

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва кафедри)

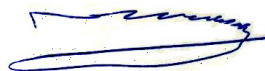
«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК 004.738.5.057

Завідувач кафедри

С. А. Найда



(ініціали, прізвище)

“ 16” грудня 2021р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 Електроніка
(код і назва спеціальності)

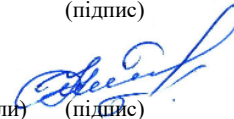
на тему: Особливості використання кольорової корекції для мультимедійного контенту

Виконав: студент II курсу, групи ДВ-01мп
(шифр групи)

Ірина ФАРАОН
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Науковий керівник доц. к.т.н., Наталія ФІЛІПОВА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. каф. ЕПС, к.т.н., доц. Катерина КЛЕН
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут/факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою
Електронні системи мультимедіа та засоби Інтернету речей

Спеціальність (спеціалізація) 171 Електроніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Сергій НАЙДА
ім'я, прізвище

« 1 » _____ вересня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
ФАРАОН Ірина
(прізвище, ім'я)

1. Тема дисертації «Особливості використання кольорової корекції для мультимедійного контенту»,

науковий керівник дисертації доц., к.т.н. Наталія ФІЛІПОВА
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2021 р. № 3666-с

2. Строк подання студентом дисертації 05.12.2021р.

3. Об'єкт дослідження: мультимедійний контент, а саме зображення та відео.

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): контраст та яскравість мультимедійного контенту.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Проаналізувати теоретичні засади цифрової обробки зображень, розглянути існуючі методи колірної корекції, провести огляд застосування корекції кольору, дослідити та описати методи покращення контрасту зображення, провести дослідження реалізації алгоритмів вирівнювання гістограми в програмному середовищі MATLAB шляхом застосування приведених методів, дослідити метод з'єднання декількох експозицій для покращення

зображення при слабкому освітленні, розробити метод злиття зображень на основі контрасту і яскравості для кольорової корекції відеоконтенту.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 37 рис, 24 табл., 1 презентація 10 слайдів.

7. Орієнтовний перелік публікацій 1) Науковий погляд у майбутнє // Міжнародне періодичне наукове видання «Особливості створення візуальних ефектів для цифрового кіно», 2021 р., - С.34

8. Дата видачі завдання 10. 09. 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Написання першого розділу: Основи кольору	26.09.2021 р.	Виконано
2	Дослідження існуючих методів. Написання другого розділу: Покращення контрасту	24.10.2021 р.	Виконано
3	Написання третього розділу: Глобальний метод посилення контрасту зі збереженням природності та тимчасове підвищення контрастності	09.11.2021 р.	Виконано
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	30.11.2021 р.	Виконано
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	06.12.2021 р.	Виконано

Студент

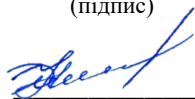


(підпис)

Ірина ФАРАОН

(прізвище, ім'я)

Науковий керівник дисертації



(підпис)

Наталія ФІЛПОВА

(прізвище, ім'я)

РЕФЕРАТ

Фараон І.В. Особливості використання кольорової корекції для мультимедійного контенту: магістерська дис.: 171 Електроніка. Фараон Ірина Володимирівна. – Київ, 2021. – 102 с.

Ключові слова: збереження природності, корекція кольору, зменшення мерехтіння, передача кольору, посилення контрасту, консистенція кольору, специфікація гістограми, варіаційна модель, злиття зображень, покращення зображення.

Актуальність теми. Корекція кольору є однією з найважливіших і найскладніших методик у дослідженнях обробки зображень і споживчих системах кольорових зображень. Оскільки цей вид методу здатний покращити візуальну якість кольорових зображень, в останні десятиліття йому приділено значну увагу. Він широко застосовувався як в академічних дослідницьких проектах, так і в промислових продуктах. Колірна корекція дозволяє швидко сприймати кольорові зображення і виділяти особливості в мультимедійному контенті. На сьогоднішній день види методів корекції кольору, які застосовуються в графічних редакторах є недосконалими та потребують доопрацювання. У зв'язку з чим є необхідність подальшого удосконалення методів кольорової корекції для мультимедійного контенту.

Мета та задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка методів колірної корекції природних зображень і розробка алгоритмів підвищення контрастності для природних зображень і відео.

Вирішення поставлених завдань та досягнуті результати. В результаті виконання роботи запропоновано покращити структуру зображення, використовуючи статистичну міру природності, а також гістограму Гауса для досягнення завдання збереження природності. Дослідження показали, що визначення суми ваги вихідної гістограми, однорідної гістограми та гістограми у

формі Гауса як оптимальної цільової гистограми для посилення контрасту дають більші значення показників оцінок якості зображення (PSNR і SSIM), а використання міри структури та міри статистичної природності є одним із шляхів покращення зображення за визначенням оптимальних параметрів. Запропонований метод розглядає компроміс між посиленням контрасту та збереженням природності

Розроблено метод злиття зображень на основі контрасту і яскравості для кольорової корекції відеоконтенту. Експерименти демонструють, що запропонований метод перевершує інші методи покращення з точки зору візуальних порівнянь предметів, об'єктивних оцінок та проблеми мерехтіння. Запропонований метод розроблено на основі алгоритму, який базується на модифікації гистограми та структурі злиття, оскільки лише зміна гистограми може призвести до неприродних результатів

Об'єкт дослідження: мультимедійний контент, а саме зображення та відео.

Предмет дослідження: контраст та яскравість мультимедійного контенту.

Методи дослідження. Для вирішення проблеми в даній роботі використовуються методи аналізу, синтезу, системного аналізу, математичної статистики, порівняння та логічного узагальнення результатів.

Наукова новизна полягає у аналізі та удосконаленні методів контрасту і яскравості для кольорової корекції відео контенту. Розроблено метод злиття зображень на основі контрасту і яскравості для кольорової корекції відео контенту. Проведено дослідження реалізації алгоритмів вирівнювання гистограми в програмному середовищі MATLAB шляхом застосування існуючих методів, а також запропоновано покращити структуру зображення, використовуючи статистичну міру природності, а також гистограму Гауса для досягнення завдання збереження природності.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений метод перевершує інші методи покращення з точки зору візуальних порівнянь предметів, об'єктивних оцінок та проблеми мерехтіння. У майбутньому удосконалити додаткові

функції та вбудувати в графічний редактор у вигляді простої кнопки з можливістю ручного коригування.

ABSTRACT

Faraon IV Features of the use of color correction for multimedia content: Master's thesis .: 171 Electronics. Faraon Iryna Volodymyrivna. - Kyiv, 2021. - 100 p.

Keywords: preserve naturalness, color correction, reduce flicker, transfer color, enhance contrast, color consistency, histogram specification, variation model, image merging, image enhancement.

Actuality of theme. Color correction is one of the most important and complex techniques in image processing research and consumer color image systems. As this type of method is able to improve the visual quality of color images, in recent decades it has received considerable attention. It has been widely used in both academic research projects and industrial products. Color correction allows you to quickly perceive color images and highlight features in multimedia content. To date, the types of color correction methods used in graphic editors are imperfect and need to be refined. Therefore, there is a need to further improve color correction techniques for multimedia content.

The purpose and objectives of the study. The aim of this work is to develop methods of color correction of natural images and the development of algorithms to increase contrast for natural images and videos.

Solving the set tasks and achieved results. As a result of the work, it is proposed to improve the image structure using a statistical measure of naturalness, as well as a Gaussian histogram to achieve the task of preserving naturalness. Studies have shown that determining the sum of the weights of the original histogram, homogeneous histogram and Gaussian histogram as the optimal target histogram for contrast enhancement gives higher values of image quality estimates (PSNR and SSIM), and the use of structure and statistical naturalness is one way to improve image by determining the optimal parameters. The

proposed method considers a compromise between enhancing contrast and preserving naturalness

A method of merging images based on contrast and brightness for color correction of video content has been developed. Experiments show that the proposed method is superior to other methods of improvement in terms of visual comparisons of objects, objective assessments and the problem of flicker. The proposed method is based on an algorithm based on the modification of the histogram and the structure of the merger, as only a change in the histogram can lead to unnatural results

Object of research: multimedia content, namely images and videos.

Subject of research: contrast and brightness of multimedia content.

Research methods. To solve the problem, this paper uses methods of analysis, synthesis, systems analysis, mathematical statistics, comparison and logical generalization of results.

Scientific novelty is the analysis and improvement of methods of contrast and brightness for color correction of video content. A method of merging images based on contrast and brightness for color correction of video content has been developed. A study of the implementation of histogram alignment algorithms in the MATLAB software environment using existing methods, and proposed to improve the image structure using a statistical measure of naturalness, as well as a Gaussian histogram to achieve the task of preserving naturalness.

The practical significance of the results obtained. The developed method surpasses other methods of improvement in terms of visual comparisons of objects, objective assessments and the problem of flicker.

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	11
1 КОРЕКЦІЯ КОЛЬОРУ	13
1.1 Основи кольору	13
1.1.1 Візуальна система людини.....	14
1.1.2 Кольоровий простір RGB.....	15
1.1.3 Колірний простір HSV.....	17
1.1.4 Освітлювач.....	18
1.1.5 Колірна особливість.....	19
1.1.6 Корекція кольору	20
1.1.7 Баланс білого	21
1.1.8 Збіг гістограми	22
1.2 Методи колірної корекції	23
1.2.1 Методи на основі геометрії.....	23
1.2.2 Методи, засновані на статистиці	25
1.2.3 Методи, керовані користувачем	26
1.3 Застосування корекції кольору	29
1.3.1 Фотографія.....	29
1.3.2 Зшивання зображення	30
Висновки до розділу 1	31
2.1 Методи посилення контрасту	32
2.1.1 Методи на основі гістограми	33
2.1.2 Методи на основі сітківки.....	37
2.2 Застосування посилення контрасту.....	40
Висновки за розділом 2	43

3 ГЛОБАЛЬНИЙ МЕТОД ПОСИЛЕННЯ КОНТРАСТУ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ПРИРОДНОСТІ ТА ТИМЧАСОВЕ ПІДВИЩЕННЯ КОНТРАСТНОСТІ	45
3.1. Метод контрастного посилення збереження природності	45
3.2 Реалізація алгоритмів вирівнювання гістограми в програмному середовищі MATLAB	48
3.2.1 Критерії ефективності алгоритму	49
3.4 Підвищення контрастності відео	54
3.4.1 Покращення зображення на основі гістограми.....	55
3.4.2 Покращення зображення на основі об'єднання зображень.....	56
3.4.3 Поліпшення тимчасової узгодженості відео	57
3.5 Пропонований метод	59
3.5.1 Адаптивне покращення глобального контрасту з тимчасовою стійкістю....	61
3.5.2 Адаптивне покращення локального контрасту	62
3.5.3 Злиття на основі контрастності і яскравості	63
3.6 Поєднання методу адаптивного покращення локального контрасту та злиття експозиції на основі контрастності і яскравості	64
3.6.1 Суб'єктивні порівняння	64
3.6.2 Об'єктивні порівняння	67
Висновки до розділу 3	69
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	71
4.1 Загальні відомості	71
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	73
4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту	80
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	83
Висновки до розділу 4	86
ВИСНОВКИ.....	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	89
ДОДАТОК А.....	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

HVS – Зорова система людини

CIE – Стандартні освітлювачі

SIFT – Масштабно-інваріантне перетворення ознак

SURF – Прискорена надійна функція

RANSAC – Погоджені випадкові вибірки

PSNR – Пікове відношення сигнал/шум

SSIM – Індекс структурної схожості

CLAHE – традиційний алгоритм покращення на основі локальної гистограми

MP – Магнітно-резонансні зображення

ВСТУП

Протягом останніх 60 років академічні дослідники вивчали цифрову обробку зображень. Проте більшість цих робіт зосереджена на обробці зображень у відтінках сірого, перш ніж винайти пристрої кольорового зображення.

Методи контрастного посилення роблять розглянуті зображення більш закритими для людського сприйняття, яке містить інформацію, подібну до реальної сцени. На основі цієї властивості розроблено ряд методів посилення контрасту для регулювання глобального контрасту і локальний контраст зображень. Зазвичай методи посилення контрасту визначають міру контрасту та намагаються оптимізувати це значення. Алгоритми на основі гістограми призначені для зміни гістограми зображення для покращення видимості.

Підвищення контрастності – це техніка для підвищення контрастності зображення для отримання кращої візуальної якості. Оскільки багато існуючих алгоритмів посилення контрасту зазвичай дають надмірно посилені результати, збереження природності необхідно враховувати в рамках підвищення контрастності зображення. Покращення контрасту та збереження природності враховуються в цільовій гістограмі, тому цей метод дозволяє уникнути проблеми надмірного посилення.

1 КОРЕКЦІЯ КОЛЬОРУ

1.1 Основи кольору

З розвитком цифрових кольорових пристроїв зображення все більше дослідників звертали увагу на обробку кольорових зображень, що можна розглядати як проблему розширення розмірів. Кольорові зображення розглядаються як три канали інтенсивності. Кожен з цих трьох каналів є зображенням у відтінках сірого. Приклад показано на рис.1.1, що дає три канали розглянутого кольорового зображення.

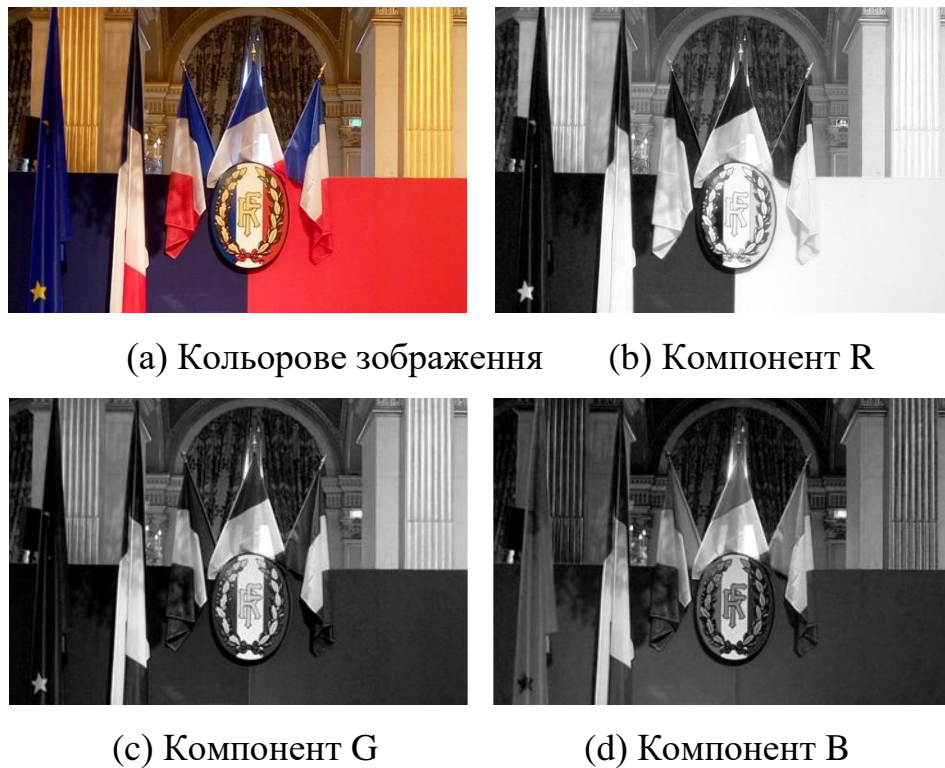


Рисунок 1.1 – Кольорове зображення та відповідний компонент R, G, B.

