMEDICAL SIGNAL SPECTRUM ANALYSIS	21
<b>В.А. Варана</b> ПОШУК ЛОКАЛЬНИХ ЕКСТРЕМУМІВ НА ГРАФІКАХ ЯСКРАВОСТІ <b>V.A. Varava</b> SEARCH OF LOCAL EXTREMUM ON BRIGHTNESS GRAPHS	22
<b>А.О. Вельзон, М.В. Дина, М.П. Доловський, І.С. Завіша</b> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАЛИВНИМИ ЄМНОСТЯМИ <b>A. O. Velhon, M. V. Dynia, M. P. Dolinskyi, I. S. Zavisha</b> AUTOMATED FUEL TANK MANAGEMENT SYSTEM	23
<b>Р.Р. Вербіньскій, О.П. Кузьмич, Я.В. Лытвиненко</b> МЕТОДИ ОБРАБОТКИ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ <b>R.R. Verbinskiy, O.P. Kuzmich, Ya.V. Lytvynenko</b> METHODS OF PROCESSING BIOMEDICAL SIGNALS IN THE PROBLEMS OF TELEMEDIC	25
<b>Верещ В.І., Матчук О.М., Обінук Д.А.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРОВОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАТИСТИК БІОСИГНАЛІВ <b>V.Vereshch, O. Matychuk, D. Obiunyk</b> APPLICATION OF FILTER METHOD FOR EVALUATION OF BIOSIGNAL STATISTICS	26

## ПОШУК ЛОКАЛЬНИХ ЕКСТРЕМУМІВ НА ГРАФІКАХ ЯСКРАВОСТІ

V.A.Varava

## SEARCH OF LOCAL EXTREMUM ON BRIGHTNESS GRAPHS

Для можливості порівняння графіків яскравості необхідно введення чисельного параметра, що характеризує ступінь їх плавності. Була запропонована гіпотеза про те, що для вирішення цього завдання може бути корисним аналіз графіків яскравості щодо локальних екстремумів.

Графіки яскравості будуються із значень яскравості пікселів вздовж вимірюваних напрямів, тобто є табличними функціями, а не заданими аналітично. Отже, пошук екстремумів таких функцій шляхом аналізу похідної функції у цьому випадку не підходить [1]. Необхідно використовувати перебір значень. Однак простий перебір шляхом позначки точок екстремуму у всіх місцях на графіці, де його зростання змінюється зменшенням (і навпаки) також не підходить внаслідок наявності на зображеннях цифрового шуму, здатного створити перешкоди для даного методу у вигляді хибних точок екстремуму.

Відповідний спосіб - алгоритм ковзного середнього, що знаходить широке застосування в обробці графіків сигналів та статистики. Головний принцип алгоритму полягає в тому, що на кожному кроці - тобто для кожного значення - береться сума заданої кількості значень, яка визначається величиною вікна, і ділиться на величину цього вікна. Таким чином досягається усереднення поточного значення разом із заданим величиною вікна числом значень. Змінюючи величину вікна усереднення, можна отримати більшу чи меншу міру згладжування, для чого зазначай даний алгоритм і використовується [2]. Однак основний принцип цього алгоритму може бути корисним для визначення локальних екстремумів. Усереднюючи значення яскравості пікселів у певному діапазоні, можна уникнути визначення помилкових екстремумів через те, що через шум на зображенні значення яскравості можуть в деяких місцях змінюватися недостатньо однорідно, внаслідок чого лінія графіка може зростати і зменшуватися з перешкодами, що не відповідає загальній картині зміни рівня яскравості зображення.

Після визначення точок локальних екстремумів графіків яскравості необхідно визначити метод отримання міри плавності, на основі якої можна було б порівнювати графіки, побудовані за різними напрямками.

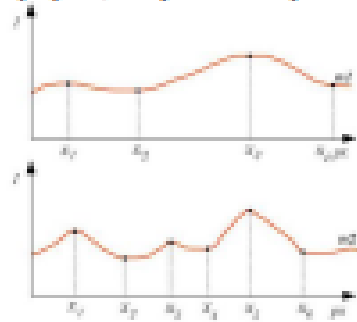


Рисунок 1 – Порівняння графіків яскравості різного ступеня розмиття

Розглянемо два графіки яскравості, створені для демонстрації різного рівня розмиття зображення (рис. 1). На цьому малюнку графік *a1* побудований за напрямом гіпотетичного зображення, вздовж якого відбувається найбільш плавна зміна рівня яскравості. Графік *a2* демонструє менш плавну зміну рівня яскравості порівняно з першим графіком.

На наведених графіках зазначено певні точки локальних екстремумів. Як видно з рис. 1, кількість точок екстремумів для графіка *a1* перевищує кількість точок екстремумів для такої ж тривалості на графіці *a2*. З чого можна зробити припущення, що дані про екстремуми графіків пов'язані зі ступенем плавності графіків.

Для переведення даних про екстремуми в чисельну форму можна скористатися декількома способами - використовувати просто загальну кількість екстремумів протягом графіка або використовувати середню відстань між точками екстремумів. Саме середнє також може бути кількох видів, найбільш часто застосовуються з яких - арифметичне, геометричне та арифметичне середнє зважене.

**Література**

1. Екстремум. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Екстремум> (дата звертання 22.11.2023).