В останні два десятиліття важливості обробки кольорових зображень приділяється велика увага. Оскільки кольорові зображення надають більше

інформації, ніж сірі зображення, колір є дуже важливою ознакою для комп'ютерного зору та програм обробки зображень.

1.1.1 Візуальна система людини

Зорова система людини (HVS) розглядається у багатьох програмах комп'ютерного зору та обробки зображень, оскільки допомагає нам моделювати зображення наших очей. Зображення, які сприймаються людськими очима, дають більше інформації, ніж зображення, зроблені цифровими пристроями. У HVS є два компоненти. Перша частина - це око, яке схоже на функцію камери. Другим компонентом є мозок, який схожий на алгоритми обробки зображень [1]. Поперечний розріз людського ока показано на рис. 1.2.

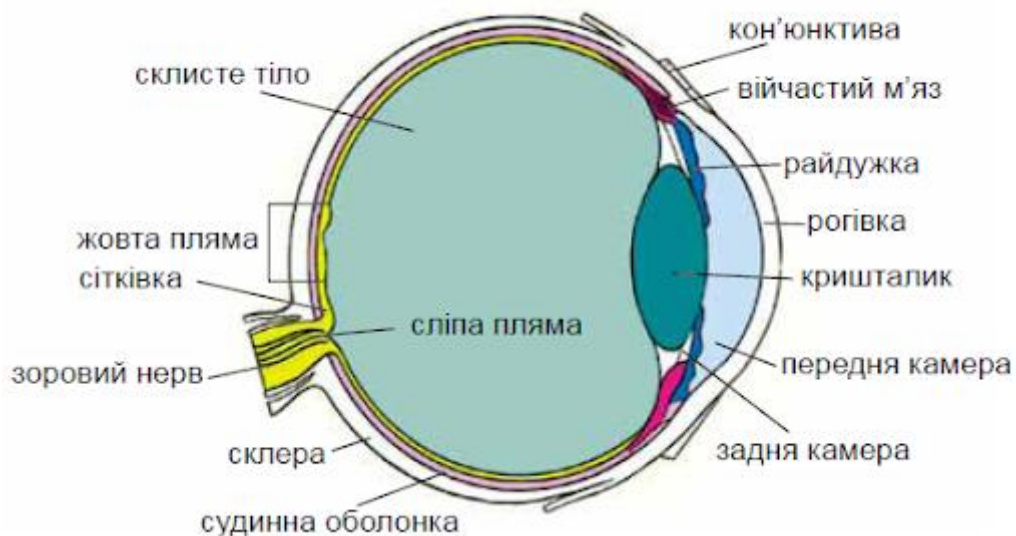


Рисунок 1.2 – Поперечний розріз людського ока

Зображення, що сприймаються оком людини, залежать від світла від спостережуваних об'єктів. Коли бачимо об'єкт, відповідне світло спочатку проходить через рогівку, а потім через водянисту вологу, зіницю, райдужну оболонку, кришталік, скловидне тіло та сітківку. У сітківці світло детектується і перетворюється на цифрові сигнали фоторецепторами. Існує два види

фоторецепторів: палички і колбочки. Палички сприймають сіру інформацію. Колбочки можуть сприймати інформацію про колір. Можна відчути різницю в кольорі, оскільки існує три види колбочок, які можуть бути чутливими до відповідного електромагнітного спектру. Об'єднання відповідей цих трьох видів колбочок в сітківці, будь-який тип кольору здатний розрізнити людські очі. Цей вид зорової системи людини моделюється цифровими пристроями зображення, які використовують три види кольору (червоний, зелений і синій), щоб створити будь-який інший колір.

1.1.2 Кольоровий простір RGB

У цифровій обробці зображень колірний простір RGB є найпопулярнішим кольоровим простором для представлення кольорового зображення. Кожен піксель представлений інтенсивністю червоного (R), зеленого (G) і синього (B) основного. СІЕ визначив еталонний колірний простір RGB, який широко використовується в обробці зображень і комп'ютерному баченні. Визначені три основних варіанти є монохроматичними. Ці чисті основні кольори здатні генерувати певну кількість кольорів шляхом позитивного підсумовування. На рисунку 1.3 показаний приклад трьох основних кольорів для створення нових кольорів.

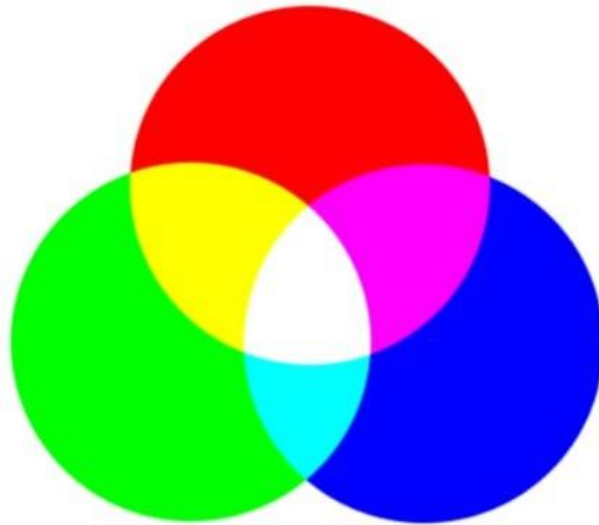


Рисунок 1.3 – Три основні кольори RGB простору.

Для 24-бітових кольорових зображень можна створити $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 16777216$ кольорів на основі трьох праймеріз. На рисунку 1.4 показано ілюстрацію колірного простору RGB у вигляді 3D-куба.

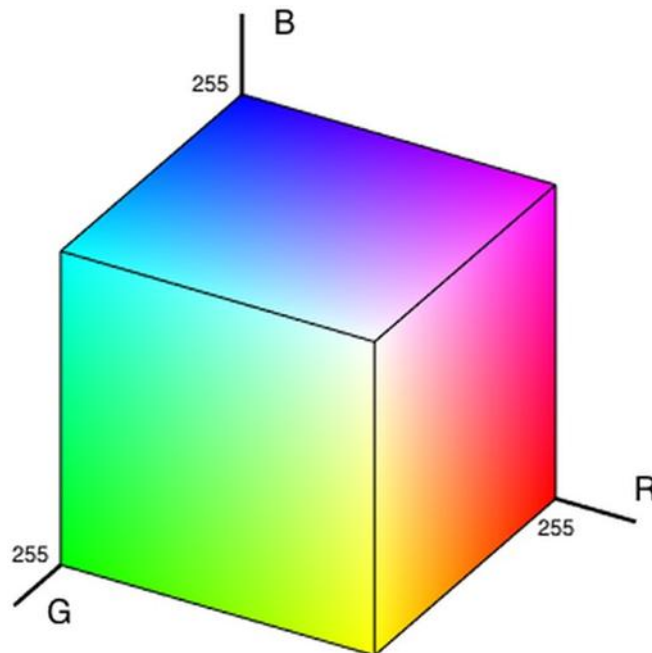


Рисунок 1.4 – Ілюстрація колірного простору RGB у вигляді 3D-куба

У цьому кубі $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ точок. Кожна точка представляє відповідний колір. Ця величезна кількість кольорів може представляти більшість кольорів, які сприймаються людськими очима.

1.1.3 Колірний простір HSV

Щоб зробити відображення кольору інтуїтивним, кольори можна впорядкувати за трьома незалежними вимірами (канали відтінку, насиченості та яскравості). Для кольорового дисплея, що залежить від пристрою, існує кілька типів колірних просторів. Коли канал світлості замінено на канал значення, відповідний колірний простір є колірним простором HSV. Цей колірний простір зазвичай використовується в техніках обробки кольорових зображень [2]. Для кольорового зображення RGB (R,G,B) є значеннями трьох каналів. \max і \min позначають максимум і мінімум (R,G,B). Перетворення між RGB і HSV задається:

$$V = \max, \quad (1.1)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } V = 0, \\ \frac{(V - \min)}{V} & \text{if } V > 0, \end{cases} \quad (1.2)$$

$$H = \begin{cases} 0 & \text{if } S = 0, \\ 60 \frac{(G - B)}{\max - \min} & \text{if } (R = \max \ \& \ G \geq B), \\ 60 \frac{(G - B)}{\max - \min} + 360 & \text{if } (R = \max \ \& \ G < B), \\ 60 \frac{(B - R)}{\max - \min} + 120 & \text{if } G = \max, \\ 60 \frac{(R - G)}{\max - \min} + 240 & \text{if } B = \max, \end{cases} \quad (1.3)$$

Ілюстрація колірного простору HSV показана на рис.1.5. У сфері покращення кольорового зображення вихідне кольорове зображення RGB зазвичай перетворюється на кольорове зображення HSV. Після покращення V-каналу

покращене кольорове зображення HSV потім перетворюється назад у кольорове зображення RGB.

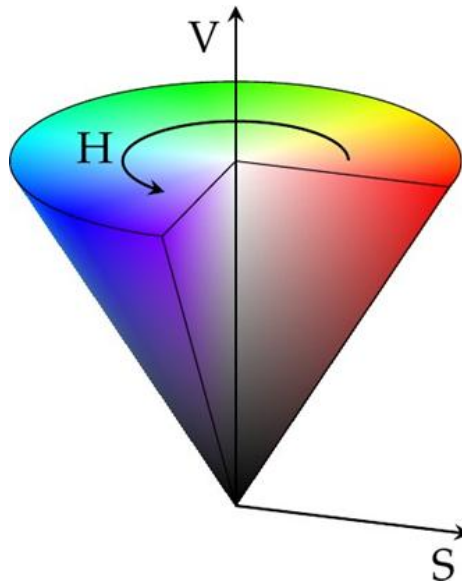


Рисунок 1.5 – Ілюстрація колірному простору HSV

1.1.4 Освітлювач

Через різні атмосферні умови, різний час або різні джерела світла, існує також різне освітлення. Колір об'єкта залежить від спектрального розподілу потужності світла, яке освітлює об'єкт, і спектральних властивостей відбиття розглянутого об'єкта. Різні види освітлення може вплинути на колірний стиль розглянутого об'єкта. Відповідність стилю кольору розглянутого об'єкта до заданого стандарту є проблемою в академічних дослідженнях та промислових застосуваннях. CIE визначає набір конкретних спектральних розподілів потужності (Стандартні освітлювачі CIE). Ці стандартні освітлювальні прилади можуть забезпечити узгодженість кольору під час вимірювань. Освітлювач - це відносний спектральний розподіл потужності, який може бути реалізований джерелом світла. Визначення освітлювача передуює побудові джерела світла, яке має на меті представляти

освітлювач. Стандартні освітлювальні прилади СІЕ дають загальні типи джерел світла. Його спектральний розподіл потужності показано на рисунку 1.6.

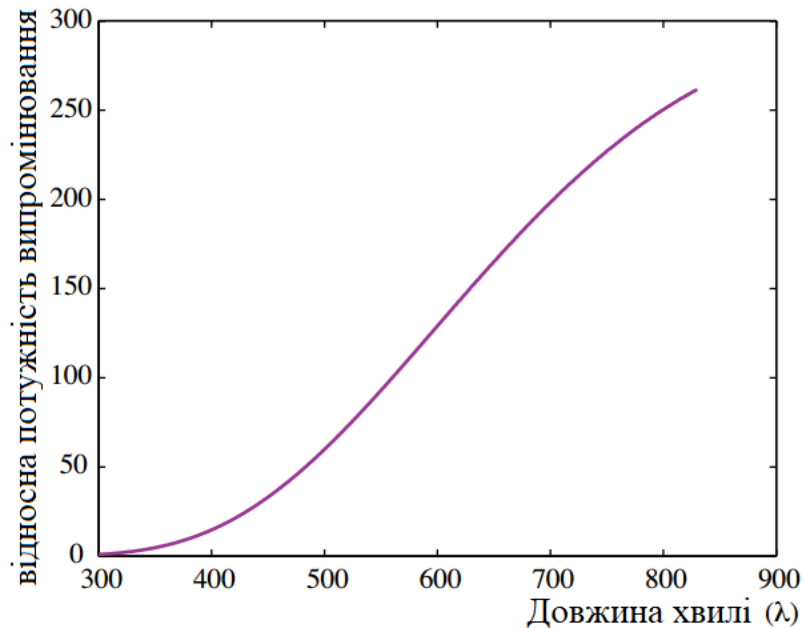


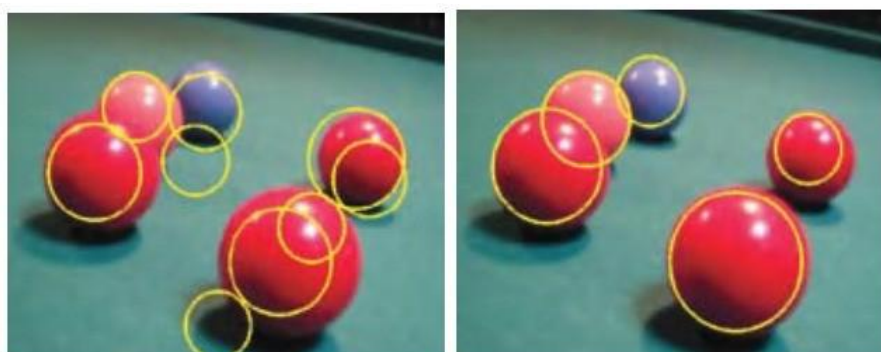
Рисунок 1.6 – Відносний спектральний розподіл потужності випромінювання стандартного освітлювача СІЕ А

1.1.5 Колірна особливість

Оскільки функції інтенсивності надають обмежену інформацію в програмах обробки зображень і комп'ютерного зору, все більше дослідників звертають увагу на використання кольорових властивостей для виконання деяких завдань обробки зображень. Існують деякі властивості кольорових ознак:

1. колірні характеристики стійкі до фотометричних змін.
2. колірні характеристики стійкі до шумів.
3. колірні функції забезпечують більше відчуттів, ніж відповідні функції інтенсивності.

Існує безліч застосувань кольорових функцій. На рисунку 1.7 показані результати виявлення об'єктів за ознаками яскравості та кольорів відповідно. Можна легко помітити, що метод за кольоровими характеристиками перевершує метод за ознаками яскравості. Геверс і Стокман представив ефективну структуру розпізнавання об'єктів на основі гістограм, отриманих з фотометричних кольірних інваріантів. Хурту використовував просторову організацію кольорів і відносини незалежності між пікселями для отримання кращих результатів класифікації. Пападакіс запропонував варіаційну модель передачі кольору на основі гістограм кольорів. Грементьєрі та Провенці представив обчислювальну модель дозаповнити лакуни у фресках на основі варіативного сприйняття кольору.



(a) Результати за ознаками яскравості (b) Результати за ознаками кольору

Рисунок 1.7 – Виявлення об'єктів за ознаками яскравості та кольорів

1.1.6 Корекція кольору

Через відмінності в пристроях обробки зображень, налаштуваннях камери або умовах освітлення, зняті зображення зазвичай потрібно коригувати за кольором. Оригінал захоплений небажано колірний стиль вплине на продуктивність інших програм обробки зображень [3]. Таким чином, корекція кольору відіграє важливу роль у сфері обробки зображень і комп'ютерного зору. Рисунок 1.8 наводить приклад

корекції кольору. Можна спостерігати, що така техніка дуже корисна покращити візуальні результати розглянутих зображень.



(а) Зображення 1 (b) Зображення 20 (c) Поправка до зображення 2

Рисунок 1.8 – Корекція кольору

1.1.7 Баланс білого

Баланс білого є основним методом узгодження кольору. Він спрямований на підтримку стилю кольору, наближеного до спостережень під природним джерелом світла. Колірна температура – це показник для оцінки різних джерел світла. Він заснований на співвідношенні синього світла до червоного світла. Різні джерела світла мають відповідні різні колірні температури, які створюють різні стилі кольорів для одного і того ж об'єкта. Білий колір може відобразитися іншим кольором, оскільки існує багато різних колірних температур. Система людського ока може легко регулювати те, що є білим при різних колірних температурах. Однак цифровим фотоапаратам зазвичай важко налаштувати правильний білий колір. Щоб усунути нереалістичні колірні відтінки, зазвичай використовуються алгоритми балансу білого, щоб завершити завдання узгодженості кольору. Показано приклад балансу білого на рис.1.9.



(a) Колірний відтінок (b) Баланс білого при денному світлі

Рисунок 1.9 – Приклад балансу білого

1.1.8 Збіг гістограм

У обробці зображень узгодження гістограм також відоме як специфікація гістограми або перенесення гістограми в літературі. Це техніка перенесення вихідної гістограми розглянутого зображення на відповідність певній гістограмі. Дано тестове зображення I_1 та еталоне зображення I_2 , їх гістограми h_1 і h_2 .

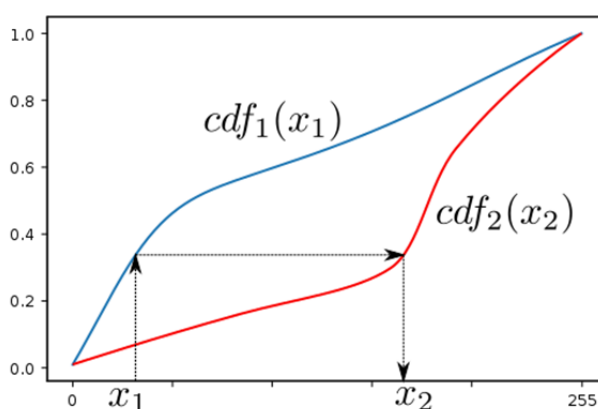


Рисунок 1.10 – Приклад відповідності гістограм

Кумулятивний розподіл цих двох гістограм є cdf_1 і cdf_2 відповідно. Також називаємо cdf_1 і cdf_2 сукупними гістограмами зображення I_1 і I_2 . Для кожного рівня сірого $x_1 \in [0, 255]$ намагаємося знайти відповідний рівень сірого x_2 , який відповідає умові $cdf_1(x_1) = cdf_2(x_2)$. Тоді можна було б отримати функцію відповідності гістограми $T(x_1)=x_2$. Нарешті, ця функція відповідності T застосовується до кожного пікселя в тестовому зображенні I_1 . Результат f_1 . Гістограма f_1 відповідає h_2 , яка є гістограмою еталонного зображення I_2 . Рисунок 1.10 є прикладом відповідності гістограми, який показує, що сукупна гістограма тестового зображення відповідає сукупній гістограмі еталонного зображення [4].

1.2 Методи колірної корекції

Методи, пов'язані з корекцією кольору, в літературі називаються перенесенням кольорів, відображенням кольорів, балансом кольору або вирівнюванням кольору. Цей вид техніки спрямований на перенесення колірної стилі еталонного зображення на тестове зображення. Це може зробити ці зображення узгодженими за кольором.

1.2.1 Методи на основі геометрії

Методи передачі кольору, засновані на геометрії, обчислюють функції відображення кольорів, використовуючи відповідні ознаки в кількох зображеннях. Для отримання цікавих точок використовуються алгоритми виявлення ознак. Масштабно-інваріантне перетворення ознак (SIFT) і прискорена надійна функція (SURF) є двома найбільш широко використовуваними методами для виявлення характерних точок. Після отримання ознак кожного зображення відповідності між розглянутими зображеннями узгоджуються за допомогою алгоритму консенсусу RANdom Sample Consensus (RANSAC), який може ефективно видаляти викиди для

підвищення точності збігу. Потім відповідності використовуються для побудови функції передачі кольору шляхом мінімізації різниці кольорів між відповідними ознаками [5]. Нарешті, ця функція передачі застосовується до цільового зображення, щоб створити зображення з переданим кольором. Приклад методу корекції кольору на основі геометрії показано на рисунку 1.11.



(a) Тестове зображення та опорне зображення (b) Результат корекції кольору

Рисунок 1.11 – Приклад методу корекції кольору на основі геометрії

Фарідул запропонував приблизний міжканальний метод корекції кольору з використанням розріджених колірних відповідностей. Цей метод включає три кроки. По-перше, відповідність ознак отримується за допомогою SIFT. Вони використовували кольори, близькі до відповідності цих ознак, щоб створити відповідність кольорів. Потім надійно обчислюється канална та нелінійна модель відображення кольорів. Нарешті, оцінюється модель міжканальної та лінійної корекції кольору. Цей метод тестується на зображеннях, знятих різними камерами, з різними налаштуваннями параметрів і при різному освітленні. Експерименти продемонстрували ефективність і надійність цього методу.

Ха-Коен представив метод нежорсткого щільного відповідності для корекції кольору. Цей метод призначений для пар зображень, що мають подібні області, які знімаються різними камерами та під час нежорстких трансформацій. Існує чотири кроки цього методу. По-перше, для кожного патча в тестовому зображенні здійснюється пошук відповідних найближчих сусідів у опорному зображенні. По-друге, здійснюється послідовне агрегування регіонів. Потім надійно оцінюється модель перетворення кольору з надійними узгодженими областями. Нарешті,

діапазон пошуку коригується, і три вищезазначені кроки повторюються. Ця структура від грубого до точного може дати кращі результати, ніж метод лише за одну ітерацію. Цей метод стійкий до геометричних варіацій і фотометричних змін, що робить його придатним для кольорукорекції зображень реального світу.

Ван запропонував надійний алгоритм корекції кольору для стереозображень. У цьому методі, по-перше, вони витягують ключові точки SIFT з двох розглянутих зображень і отримують узгоджені пари з SIFT на основі оптичного потоку. По-друге, тестове зображення сегментується методом сегментації із середнім зсувом. Потім для кожного регіону вони обчислили його колірну невідповідність шляхом усереднення різниці кольорів між відповідними парами. Замість застосування глобальної функції відображення, цей метод проводить колірну корекцію регіон за регіоном [6].

1.2.2 Методи, засновані на статистиці

Якщо функція виявлення та відповідності недоступні, передача кольору на основі геометрії не може працювати. У цій ситуації статистичне співвідношення між еталонним зображенням і тестовим зображенням використовується для створення функції відображення кольорів, яка може передавати колірний стиль еталонного зображення на тестове зображення та примусово використовувати для розглянутих зображень той самий колірний стиль. Приклад методу корекції кольору, заснованого на статистиці, показано на рис.1.12.

Рейнхард запропонував простий і традиційний алгоритм, заснований на статистиці, для передачі кольорів між двома зображеннями, який також був розширений багатьма дослідниками. Цей метод здатний передавати стилі кольорів від одного зображення до іншого в колірному просторі lab . По-перше, вони віднімають середнє з точок даних. По-друге, вони масштабують точки даних, що

містять синтетичне зображення, за факторами, визначеними відповідними стандартними відхиленнями.



(a) Тестове зображення (b) Опорне зображення (c) Результат корекції кольору

Рисунок 1.12 – Приклад методу корекції кольору на основі статистики

Отримані точки даних мають стандартні відхилення, які відповідають фотографії. Потім вони додають середні, обчислені для фотографії. Нарешті, результати конвертуються в колір RGB простір.

Пападакіс запропонував варіативну модель для передачі гистограми кольорового зображення, яка використовувала мінімізацію функціональних функцій енергії для досягнення мети передачі стилю кольору зображення та збереження геометрії зображення. Христова представила надійний метод передачі кольору з урахуванням стилю, який був заснований на кластеризації елементів стилю та локальному перетворенні хроматичної адаптації. Фріго запропонував на основі прикладу метод передачі кольору з використанням оптимального транспортування. Вони використовують хроматичне адаптаційне перетворення на основі прикладів, щоб отримати відповідність освітленості та створити відображення передачі з оптимальним транспортуванням.

1.2.3 Методи, керовані користувачем

Коли інформацію про відповідність ознак і статистичну інформацію для розглянутих зображень важко отримати, важливо прийняти методи, керовані

користувачем, для створення відповідностей і використання їх для побудови функції відображення передачі кольору. Алгоритм на основі зразка кольору [140] пов'язана з побудовою відповідностей між розглянутими зображеннями. Функція відображення кольорів отримана з виділених областей на одному зображенні та може бути застосована до відповідних областей на іншому зображенні. Функцію передачі між зображеннями також можна отримати з набору штрихів, які визначаються користувачем шляхом малювання на розглянутих зображеннях. Потім передатну функцію можна обчислити за допомогою різних підходів до мінімізації. Приклад методу корекції кольору, який керується користувачем, показаний на рисунку 1.13 [7].



(a) Штрихи на тестовому зображенні (b) Штрихи на еталонному зображенні (c)
Результат корекції кольору

Рисунок 1.13 – Приклад методу корекції кольору, який керується користувачем

Якість кольорових зображень можна оцінити з багатьох аспектів. Пікове відношення сигнал/шум (PSNR) та індекс структурної схожості (SSIM) є найпопулярнішими показниками для оцінки якості зображення та порівняння продуктивності різних алгоритмів. У цій дипломній роботі використовуємо метрику PSNR для вимірювання точності значення пікселів і використовуємо метрику SSIM для вимірювання точності структури.

З огляду на тестове зображення a та опорне зображення b , PSNR отримують за допомогою

$$PSNR(A, B) = 10 \times \log_{10}\left(\frac{L^2}{MSE(A, B)}\right),$$

$$MSE(A, B) = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (A(i, j) - B(i, j))^2, \quad (1.4)$$

де $L=255$ для 8-бітових зображень, m і n – висота і ширина розглянутих зображень. SSIM обчислюється за допомогою

$$SSIM(A, B) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SSIM(a_i, b_i), \quad (1.5)$$

де N – кількість локальних вікон для розглянутих зображень, a_i, b_i – зображення вміст у i локальному вікні зображення A та B відповідно. SSIM визначається як поєднання компонентів яскравості, контрасту та структури.

Детальний розрахунок $SSIM(a, b)$ описується

$$SSIM(a, b) = [l(a, b)]^\alpha \times [c(a, b)]^\beta \times [s(a, b)]^\gamma \quad (1.6)$$

$$\text{де } l(a, b) = \frac{2\mu_a\mu_b + C_1}{\mu_a^2 + \mu_b^2 + C_1}, c(a, b) = \frac{2\sigma_a\sigma_b + C_2}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + C_2}, s(a, b) = \frac{\sigma_{ab} + C_3}{\sigma_a\sigma_b + C_3},$$

μ_a і μ_b – середнє значення яскравості вікон a і b відповідно, σ_a і σ_b є стандартною дисперсією вікон a і b , відповідно, σ_{ab} – автоковаріація між вікнами a і b , C_1, C_2, C_3 — малі константи, щоб уникнути помилки ділення на нуль, і α, β, γ — константи контроль ваги між трьома компонентами. Налаштування за замовчуванням, рекомендовані: $C_1 = (0,01L)^2, C_2 = (0,03L)^2, C_3 = C_2/2, L = 255, \alpha = \beta = \gamma = 1$. Чим вище значення SSIM, чим більше схожа структура між тестовим зображенням і еталонним зображенням [8].

1.3 Застосування корекції кольору

1.3.1 Фотографія

З розвитком цифрових пристроїв обробки зображень можна легко знімати кольорові зображення. Однак ці зображення зазвичай не задовольняють через обмеження камер, освітлення або налаштувань параметрів. Щоб впоратися з цією проблемою, існує безліч методів корекції кольору, які покращують візуальну якість зображення, що робить фотографію більш барвистим. На рисунку 1.13 можна розглядати як колірну корекцію, яка застосовується у фотографії. Інший приклад колірної корекції, що застосовується у фотографії, показано на рисунку 1.14. З цих малюнків можна помітити, що метод корекції кольору робить вихідне зображення більш барвистим і більше схожий на реальну сцену. Це робить його широко використаним у сфері фотографії.



а) Оригінальне зображення (б) Результат корекції кольору

Рисунок 1.14 – Приклад колірної корекції, застосованої у фотографії

1.3.2 Зшивання зображення

Зшивання зображень — це техніка створення панорамного зображення великого розміру з кількох зображень малого розміру. Загалом, алгоритми зшивання зображень складаються з чотирьох основних кроків. По-перше, нам потрібно виявити ключові моменти розглянутих зображень. Зазвичай виявляється масштабно-інваріантне перетворення ознак (SIFT) і знайдіть відповідні ключові моменти. По-друге, витягується дескриптори ознак для кожної ключової точки та збігаємо відповідні ключові моменти. по-третє, використовується алгоритм RANdom SAmple Consensus (RANSAC), щоб виключити викиди та оцінити гомографію. Нарешті, потрібно деформувати зображення та об'єднати два зображення [9].

Через різницю в пристроях формування зображень або умовах освітлення ці кілька зображень, як правило, мають невідповідність кольору. Це вплине на візуальні результати зшивання зображень. Таким чином, корекція кольору відіграє дуже важливу роль у зшиванні зображення. Він може підтримувати послідовність кольорів і зробити панораму більш природною, ніж результати без корекції кольору. Показаний приклад корекції кольору для зшивання зображення (рис. 1.15). Видно, що такого роду техніка дуже корисна для покращення візуальних результатів зшивання зображень.



(а) Зображення 1 (b) Зображення 2 (с) Поправка до зображення 2



(d) зшивання без корекції кольору (е) зшивання з корекцією кольору

Рисунок 1.15 – Корекція кольору для зшивання зображення

Висновки до розділу 1

Показано, що корекція кольору є однією з найважливіших і найскладніших методик у дослідженнях обробки зображень і споживчих системах кольорових зображень. Оскільки кольорова корекція здатна покращити візуальну якість кольорових зображень, в останні десятиліття йому приділено значну увагу. Вона широко застосовується як в академічних дослідницьких проектах, так і в промислових продуктах.

Проаналізовано теоретичні засади цифрової обробки зображень шляхом аналізу існуючих кольорових просторів для представлення кольорового зображення.

Наведено види методів корекції кольору, яка відіграє важливу роль при створенні мультимедійного контенту для покращення візуальних результатів, а також є складною методикою у дослідженнях обробки зображень і споживчих системах кольорових зображень.

2 ПОКРАЩЕННЯ КОНТРАСТУ

2.1 Методи посилення контрасту

Методи контрастного посилення роблять розглянуті зображення більш закритими для людського сприйняття, яке містить інформацію, подібну до реальної сцени. На основі цієї властивості розроблено ряд методів посилення контрасту для регулювання глобального контрасту і локальний контраст зображень. Як правило, підвищення контрастності здійснюється за допомогою перетворення функції, яка описана в формулі 2.1.

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = T(\mathbf{I}(\mathbf{x})), \quad (5.1)$$

де \mathbf{I} є оригінальним низькоконтрастним зображенням, \mathbf{F} це покращене зображення, \mathbf{x} – це розташування пікселів на розглянутих зображеннях. T це операція посилення [10].

Зазвичай методи посилення контрасту визначають міру контрасту та намагаються оптимізувати це значення. Алгоритми на основі гістограми призначені для зміни гістограми зображення для покращення видимості. Типовим методом є вирівнювання гістограми, який змінює гістограму зображення, щоб вона була близькою до рівномірного розподілу. Приклад вирівнювання гістограми наведено на рис.2.1. Інший тип широко використовуваного методу посилення контрасту заснований на теорії сітківки, що впливає з того, що людське сприйняття кожного значення пікселя залежить від навколишніх пікселів. Для вирішення цієї проблеми пропонуються методи контрастності, засновані на навчанні, завдяки потужній здатності до навчання оцінки співвідношення між низькоконтрастними зображеннями. і зображення високої візуальної якості.

2.1.1 Методи на основі гістограм

Вирівнювання гістограм

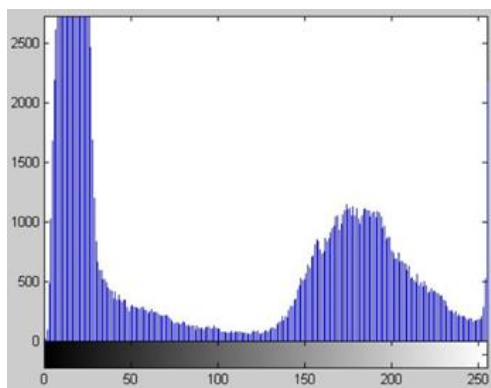
Найпопулярнішим методом покращення основи гістограми є вирівнювання гістограми (HE), який широко використовується для покращення візуальної якості зображення. Цей метод модифікує вихідні гістограми зображень до приблизно рівномірної гістограми, яка розширює діапазон значень пікселів зображень та використовує вихідну гістограму розглянутого зображення для отримання функція відображення.



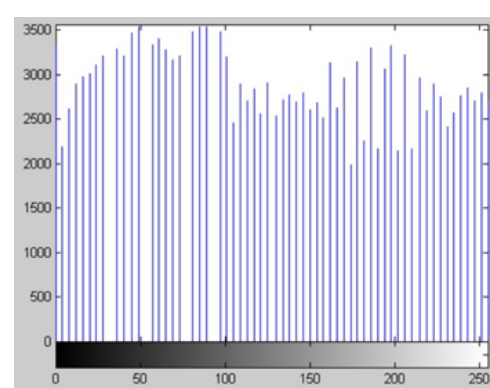
(a) Оригінальне зображення



(b) Гістограма вимірювання



(c) Гістограма (a)



(d) Гістограма (b)

Рисунок 2.1 – Приклад вирівнювання гістограми

Дано сіре зображення f , загальна кількість N пікселів і діапазон рівнів інтенсивності $[0,255]$. Нормована гистограма h_f зображення f обчислюється за допомогою:

$$h_f(s) = \frac{n_s}{N}, \quad (2.2)$$

де $s \in [0, L-1]$ – значення пікселів, і n_s - загальна кількість пікселів з однаковим значенням s .

Функція відображення T для зображення f отримано шляхом

$$T(i) = \left\lfloor 255 \cdot \sum_{j=0}^i h_f(j) + 0.5 \right\rfloor, \quad (2.3)$$

де $i \in [0, 255]$ є вхідним цілим числом для функції відображення, і $\lfloor \cdot \rfloor$ обчислює найближче ціле число розглянутого значення в напрямку мінус нескінченності.

Вирівнювання гистограми намагається створити однорідну гистограму для покращених зображень, розглядаючи кумулятивну гистограму як відповідну функцію відображення. Він часто створює покращені зображення з візуальними артефактами. Щоб уникнути цієї проблеми, Арічі запропонував загальну структуру модифікації гистограми для посилення контрасту. Модифікована гистограма h має бути ближче до нормованої рівномірної гистограми h_U і вартість залишку $h - h_f$ слід бути також малий. Проблема отримання оптимальної модифікованої гистограми \tilde{h} є розглядається як проблема двокритеріальної оптимізації. Можна отримати аналітичне рішення цієї задачі коли прийнято квадратну суму норми L_2 . Ця проблема написана в

$$\tilde{h} = \arg \min_h (\|h - h_f\|_2^2 + \lambda \|h - h_U\|_2^2). \quad (2.4)$$

де $\|h-h_f\|_2^2$ є нормою $L_2 h-h_f$, $\|h-h_U\|_2^2$ є нормою $L_2 h-h_U$, а параметр $\lambda > 0$ налаштовує компроміс між посиленням контрасту та точністю даних.

Специфікація гистограми

Щоб змінити зображення, щоб воно відповідало певній гистограмі, Ніколова запропонувала точний метод специфікації гистограми для покращення контрасту зображення. Цей метод спрямований на перетворення вхідного зображення у вихідне зображення, що відповідає певній гистограмі.

Метод специфікації гистограми Ніколової

1: Вхідні дані: f – тестове зображення, яке потрібно покращити, $hist$ – гистограма еталонного зображення g , $u^{(0)} = f$, $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,1$, число ітерації $S=5$, $c_0 = 0$.

2: Для $s = 1, \dots, S$ обчислити

$$u^{(s)} = f - \eta^{-1}(\beta \nabla^T \eta(\nabla u^{(s-1)})),$$

де ∇ – оператор градієнта, ∇^T – транспозиція ∇ , $\eta^{-1}(x) = \frac{\alpha x}{1-|x|}$, $\eta(x) = \frac{x}{\alpha+|x|}$

3: Упорядкуйте значення в Π_N відповідно до відповідних зростаючих записів $u^{(s)}$, де $\Pi_N := \{1, \dots, N\}$ позначає індексний набір пікселів у f .

4: Для $k = 0, 1, \dots, 255$,

встановити $c_{(k+1)} = c_{(k)} + hist_{(k)}$ і $Y[c_{(k)} + 1] = \dots = Y[c_{(k+1)}] = k$. Y – покращений результат мають гистограму, подібну до $hist$.

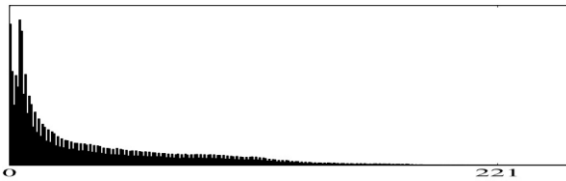
Цей метод також розширено для покращення кольору зображення. Приклад показано на рисунку 2.2.



а) Оригінальне зображення



(б) Гістограма Специфікація



(с) Гістограма (а)



(d) Цільова гістограма

Рисунок 2.2 – Приклад специфікації гістограми

Адаптивне вирівнювання гістограми з обмеженим контрастом

Перераховані вище методи засновані на глобальних гістограмах. Існує ряд алгоритмів покращення на основі локальних гістограм. Адаптивне вирівнювання гістограми з обмеженим контрастом (CLAHE) – це традиційний алгоритм покращення на основі локальної гістограми. Він розглядає вирівнювання гістограми в кожному локальному регіоні. Іншими словами, CLAHE визначає функцію локального перетворення для кожної локальної області на основі розподілу значень пікселя. Цей метод дозволяє отримати більш детальну інформацію, ніж глобальні методи покращення на основі гістограми [11]. Щоб контролювати всю яскравість і зберегти природність посиленних результатів, запропонували деякі інші алгоритми на основі локальної гістограми.

2.1.2 Методи на основі сітківки

Існує багато алгоритмів посилення контрасту на основі сітківки. Цей вид методів покращення заснований на спостереженні, що людське сприйняття кожного пікселя залежить від відповідних сусідніх пікселів. Ленд спрямував на те, що зорова система людини сприймає не абсолютну яскравість, а скоріше відносну яскравість, яка має відношення до відповідних оточуючих пікселів [12]. Вони представили складний метод, що включає шляхи зображення для отримання відносної яскравості. Пізніше вони запропонували альтернативну техніку для обчислення позначення в теорії сітківки. Цей метод отримує яскравість, обчислюючи логарифм співвідношення між пікселем значення та середньозважене значення сусідніх пікселів.

Розглядаючи ядро Гаусса для побудови зв'язку між центральним пікселем і пікселями об'ємного звучання, Джобсон запропонував класичний багатомасштабний метод посилення на основі сітківки. Вони розширюють раніше одномасштабну сітківку до мультимасштабу, що забезпечує одночасне стиснення динамічного діапазону, консистенцію кольору та тонову передачу. Результати більше схожі на зорове сприйняття людини.

Кімел представив варіаційну модель покращення сітківки за допомогою оптимізації квадратичного програмування. Для заданого зображення I , є два різних відповідних зображення, у тому числі зображення відбивної здатності R , і зображення підсвічування L . Першим кроком, зробленим більшістю алгоритмів на основі сітківки, є перетворення в логарифмічний домен за допомогою $s = \log S$, $l = \log L$, $r = \log R$, і тим самим $s = l + r$. Загальна основа методів на основі сітківки проілюстрований на рисунку 2.3. Перш ніж визначити функціонал мінімізації, вони зробили п'ять припущень.

(1). Перше важливе припущення щодо освітлення - це його просторова плавність.

(2). Оскільки відбиття зображення R обмежено одиничним інтервалом, вони додають обмеження $L \geq S$. Так як функція \log монотонна, вони також мають $l \geq s$.

(3). За допомогою налаштування $l = Const$, де $Const$ є будь-якою константою, що перевищує максимальне значення s , вони отримують тривіальне рішення, яке задовольняє обидва попередні припущення. Тому вони додають припущення, що освітлення зображення L близький до інтенсивності зображення s , тобто мінімізує штрафний термін форми $dist(l,s)$, наприклад, L_2 норма $(l - s)^2$.

(4). Коефіцієнт відбиття зображення $r = s - l$ можна вважати, що має високу попередню ймовірність. Одна з найпростіших попередніх функцій, що використовуються для природних зображень, призначає високу ймовірність просторово гладким зображенням [13].

(5). Вони припускають, що освітлення продовжується плавно як константа за межами зображення. Це штучне припущення, необхідне для граничних умов, які мали б незначний вплив на кінцеві результати. Зібравши всі ці припущення в один вираз, вони визначають функціонал штрафу для досягнення мети посилення контрасту.

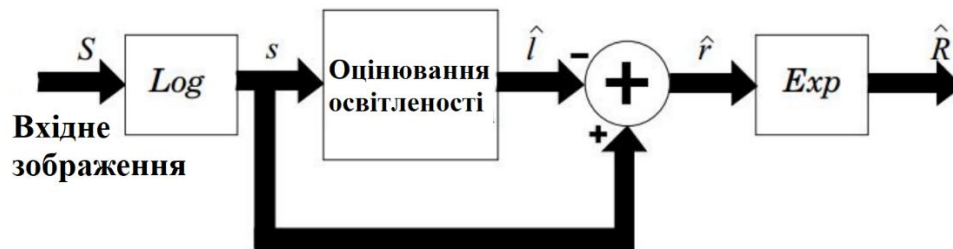


Рисунок 2.3 – Загальні рамки методів на основі сітківки

Провенці розглядає корекцію кольору та локальне покращення контрасту для покращення кольорового зображення. Щоб отримати більш надійні та кращі результати, вони поєднують метод випадкового розпилення сітківки та автоматичне вирівнювання кольору. Зокрема, різні нелінійні та диференціальні механізми цих

двох алгоритмів були об'єднані з технікою розпилення та локальними середніми операціями. Крім того, вони розглянули локальний і глобальний метод регулювання на основі контрасту та зображення, який забезпечує корекцію кольору. Приклад покращення зображення за допомогою випадкового розпилення сітківки, автоматичне вирівнювання кольору та метод Провенці показаний на рисунку 2.4.



(a) Оригінальне зображення (b) Результат випадковим розпиленням сітківки



(a) Результат автоматичного вирівнювання кольору (d) Результати Провенці

Рисунок 2.4 – Покращення зображення за допомогою випадкового розпилення сітківки, автоматичного вирівнювання кольору, і метод Провенці

Пальма-Аместой запропонував варіативну структуру для покращення кольорового зображення, яка надихається базовою феноменологією сприйняття кольору. Вони розробили своєрідний енергетичний функціонал для імітації інформації про колір і контраст зображення, натхненну сприйняттям. Мінімізація отримана за допомогою методу градієнтного спуску [14].

Нещодавно П'єр пропонують варіаційний метод посилення контрасту, що зберігає відтінок, що дозволяє користувачам керувати рівнями покращення контрасту. Оскільки багато методів посилення контрасту створюють артефакти надмірного посилення, вони дозволяють користувачам вручну керувати рівнем посилення контрасту та масштабом детальної інформації за допомогою варіаційний каркас. Крім того, при посиленні враховується зображення відтінку каркас для обробки кольорових зображень.

2.2 Застосування посилення контрасту

Фотографія

З популярністю цифрових камер дуже зручно робити фотографії самостійно. Однак отримані фотографії зазвичай не є бажаними через якість пристрою зображення, освітлення навколишнього середовища або досвід фотографування. Тому вважається, що підвищення контрастності покращує видимість зображень. Кауфман представив метод автоматичного покращення фотографій з урахуванням вмісту. Розширений результат за допомогою цього методу показано на рисунку 2.6.



a) Оригінальне зображення (b) Покращено за допомогою Photoshop Elements

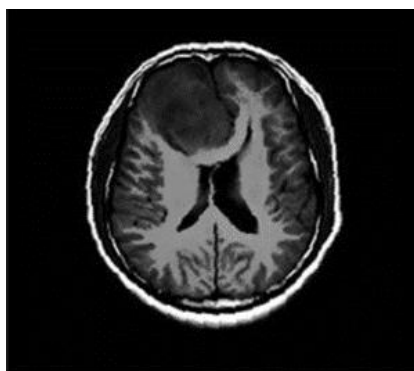


(b) Розширено Google Picasa (d) Розширено

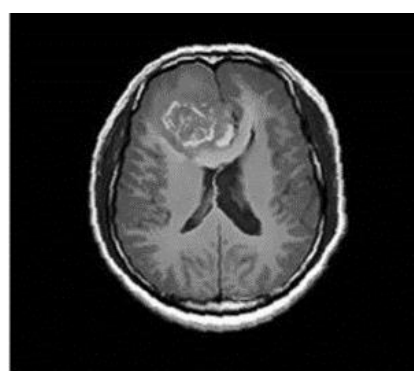
Рисунок 2.6 – Підвищення контрастності у фотографії

Медична візуалізація

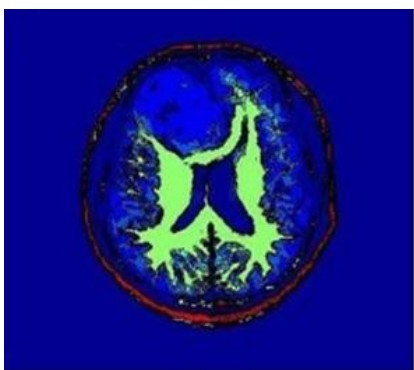
Методи підвищення контрастності зображення можуть покращити контраст і візуальну якість магнітно-резонансних (МР) зображень. Наприклад, деякі методи посилення контрасту застосовуються при МР-зображенні пухлини головного мозку для покращення видимості, що допомагає розрізнити нормальні та аномальні області на МР-зображеннях. Рисунок 2.7 показаний приклад посилення контрасту в медичній візуалізації.



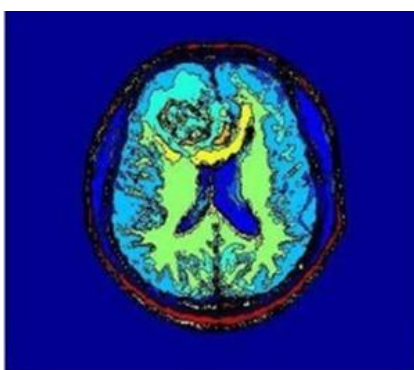
(a) Оригінальне зображення МР



(b) Покращено методом



(c) Кольорова карта (a)

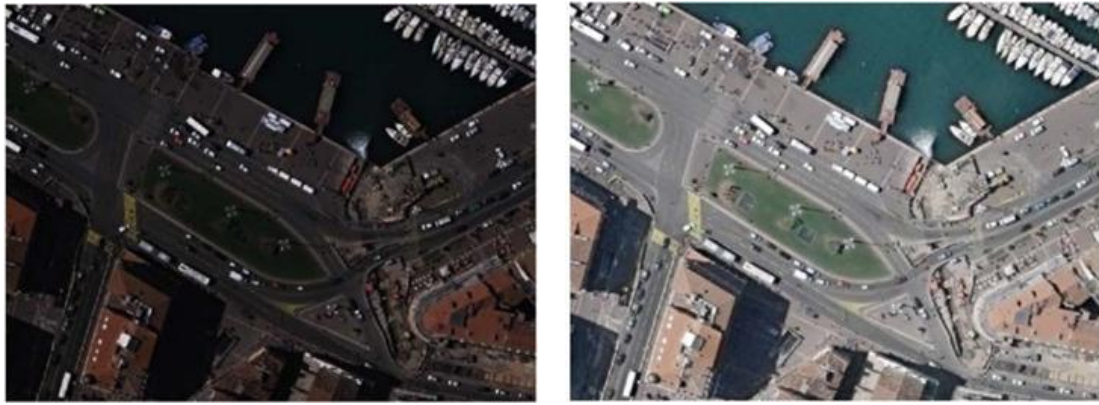


(d) Кольорова карта (b)

Рисунок 2.7 – Підвищення контрастності при медичній візуалізації

Зображення дистанційного зондування

Зображення дистанційного зондування можуть надати нам більше інформації про землю, воду та будівлі на землі. Однак, в результаті цієї невідомої перспективи та даних зображення, отриманих від випромінювання за межами видимої частини електромагнітного спектру, цей вид зображень потребує покращення контрасту. Рисунок 2.8 показує приклад контрасту покращення зображень дистанційного зондування [15].



а) Оригінальне зображення

(б) Покращено методом

Рисунок 2.8 – Підвищення контрастності в зображенні дистанційного зондування

Висновки за розділом 2

Проаналізовано методи посилення контрасту, які визначають міру контрасту та намагаються оптимізувати це значення.

Показано, що найпоширенішим методом є метод вирівнювання гістограми, який змінює гістограму зображення, щоб вона була близькою до рівномірного розподілу, однак метод посилення контрасту, який заснований на теорії сітківки, пропонує вирішення ряду проблем, завдяки потужній здатності до навчання оцінки співвідношення між низькоконтрастними зображеннями і зображення високої візуальної якості.

Розглянуто точний метод специфікації гістограми для покращення контрасту зображення, який спрямований на перетворення вхідного зображення у вихідне зображення, що відповідає певній гістограмі. Однак метод локального перетворення для кожної локальної області діючий на основі розподілу значень пікселя дозволяє отримати більш детальну інформацію, ніж глобальні методи покращення на основі гістограми.

При цьому класичний багатомасштабний метод посилення на основі сітківки розширює раніше одномасштабну сітківку до мультимасштабу, що забезпечує одночасне стиснення динамічного діапазону, консистенцію кольору та тонову передачу, а варіаційна модель покращення сітківки заснована на оптимізації квадратичного програмування

3 ГЛОБАЛЬНИЙ МЕТОД ПОСИЛЕННЯ КОНТРАСТУ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ПРИРОДНОСТІ ТА ТИМЧАСОВЕ ПІДВИЩЕННЯ КОНТРАСТНОСТІ

Підвищення контрастності – це техніка для підвищення контрастності зображення для отримання кращої візуальної якості. Оскільки багато існуючих алгоритмів посилення контрасту зазвичай дають надмірно посилені результати, збереження природності необхідно враховувати в рамках підвищення контрастності зображення. Покращення контрасту та збереження природності враховуються в цільовій гістограмі, тому цей метод дозволяє уникнути проблеми надмірного посилення. У запропонованому способі оптимальною цільовою гістограмою є зважена сума вихідної гістограми, однорідної гістограми та гістограми Гаусової форми. Потім структурна метрика та статистична метрика природності використовуються для визначення ваг відповідних гістограм. Нарешті, контрастне зображення отримується шляхом узгодження оптимальної цільової гістограми. Експерименти демонструють, що запропонований метод перевершує порівнюваний на основі гістограми алгоритми посилення контрасту [16].

3.1. Метод контрастного посилення збереження природності

Огляд запропонованого методу контрастного посилення збереження природності, який показаний на рисунку 3.1. Враховуючи низький контраст зображення **I** (кольоровий простір RGB), він спочатку перетворюється в повний діапазон значень $[0, 255]$ з лінійним розтягуванням. Потім розтягнуте зображення перетворюється на колірний простір HSV. *V* канал покращено за допомогою методів узгодження гістограми. Різні цільові гістограми можуть давати різне посилення V_M . Оптимальну цільову гістограму можна отримати на основі вимірювання структури (між V_M і V_L , V_L є покращеним результатом за рахунок вирівнювання адаптивної гістограми межі контрасту) та міри природності (для V_M). Після обчислення

розширеного V_E з оптимальною цільовою гистограмою, кінцевий результат покращення F створюється за допомогою перетворення колірному простору HSV-RGB.

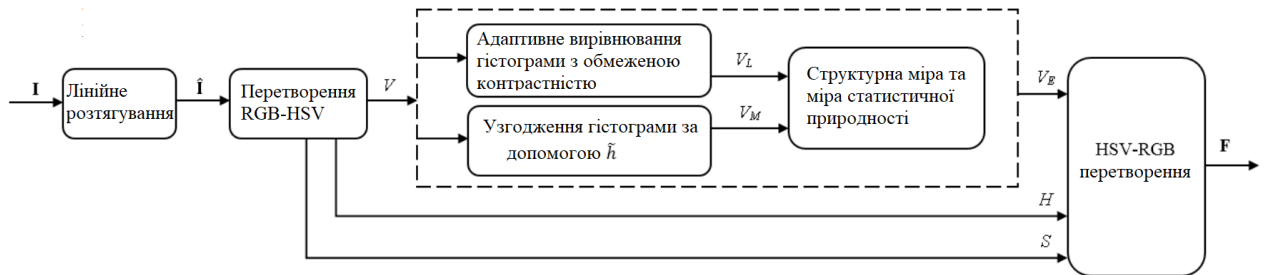


Рисунок 3.1 – Загалом рамки запропонованого методу підвищення

Лінійне розтягування, перетворення RGB-HSV і перетворення HSV-RGB є основними методами обробки зображень. Представлено метод отримання розширеного V_E з оптимальною цільовою гистограмою та каналом інтенсивності V . Ключовим внеском є визначення цільової гистограми та обчислення оптимальних ваг компонентів цільової гистограми. Розглядаючи сірий образ V із загальною кількістю N пікселів, нормалізована гистограма визначається:

$$h_V(k) = \frac{n_k}{N}, \quad (3.1)$$

де $k \in [0,255]$ значення пікселів, n_k - загальна кількість пікселів з однаковим значенням k . Методи посилення контрасту на основі гистограм використовують різні види гистограм для отримання відповідних функцій відображення для зміни значень пікселів і підвищення контрастності розглянутого зображення. Традиційний алгоритм вирівнювання гистограми використовує вихідну гистограму розглянутого зображення для отримання функції відображення. Він намагається створити однорідну гистограму для покращеного зображення, розглядаючи кумулятивну гистограму як відповідну функцію відображення. Такий алгоритм вирівнювання гистограми часто створює проблеми з надмірним збільшенням. Щоб уникнути цієї

проблеми, розглядається сума ваги вихідної гистограми та однорідної гистограми. Зважена гистограма використовується для створення функції відображення. Проблему надмірного посилення можна до певної міри зменшити. Отже, ми використовуємо гистограму у формі Гауса, щоб зробити результати покращення більш природними. На основі вищенаведеного аналізу, модифікована гистограма h має бути ближче до нормованої рівномірної гистограми h_u і нормалізована гистограма Гаусової форми h_g , в залишковий $h - h_g$ слід бути також малий. Визначити цільову гистограму \tilde{h} можна сформулювати як задачу мінімізації:

$$\tilde{h} = \arg \min_h ((1 - \alpha - \beta) \|h - h_v\|_2^2 + \alpha \|h - h_u\|_2^2 + \beta \|h - h_g\|_2^2), \quad (3.2)$$

де h_u - нормована рівномірна гистограма, h_g – нормована гистограма з форма кривої Гауса, α і β - відповідні ваги, $\alpha + \beta \in [0, 1]$. У інструменті використовується Гауссову криву

$$\exp\left(-\frac{(i-0.5)^2}{2\sigma^2}\right), \sigma = 0.2$$

Рівняння 3.2 є квадратичною оптимізаційною задачею, а розв'язок задається як

$$\tilde{h} = (1 - \alpha - \beta)h_v + \alpha h_u + \beta h_g, \quad (3.3)$$

Ціль гистограма \tilde{h} є а зважений сума з h_v , h_u і h_g . Є два параметри α і β до бути налаштований в це рішення. Інші α і β може виробляти гистограма \tilde{h} , що створюватиме різні зображення з підвищеною контрастністю. В цілому, α контролює посилення контрасту, і β контролює збереження натуральності. Мета — автоматично підвищити контрастність розглянутого зображення. Для вирішення цієї автоматичної проблеми приймається міра структури та міру статистичної природності, щоб керувати оптимізацією. SSIM використовувався для вимірювання конструкції.

Адаптивне вирівнювання гистограми межі контрасту (CLAHE) може створити задовільну локальну структуру розглянутого зображення. Використовуємо результат покращення CLAHE V_L направляючи структуру зображення і

використовуючи статистичну міру природності для досягнення завдання збереження природності. Кожна пара з α і β може призвести до покращення результату V_M . Відповідна структура вимірюється між V_M і V_L , і статистична міра природності V_M можна отримати обидва. Тоді можна отримати оптимальне α і β на основі найкращої міри структури та статистичної міри природності. Після визначення α і β , відповідний оптимальний посилений результат V_E можна знайти.

3.2 Реалізація алгоритмів вирівнювання гістограми в програмному середовищі MATLAB

Запускаємо традиційний алгоритм вирівнювання гістограми (HE), Адаптивне вирівнювання гістограми межі контрасту (CLAHE), структуру модифікації гістограми (HMF) та запропонований метод покращення контрастності збереження природності на п'яти тестових зображеннях із набору даних зображень TID2013 і CSIQ. У цих наборах даних доступні як тестові зображення, так і відповідні еталонні зображення. Зменшивши контраст, ці тестові зображення з низькою контрастністю були отримані з відповідних висококонтрастних еталонних зображень. Довідкові зображення також надаються для оцінки ефективності алгоритму. Для традиційних вирівнювання гістограми використовуємо функцію `histeq` в інструменті обробки зображень MATLAB. Для алгоритму адаптивного вирівнювання гістограми межі контрасту використовують функцію `adaphisteq` в інструменті обробки зображень MATLAB. Для методу модифікації гістограми, відтворюємо цей алгоритм і встановлюємо параметр $\lambda = 1$ для всіх експериментів. Також реалізуємо запропонований метод за допомогою MATLAB. Для всіх алгоритмів тестове зображення є спочатку конвертується з колірному простору RGB в колірний простір HSV. Потім V канал обробляється за допомогою відповідних алгоритмів покращення. Нарешті, покращене зображення HSV перетворюється на колірний простір RGB.

3.2.1 Критерії ефективності алгоритму

Якість зображень із покращеним контрастом можна оцінити з багатьох аспектів. Показники продуктивності, використані в наших експериментах, - це відношення пікового сигналу до шуму (PSNR) та індекс структурної схожості (SSIM), які є найпопулярнішими показниками для оцінки якості зображення та порівняння ефективності різних алгоритмів покращення зображення [19]. У нашому експерименті використовується метрику PSNR для вимірювання точності значень пікселів між покращеними зображеннями та відповідними високоякісними еталонними зображеннями, а також використовуємо метрику SSIM для вимірювання точності структури між покращеними зображеннями та еталонними зображеннями.

3.2.2 Аналіз результатів

Щоб оцінити ефективність запропонованого методу покращення, у наступних частинах розглядаються як якісні порівняння, так і кількісні оцінки.

Якісні порівняння

Щоб якісно порівняти різні алгоритми покращення, показуємо деякі тестові зображення та відповідні покращені зображення на наступних малюнках. Референтні зображення також надаються, щоб оцінити, чи є відповідні результати надмірними чи ні. На рисунок 3.2, HE робить гістограми розширених результатів максимально однорідними. Він робить деякі області світлішими або темнішими, що робить результати неприродними. Ці проблеми можна знайти в області опорних дверей і білої кулі (на рис.3.2а), область неба (на рис. 3.3а), області плодів (на рис. 3.4а), район будівлі (на рис. 3.5а), та регіон стіни (на рис. 3.6а) . У порівнянні з HE, результати CLAFE та HMF у певній мірі уникають проблеми надмірного посилення (неприродності). Однак у результатах CLAFE та HMF можна спостерігати невелику

проблему неприродності. Причина в тому, що ці два методи не враховують збереження натуральності. Порівнюючи наші результати з іншими, можна зробити висновок, що запропонований метод краще зберігає натуральність. Цей висновок можна також підтвердити, порівнявши результати покращення з високоякісними еталонними зображеннями. Більше порівнянь результатів показано на рис.3.3, рис.3.4, рис.3.5, і рис.3.6.



Рисунок 3.2 – Результати різних алгоритмів покращення зображення «двері»

Кількісні порівняння

Щоб кількісно порівняти різні алгоритми покращення, нижче розглянуто два широко поширені показники оцінки якості зображення (PSNR і SSIM). Порівняння PSNR різних алгоритмів покращення (включаючи HE, CLAHE, HMF і запропонований метод) на п'яти тестових зображеннях показано в таблиці 3.1. Можна показати, що запропонований метод отримує найкращий PSNR для всіх тестових зображень, що вказує на здатність точності значення пікселя зображення. У таблиці 3.2, даємо SSIM порівняння різних методів покращення. Результати

демонструють, що запропонований підхід перевершує інші алгоритми покращення з точки зору SSIM. Це вказує на здатність до точності структури зображення нашого методу.



Рисунок 3.3 – Результати різних алгоритмів покращення зображення «Маяк»

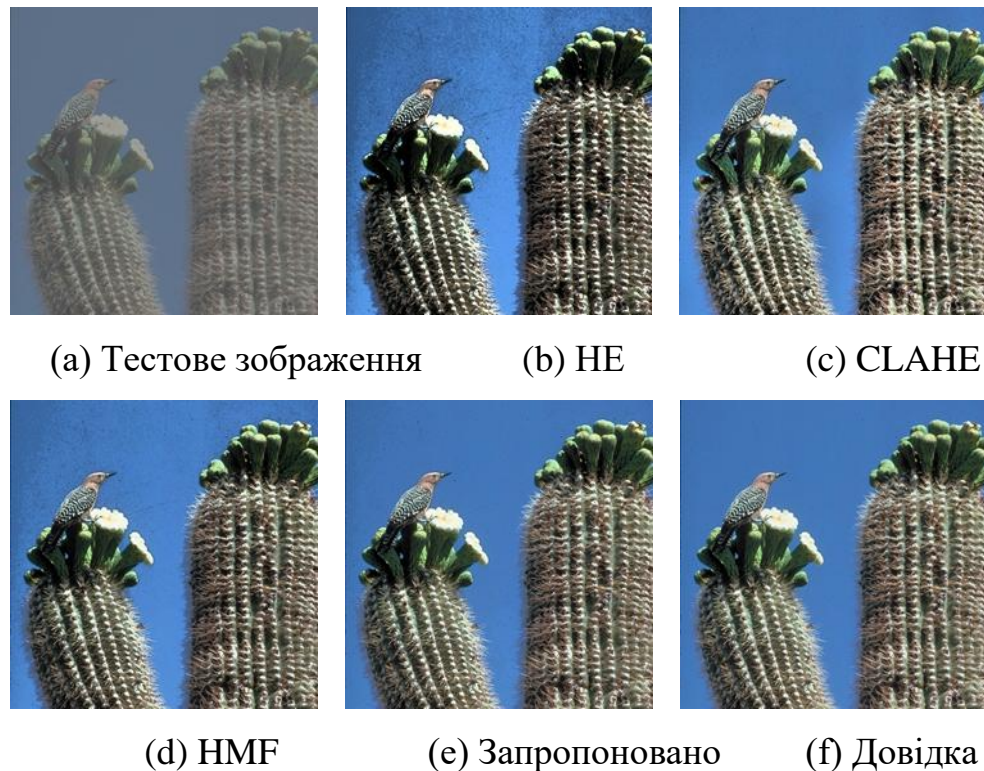


Рисунок 3.4 – Результати різних алгоритмів покращення зображення «Кактус»



(a) Тестове зображення (b) HE (c) CLAFE



(d) NMF (e) Запропоновано (f) Довідка

Рисунок 3.5 – Результати різних алгоритмів покращення зображення «Бостон»



(a) Тестове зображення (b) HE (c) CLAFE



(d) NMF (e) Запропоновано (f) Довідка

Рисунок 3.6 – Результати різних алгоритмів покращення зображення «стіна»

Таблиця 3.1 – Порівняння різних алгоритмів покращення з точки зору PSNR

	HE	CLAHF	HMF	Запропоновано
Зображення Двері	17.90	27,63	24.12	29,92
Зображення Маяк	17.84	23,94	23,94	35,92
Зображення Кактус	20.33	25,99	26.67	34,90
Зображення Бостон	17.34	28.23	23.89	34,74
Зображення Стіна	16.31	19.60	21.08	25.81

Таблиця 3.2 – Порівняння різних алгоритмів покращення з точки зору SSIM

	HE	CLAHF	HMF	Запропоновано
Зображення Двері	0,7690	0,9788	0,9442	0,9818
Зображення Маяк	0,7225	0,9439	0,9067	0,9925
Зображення Кактус	0,8887	0,9713	0,9752	0,9941
Зображення Бостон	0,7125	0,9645	0,9072	0,9865
Зображення Стіна	0,7416	0,8819	0,9097	0,9779

Отже, запропоновано метод автоматичного посилення контрасту зі збереженням природності. Основні внески цього методу:

- визначення суми ваги вихідної гистограми, однорідної гистограми та гистограми у формі Гауса як оптимальної цільової гистограми для посилення контрасту.
- використання міри структури та міри статистичної природності для визначення оптимальних параметрів.

Запропонований метод розглядає компроміс між посиленням контрасту та збереженням природності.

3.4 Підвищення контрастності відео

Покращення відео – це дуже складна робота, яка є набагато складнішою, ніж покращення зображення. Покращення відео має на меті не тільки покращити візуальну якість відео, але й не створювати побічних проблем. Не є хорошим рішенням безпосередньо застосовувати існуючий метод покращення зображення для обробки відеокадрів один за іншим. Оскільки така операція може призвести до мерехтіння кадрів у розглянутому відео. Щоб отримати кращі результати для відео, запропоновано тимчасовий метод посилення контрасту. Цей метод розширено з моделі посилення на основі злиття. По-перше, відеокадри перетворюються з колірному простору RGB в колірний простір HSV. Потім канал яскравості кожного кадру посилюється як методом глобального адаптивного посилення, так і локальним методом адаптивного підвищення. Ключовий прийом полягає в тому, що тимчасова узгодженість розглядається в глобальному методі, оскільки методи глобального покращення часто викликають мерехтіння, коли вони використовуються для покращення кожного кадру незалежно. Після цього отримується канал з злиттям посиленої яскравості з глобальними та локальними результатами. Нарешті, покращене кольорове зображення створюється за допомогою перетворення колірному простору HSV-RGB.

Експерименти демонструють, що запропонований метод перевершує інші алгоритми з точки зору покращення контрастності, якості візуального кольорового зображення та придушення мерехтіння [21].

З розвитком цифрових пристроїв для обробки зображень, захоплення відео дуже поширене. Однак отримані відеоролики зазвичай не є бажаними з точки зору візуальної якості. Зокрема, треба застосувати відповідний метод покращення для покращення візуальної якості розглянутих відео. Існує багато існуючих методів покращення зображення, включаючи метод на основі гістограми, методи на основі *genex*, методи на основі злиття та метод, заснований на навчанні. Одним із рішень

для покращення відео є безпосереднє виконання алгоритмів покращення зображення для кожного відеокадру. Така обробка зазвичай призводить до мерехтіння артефактів. Щоб отримувати висококонтрастні відео без мерехтливих артефактів, запропоновано без мерехтіння тимчасовий послідовний метод посилення для покращення контрастності відео.

3.4.1 Покращення зображення на основі гістограми

Одним з найпопулярніших методів покращення на основі гістограми є вирівнювання гістограми, який змінює вихідну гістограму на однорідну гістограму для отримання більш високої контрастності. Цей метод може призвести до небажаних артефактів, таких як надмірне посилення [22]. Різні пов'язані методи було запропоновано, щоб уникнути цих недоліків. Арічі представив загальну структуру вирівнювання гістограми для підвищення контрастності за допомогою оптимізації функцій витрат. Рівера застосував функції адаптивного відображення для отримання добре покращених зображень, які розширюють динамічний діапазон інтенсивності темряви та підтримують форми їх гістограм. Ли запропонував алгоритм покращення, заснований на пошаровому різницевому відтворенні гістограм.

Вирівнювання адаптивної гістограми з обмеженим контрастом є ще одним популярним методом покращення на основі гістограми, в якому вирівнювання гістограми розглядається локально. Такого роду локальні методи може покращити більше деталей у розглянутому зображенні та зберегти природність зображення. Старк запропонував адаптивний метод посилення контрасту зображення, заснований на узагальненні вирівнювання гістограми. Встановлюючи різні форми функцій відображення, цей алгоритм може отримати відповідні різні ступені посилення контрасту.

3.4.2 Покращення зображення на основі об'єднання зображень

Об'єднання зображень – це техніка поєднання корисної інформації з різних зображень, які описують одну й ту саму сцену. Результат злиття містить кращу видимість, ніж будь-які вхідні зображення. Об'єднання можна проводити на різних рівнях, таких як рівень сигналу, рівень пікселів, рівень функцій, рівень символу. Немає незалежно від того, який рівень вибрано, результати злиття повинні відповідати наступні дві умови: (1) злито зображення зберігає якомога більше інформації про вхідні зображення; (2) злиття зображення не містить нових артефактів або шумів. Мартенс запропонував практичний метод злиття експозиції на рівні пікселя для створення зображень із високим динамічним діапазоном. Результати можуть зберігати корисну інформацію в кожній послідовності зображень за допомогою зваженого змішування. Майн запропонував надійну модель злиття експозиції на рівні функцій щоб уникнути ефекту привидів. Ван запропонував варіаційний метод об'єднання багатофокусних зображень. Сімейство вагових функцій, що використовують локальний середній модуль градієнтів і перетворення ступеня, прийнято в методі Ван. Фу-н запропонував метод злиття для поєднання трьох компонентів освітлення. Цей метод може отримати хороші результати для зображень із слабким освітленням. Натхненний зоровою системою людини, Ян запропонував метод з'єднання декількох експозицій для покращення зображення при слабкому освітленні, який може дати кращі результати з невеликим викривленням яскравості [23]. Основою методу посилення Ян показано на рис.3.7.

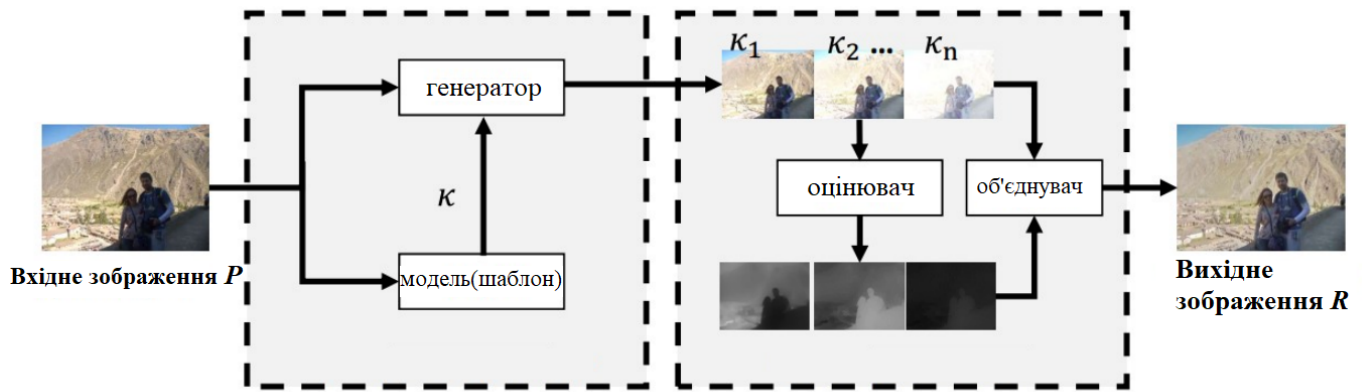


Рисунок 3.7 – Загальна структура методу багатоекспозиційного злиття Ян.

3.4.3 Поліпшення тимчасової узгодженості відео

Покращення відео не те саме, що покращення зображення. Проблема мерехтіння артефактів може виникнути, коли розглядається відео як велику кількість зображень і покращуємо кожен кадр незалежно. Щоб уникнути цієї проблеми, при покращенні відео слід враховувати тимчасову узгодженість. Бхат запропонував метод оптимізації градієнтного домену для фільтрації відео. Цей метод повинен вирішити задачу лінійної оптимізації для кожного кадру. Дон представив часовий узгоджений метод постобробки відео на основі меж, який залежить від сегментації меж та просторово узгодженого попереднього покращення. Занг запропонував ефективну систему прогресивного злиття на основі сприйняття для покращення недоекспонованого відео [24]. Ефективна просторово-часова фільтрація, що зберігає текстуру, виконується для отримання тимчасових результатів. Бонел запропонував загальний підхід до розширення фільтрів зображень на відео. Вони сформулювали його в градієнтній області і запропонували енергетичну функцію, яка дорівнює просторовому екранованому рівнянню Пуассона з тимчасовими обмеженнями. На рисунку 3.8 показаний приклад покращення тимчасової узгодженості.



(a) оригінальні вхідні кадри



(b) покращення зображення один за одним



(c) підвищення тимчасової консистенції

Рисунок 3.8 – Приклад покращення відео узгодженості в часі

3.5 Пропонований метод

Дозволяє $\mathbf{I}(t) = (I_r(t), I_g(t), I_b(t)) : \Omega \rightarrow [0, 255]^3$ вважати кольоровим зображенням RGB, t - індекс кадру в розглянутому відео, де $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ є в зображення домену. $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$ позначає позицію в області зображення Ω . Наша мета — отримати покращене кольорове зображення $\mathbf{F}(t) = (F_r(t), F_g(t), F_b(t))$. Загальна структура запропонованого методу посилення контрастності відео, що відповідає часу, проілюстрована на рис.3.9. Канал яскравості $Y(t)$ обробляється тимчасовим методом глобального контрастного посилення та локальним методом посилення контрасту відповідно. Потім глобально посилене сіре зображення $G_{Y(t)}$ і локально покращене сіре зображення $L_{Y(t)}$ об'єднані, щоб створити добре посилене сіре зображення $F_{Y(t)}$. Нарешті, покращене кольорове зображення $\mathbf{F}(t)$ виходить за допомогою перетворення колірного простору HSV2RGB. Детальний опис запропонованого способу представлено нижче.

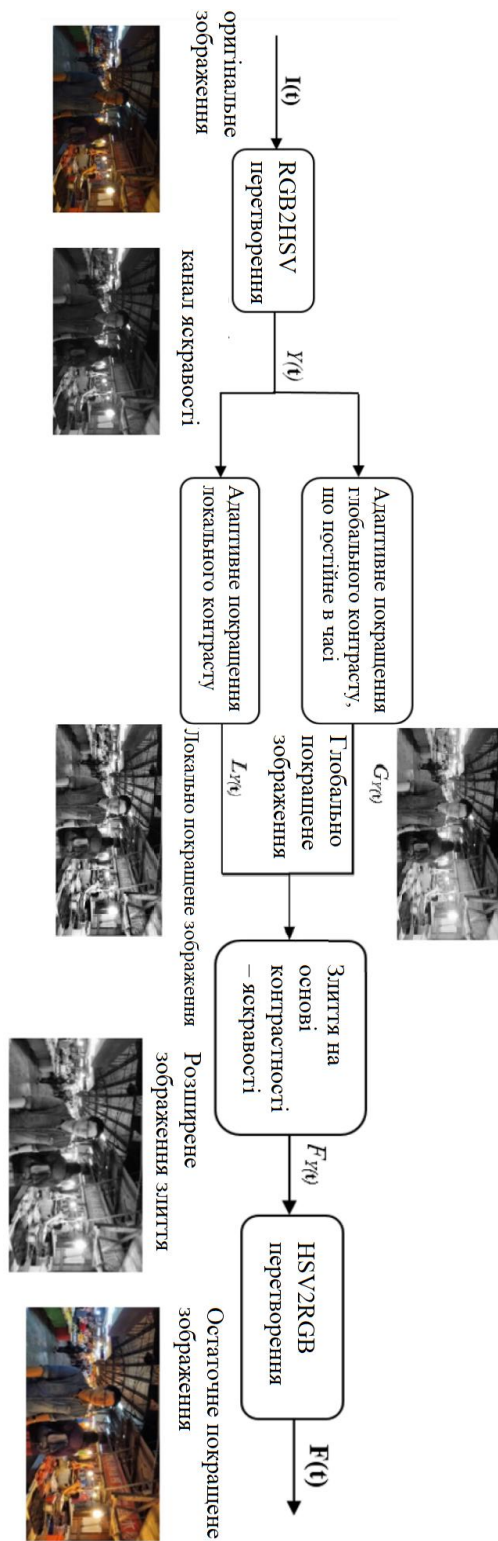


Рисунок 3.9 – Загальна структура запропонованого в часі послідовного методу підвищення контрастності відео. Вихідне зображення $I(t)$ має низьку контрастність. Остаточне покращене зображення $F(t)$ являє собою компроміс між глобальним контрастом і локальним контрастом.

3.5.1 Адаптивне покращення глобального контрасту з тимчасовою стійкістю

Розглядаємо сірий образ $Y(\mathbf{t})$, який є каналом яскравості вихідного низькоконтрастного кольорового зображення. Нормована гистограма зображення $Y(\mathbf{t})$ є $h_{Y(\mathbf{t})}$.

Методи підвищення контрастності на основі гистограми використовують гистограму зображення для отримання відповідної функції відображення для зміни значень пікселів і підвищення контрастності розглянутого зображення.

Традиційний алгоритм вирівнювання гистограми використовує вихідну гистограму розглянутого зображення для отримання функції відображення. Функція відображення T для зображення $Y(\mathbf{t})$ задається рівнянням.

$$T(i) = \left\lfloor (L-1) \sum_{j=0}^i h_{Y(\mathbf{t})}(j) + 0.5 \right\rfloor, \quad (3.4)$$

де $i \in [0, L-1]$ є вхідним цілим числом для функції відображення, $\lfloor \cdot \rfloor$ обчислює найближче ціле число розглянутого значення до мінус нескінченності $L=256$ для 8-бітових зображень.

Традиційні методи вирівнювання гистограм намагаються створити однорідну гистограму для покращеного зображення, розглядаючи кумулятивну гистограму як відповідну функцію відображення. Такий алгоритм вирівнювання гистограми часто створює неприродні зображення з візуальними артефактами. Для вирішення цієї проблеми загальна структура модифікації гистограми пропонується використовуючи функцію відображення, отриману з оптимальної модифікованої гистограми, контрастне зображення може уникнути неприродних артефактів. Модифікована гистограма $h_{Y(\mathbf{t})}$ слід бути ближче до нормованої рівномірної гистограми h_U і вартість залишку $h - h_{Y(\mathbf{t})}$ слід бути також малий. Проблема з отримання в оптимальний змінений гистограма \tilde{h} може бути розглядається як розв'язання задачі

двокритеріальної оптимізації. Оптимальний змінений гистограма h може бути сформульовано як а зважений сума з два терміни, показані в

$$\min_h (\|h - h_{Y(t)}\| + \lambda \|h - h_U\|), \quad (3.5)$$

де $\|h - h_{Y(t)}\|$ є нормою $h - h_{Y(t)}$, $\|h - h_U\|$ є нормою $h - h_U$,, і параметр $\lambda > 0$ налаштує компроміс між підвищенням контрастності та точністю даних.

Оптимальний змінений гистограма \tilde{h} є а зважений сума з $h_{Y(t)}$ і h_U . Це є а простий і ефективне рішення для отримання модифікованої гистограми. Проблема мерехтіння може виникнути, коли застосовують цей метод для обробки відео. Отже, розглядаємо сусідні кадри струмувідеокадр для створення функції відображення.

Використовуючи метод, можна отримати функцію відображення $T(t)$ зображення $Y(t)$, і функція відображення $T(t - 1)$ зображення $Y(t - 1)$. Потім обчислюємо середнє між $T(t)$ і $T(t - 1)$. Оновлений результат розглядається як нова функція відображення зображення $Y(t)$. Ця стратегія може уникнути або зменшити проблему мерехтіння. (рівн.3.6) дає оновлений обчислення $T(t)$.

$$T(t) = 0.5T(t) + 0.5T(t-1), \quad (3.6)$$

3.5.2 Адаптивне покращення локального контрасту

Запропонований метод адаптивного підвищення глобальної контрастності може покращити глобальний контраст і яскравість всього зображення. Однак, по суті, це глобальний метод, який може зменшити локальний контраст або детальну інформацію в оригінальному зображенні. Тому розглядається адаптивне покращення локального контрасту, щоб покращити локальний контраст і зберегти детальну інформацію. У нашому інструменті застосували традиційний метод адаптивної гистограми з обмеженою контрастністю (CLAHE). Оскільки такий метод локального

посилення контрасту не призводить до проблеми мерехтіння, тимчасовий узгодження не використовується в цьому кроці.

3.5.3 Злиття на основі контрастності і яскравості

Використовуючи злиття експозиції, розробляємо структуру злиття на основі контрастної яскравості, щоб отримати остаточне покращене зображення $F_Y(\mathbf{t})$ із глобально покращеного зображення $G_Y(\mathbf{t})$ і локально покращене зображення $L_Y(\mathbf{t})$. Ця структура злиття може зберегти кращу контрастність і яскравість для кожного пікселя, оскільки використовується вагові показники на рівні пікселя на основі яскравості, щоб об'єднати кожен піксель. По-перше, карти ваги глобального покращеного зображення та локального розширене зображення обчислюються за допомогою рівняння 3.7.

$$W_d = \min\{C_d, B_d\}, \quad d \in \{G, L\}, \quad (3.7)$$

де W_d карта ваги, C_d є мірою контрасту, B_d є мірою яскравості та операція \min може ефективно порушувати відповідний низький контраст, низьку яскравість (недоекспонування) або високу яскравість (переекспонування). C_d отримано за допомогою фільтра Лапласа, який може призначати високі ваги краям і текстурам у відповідному зображенні. B_d обчислюється за кривою Гаусса,

$$\exp\left(-\frac{(i-0.5)^2}{2\sigma^2}\right), \quad \text{де } \sigma = 0,2$$

яке може призначати високі ваги до значень пікселів, близьких до 0,5, і визначити низькі ваги до значень пікселів, близьких до 0 (недоекспозиція) або близько 1 (надмірна експозиція). По-друге, дві карти ваг нормалізуються рівнянням 3.8, щоб забезпечити а послідовний результат злиття.

$$\hat{W}_d = \frac{W_d}{W_G + W_L}, \quad d \in \{G, L\} \quad (3.8)$$

Нарешті, результат злиття отримано за формулою 3.9.

$$F_{Y(t)}(\mathbf{x}) = \hat{W}_G(\mathbf{x}) \cdot G_{Y(t)}(\mathbf{x}) + \hat{W}_L(\mathbf{x}) \cdot L_{Y(t)}(\mathbf{x}), \quad (3.9)$$

де \mathbf{x} - це положення пікселів у зображеннях.

3.6 Поєднання методу адаптивного покращення локального контрасту та злиття експозиції на основі контрастності і яскравості

Запустивши запропонований метод і кілька методів покращення зображення на деяких відео кліпи з сайту Youtube. Алгоритми порівняння включають глобальне покращення контрасту на основі гістограм модифікації (Arici'09), Рівера покращення за допомогою поділу каналів (Rivera'12) та Ян Bio-Inspired MultiExposure Fusion Framework для покращення зображення (Ying'17). Вихідні коди Rivera'12 та Ying'17 доступні на домашній сторінці авторів. Відтворили метод of Arici'09 (Для всіх експериментів параметр $\lambda = 1$) [24]. Щоб оцінити ефективність запропонованого методу адаптивного покращення, у наступних частинах розглядаються як якісні порівняння, так і кількісні оцінки.

3.6.1 Суб'єктивні порівняння

У цій частині показується деякі оригінальні тестові зображення у відео та відповідні покращені зображення, щоб суб'єктивно порівняти ефективність цих алгоритмів покращення. У порівняннях враховано посилення контрасту, збереження природності.

Рисунок 3.10 показує покращені результати кількома методами. Arici'09 дуже добре підсилює глобальний контраст, однак локальний контраст не бажаний. Rivera'12 трохи посилює темну область і надмірно посилює світлу (колір скла і неба насичені). Ying'17 отримує найвищу яскравість, що робить колір зображення, здавалося б, розмитим. В результаті наш метод дає хороші результати як у темних, так і в світлих областях від поєднання глобально покращеного зображення та локально покращеного зображення.



(a) Оригінальне зображення

(b) Arici'09

(c) Rivera'12



(d) Ying'17

(e) Запропонований метод

Рисунок 3.10 – Порівняння результату

Деякі інші результати показані на рисунку 3.11, 3.12 і 3.13, які демонструють, що запропонований метод дозволяє отримати хороші результати як у темних областях, так і в світлих областях. Інші алгоритми або злегка підсилюють темні ділянки, або надмірно посилюють світлі області, які дають небажані посилені результати.



a) Оригінальне зображення

(b) Arici'09

(c) Rivera'12



(d) Ying'17



(e) Запропонований метод

Рисунок 3.11. – Порівняння результату



a) Оригінальне зображення



(b) Arici'09



(c) Rivera'12



(d) Ying'17



(e) Запропонований метод

Рисунок 3.12 – Порівняння результату



a) Оригінальне зображення



(b) Arici'09



(c) Rivera'12



(d) Ying'17



(e) Запропонований метод

Рисунок 3.13 – Порівняння результату

3.6.2 Об'єктивні порівняння

Для об'єктивного порівняння вищезгаданих методів нижче розглядаються два широко поширені показники оцінки якості зображення. Пропонується метод оцінки контрасту за допомогою оцінки видимих країв (VEA). Цей показник оцінює контраст покращення за трьома показниками: e оцінює здатність до відновлення країв, r^- – середнє співвідношення градієнтів у видимих краях, Σ являє собою відсоток пікселів, які стають насиченими після покращення. Вищі значення e і r^- є кращим покращенням контрасту. Менше значення Σ вказує на кращу здатність збереження діапазону значень пікселя. Результати оцінки наведені в таблиці 3.3, яка демонструє, що запропонований метод перевершує інші алгоритми щодо покращення контрасту (вищі e та r^-).

Таблиця 3.3 – Середня VEA алгоритмів покращення для тестового набору даних

	Arici'09	Rivera'12	Ying'17	Запропонований
e	-0.0126	-0.0213	-0.0371	0.0060
r^-	2.0449	1.6985	1.9347	2.5614
Σ (%)	0.0937	1.9886	0.3362	0.0217

Панета запропонував вимірювання якості кольорового зображення (CQE), що поєднує показники контрастності, різкості та барвистості. Чим вище значення CQE, тим краща якість розглянутого кольорового зображення. Використовується цей показник для оцінки нашого методу та кількох порівняних алгоритми на наборі тестових даних. Результати наведені в таблиці 3.4, яка свідчить про те, що за якістю зображення запропонований метод перевершує інші алгоритми.

Таблиця 3.4 – Середній CQE покращених зображень

	Оригінал	Arici'09	Rivera'12	Ying'17	Запропонований
CQE	0,4190	0,4770	0,5145	0,4500	0,5197

Зібравши чотири кліпи з вищезгаданих відео. До порівнявши артефакт мерехтіння, отриманий цими методами, ми оцінили варіацію середнього значення яскравості вихідного відео та покращеного відео, що показано на рис. 3.14 можна легко помітити, що Ян, Bio-Inspired Multi-Exposure Fusion Framework для зображення посилення (Ying'17) дає нестабільні результати.. Зміна середніх значень яскравості Ying'17 не має відношення до оригінального відео. Це здатне підняти мерехтіння-артефакт. Всі варіації середніх значень яскравості інших методів мають відношення до вихідного відео. Це означає, що Arici'09, Rivera'12 і запропонований метод не створюють миготіння артефактів. На рисунку 3.8 також можна побачити, що середня яскравість за запропонованим методом краща за результати Arici'09 і

Rivera'12. Це дасть кращі видимі покращені результати. Результати Ying'17 отримати найвищу середню яскравість. Однак це найвище значення робить підвищеним зображення, здавалося б, розмитого. Коротше кажучи, пропонувані способ отриманий бажано удосконаленим результатів і не викликає миготіння-артефактів. Пряме порівняння мерехтіння-артефактів може бути легко побачити з відповідних покращених відео. Деякі демонстраційні відео показані в домашня сторінка проекту.

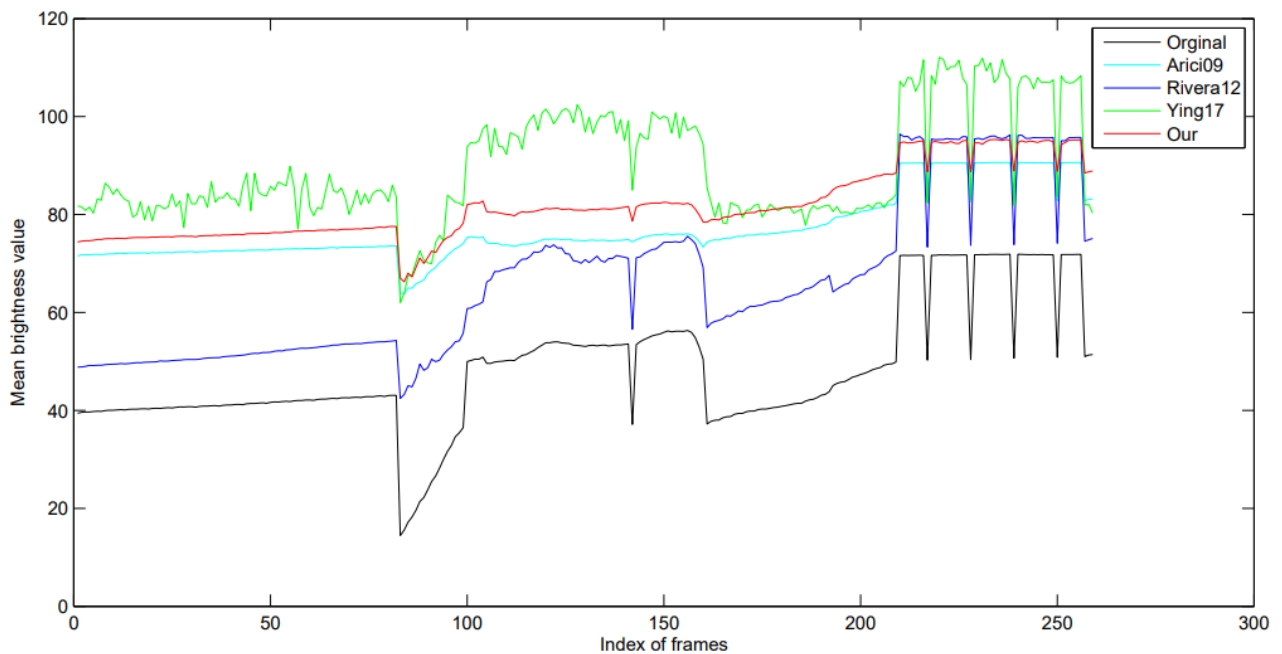


Рисунок 3.14 – Середні значення яскравості вихідних кадрів з низькою контрастністю та покращених результатів

Висновки до розділу 3

Запропоновано постійний у часі метод адаптивного посилення контрасту для відео. На основі проведених досліджень показано, що тимчасовий послідовний метод посилення для адаптивного покращення глобального контрасту.

Розроблено метод злиття зображень на основі контрасту і яскравості для отримання остаточних покращених зображень. Експерименти демонструють, що

запропонований метод перевершує інші методи покращення з точки зору візуальних порівнянь предметів, об'єктивних оцінок та проблеми мерехтіння.

Запропонований метод розроблено на основі алгоритму, який базується на модифікації гистограми та структурі злиття, оскільки лише зміна гистограми може призвести до неприродних результатів.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Загальні відомості

При дослідженні ринку мультимедійного контенту, суть стартапу полягає у тому, що запропоновано програмне забезпечення на основі метода підвищення контрастності зображення для отримання кращої візуальної якості.

Зміст ідеї та її характеристики наведено у табл. 4.1 та табл. 4.2

Таблиця 4.1 – Зміст ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Програмне забезпечення на основі метода підвищення контрастності зображення для отримання кращої візуальної якості.	Кінематограф	Візуальне покращення якості відзнятого матеріалу
	Системи комп'ютерного зору	Функції для роботи з відеорядом для покращення зображення

Таблиця 4.2 – Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонован ий метод	Загальножив аний метод			
1	Встановлення та можливість налаштувати ПЗ	Дає змогу	Дає змогу	На потужний процесор розробка програмног о середовища	Виправдане очікування витратаним коштам за підвищений рівень зручності у роботі	Відносно інших, рішення є більш потужни м
2	Робота на низько потужному апараті з великими даними	Дає змогу	Не дає змогу	Отримання гарного результату становить набагато менше 100%	Додаткова функція додаткові виконувані функції	Можливіс ть створити свої додаткові бібліотек и даних для роботи з інфорядо м

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

4.3 Таблиця- Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Можливість роботи з аналізом та обробкою зображення	Персональне налаштування програмне забезпечення	Наявна	Доступна
2		Використання програмного забезпечення	Наявна	Доступна
3		Додаткові функції для використання під час обробки зображення	Наявна	Доступна

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку(найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	10
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	550000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зацікавлення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$550000/120000 = 156\%$

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Програмне забезпечення для обробки відеоряду та аналізу його	Програмне забезпечення	Очікувальні рівні отриманого результату якості	Отримання очікуваний результат
2	Обробка великих даних при невеликій потужностях пристроїв		Кожен з цільових потенційних клієнтів мають потреби при обробці та аналізу зображення	Можливість створити свої додаткові бібліотеки даних для роботи з інформом

Таблиця 4.6 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Незацікавленість клієнта	Недостатня цікавість потенційного клієнта може залежить від невдалої рекламної компанії	Додаткові функції
2	Втрата Конкурентоспроможності	Зміна надійності поставника	Потужне та якісне збільшення інтенсивної та адекватної цінової політики

4.7 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива компанії реакція
1	Становлення домінантної позиції над ринком	Збільшення обсягів	Збільшення якісної потужності
2	Програмне забезпечення	в результаті кількість користувачів зростає	Збільшення обсягів

Таблиця 4.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Конкуренція	Практикуючі вже існуючі програмні забезпечення	Стандартизація на високому рівні
2. Локальний	Відсутність єдиного постачальника послуг	Окремий підхід до кожної локальної ділянки
3. Міжгалузєва	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Застосування стандартизованих технологій	За необхідності, використання загальноповживаних апаратних та програмних засобів
5. Цінова	Застосування спеціалізованих програмних середовищ, які мають значну ціну	Можливості заощадити за допомогою застосування загальноповживаних апаратних засобів
6. Марочна	Кожна діагностика має бути стандартизованою	Отримання переваги на ринку медійних послуг

4.9 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Постачальники програмного забезпечення	Необхідність пошуку постачальників	Залучення малопопулярних постачальників	Незалежність прийняття клієнтських рішень	Надання переваги більш авторитетним функціональним рішенням
Висновки:	Середня	Можливість виходу на ринок є	Постачальники диктують цінову політику на додатки та додаткові функції	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від діагностики

Таблиця 4.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональніший ціновий показник	Можливість більш раціонально використати ресурси на покращення якості дослідження виробництва мультимедійного контенту
2	Надання сервісних послуг	Сервісна підтримка апаратної та

		програмної частини
--	--	--------------------

Таблиця 4.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Раціональніший ціновий показник	15		+						
2	Надання сервісних послуг	12					+			
3	Періодична діагностика	7			+					
4	Необхідність залучення висококваліфікованих кадрів	7							+	

Таблиця 4.12 - SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, надання сервісних послуг	Слабкі сторони: періодична діагностика, необхідність залучення висококваліфікованих кадрів
Можливості: Перехід до використання стабільного програмного середовища. Імплементация методу в існуючі комплекси	Загрози: Незацікавленість клієнтів, Втрата монополії

Таблиця 4.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з компаніями, що використовують системи комп'ютерного зору та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	незначні
2	Використання сервісів загального вжитку для підвищення конкурентоспроможності	середня	незначні

Обрана альтернатива - укладення договорів з маркетинговими, медійними компаніями та соціальними мережами, а також швидке захоплення ринку при використанні нового рішення.

4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу сегмент у
1	Охоронні виробництво пігулок стандарту компанії, деталей, єдиного	Середня	Високий	Середня	Середня
2	Індивідуальні проекти	Низька	Середній	Середня	Висока

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Використання альтернативних технологій	Встановлення нового стандарту якості	Зацікавлення та залучення гігантів	Стратегія диференціації
2	Дешевизна проекту	Раціональніші витрати на створення та подальшу підтримку	Застосування загальноживаних програмних рішень замість спеціалізованих комплексів	Стратегія лідерства по витратах

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Забирати існуючих та шукати нових	Не буде	Стратегія виклику лідера

Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока послуг якість	Стратегія диференціації	Новизна, якості, дослідження гарант точність	Якість, точність надійність,
2	Мінімальні витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Дешевизна, універсальність

4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.18 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Якість	Висока якість, надійність	Надійність
2	Дешевизна	Раціональне використання коштів, дешевше обладнання	Дешевизна

Таблиця 4.19 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Якісний товар та послуги, стандартизована якість послуг		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/ характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1)Вартість обслуговування,	1) М	1) Е
	2)Кількість комплектів	2) М	2) Пр
	обладнання 3)Строк	3) М	3)Нд 4)Тх
	безвідмовної праці	4) М	
	4)Технологічна собівартість товару		
	Якість: міжнародні стандарти якості, постійна підтримка обладнання		
	Доставка, встановлення та налаштування		
	Марка: Відеооробка та аналіз		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – обладнання, встановлення		
	Після продажу – сервісна підтримка		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: специфічна методика обробки даних і контроль якості відео-трансляції.

Таблиця 4.20 - Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000 у.о./од. (стандартна методика)	-	Середній	Н.5000 у.о. В.11000 у.о. (Товар) Н.300 у.о. – В.1000 у.о. (Послуга)

Таблиця 4.21 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на отримання максимальної якості результатів обробки та аналізу відеоряду	Поставки якісного, точного та надійного товару	Значна	Договірна система збуту

Таблиця 4.22 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Зацікавленість в якісному та точному продукті з раціональним використанням ресурсів	Мережні ресурси	Гарантованість якості та стандартизація, політика сервісності	Зацікавити у покращеннях пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Представлення центру синхронізації відправною точкою на шляху до над якісного контенту
2	Зацікавленість у великій кількості продукту із дотриманням умов якості	Мережні ресурси	Глибина каналу постачальників, гарант якості	Зацікавити у позитивних сторонах первісності та в глибині каналу постачання	Представлення послуг центру синхронізації єдиним раціональним шляхом у забезпеченні якісного інструменту обробки аналізу відеоконтенту

Висновки до розділу 4

1. Комерціалізацію стартап-проекту щодо розвитку та впровадження запропонованого програмного середовища для обробки та аналізу відеоряду, можна вважати доцільною. На дану пропозицію на ринку подібних послуг присутній попит, наразі він задовольняється програмами заміниками та більш дорогими рішеннями, саме тому важливо зайняти нішу конкурента у якості поставника вигідного продукту, порівнюючи з конкурентами. Рентабельність на ринку послуг насамперед обумовлена заміною повної апаратної залежності на універсальність, що обумовлена використанням не спеціалізованих комплексів, а загальноживаного програмного та апаратного забезпечення.

2. Впровадження є перспективним, адже основними групами клієнтів є компанії, що потребують універсальних та якісних систем комп'ютерного зору, медицина, системи відеоспостереження, і після набуття достатньої авторитетності можливе охоплення у масштабах міжнаціональних ринків. Конкуреноспроможність проекту обумовлена меншою ціною на повний продукт та роотою з великими масивами даних в умовах, коли конкуренти за цим параметром у даних умовах програють. Це вигідно вирізняє запропоноване рішення, власне, і є основним критерієм входження на ринок.

3. Обраною альтернативою впровадження було обрано – пошук альтернативних програмних рішень для обробки та аналізу відеоряду. Імплементация проекту доцільна, оскільки рентабельність та зацікавленість потенційних груп клієнтів створює досить сприятливі умови для розвитку проекту.

ВИСНОВКИ

В рамках магістерської дисертації проведено запропоновано та досліджено постійний у часі метод адаптивного посилення контрасту для відео. На основі проведених досліджень отримано наступні результати:

1. Проаналізовано теоретичні засади цифрової обробки зображень шляхом аналізу існуючих кольорових просторів для представлення кольорового зображення. Розглянуто існуючі методи колірної корекції.

2. Проведено огляд застосування корекції кольору, яка відіграє важливу роль при створенні мультимедійного контенту для покращення візуальних результатів, а також є складною методикою у дослідженнях обробки зображень і споживчих системах кольорових зображень.

3. Досліджено та описано методи покращення контрасту зображення. Приведено ряд методів посилення контрасту для регулювання глобального контрасту і локального контрастів зображень.

Метод вирівнювання гістограми робить гістограми розширених результатів максимально однорідними. Він робить деякі області світлішими або темнішими, що робить результати неприродними. Методи адаптивного вирівнювання гістограми з обмеженим контрастом та метод модифікації гістограми у певній мірі уникають проблеми надмірного посилення (неприродності). Причина в тому, що ці два методи не враховують збереження натуральності.

4. Проведено дослідження реалізації алгоритмів вирівнювання гістограми в програмному середовищі MATLAB шляхом застосування приведених методів, а також запропоновано покращити структуру зображення, використовуючи статистичну міру природності, а також гістограму Гауса для досягнення завдання збереження природності. Дослідження показали, що визначення суми ваги вихідної гістограми, однорідної гістограми та гістограми у формі Гауса як оптимальної цільової гістограми для посилення контрасту дають більші значення показників оцінок якості зображення (PSNR і SSIM), а використання міри

структури та міри статистичної природності є одним із шляхів покращення зображення за визначенням оптимальних параметрів. Запропонований метод розглядає компроміс між посиленням контрасту та збереженням природності

5. Досліджено метод з'єднання декількох експозицій для покращення зображення при слабкому освітленні, який може дати кращі результати з невеликим викривленням яскравості

6. Розроблено метод злиття зображень на основі контрасту і яскравості для кольорової корекції відеоконтенту. Експерименти демонструють, що запропонований метод перевершує інші методи покращення з точки зору візуальних порівнянь предметів, об'єктивних оцінок та проблеми мерехтіння. Запропонований метод розроблено на основі алгоритму, який базується на модифікації гістограми та структурі злиття, оскільки лише зміна гістограми може призвести до неприродних результатів.

7. Розроблено стартап-проект. Проведено дослідження доцільності та рентабельності даного проекту та визначено, що комерціалізація проекту є доцільною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Железняков В. Н. Цвет и контраст. Технология и творческий выбор. Учебное пособие. Киев : ЦУЛ, с.2015. 286.
2. А. Роуз. Зір людини і електронний зір.
3. Кулешов Л. Азбука кинорежиссуры / за ред. к. т. н. В. Г. Пелля и канд. искусствоведения Н. В. Крючечникова: Искусство, 1969.
4. Тарковский А.А. Беседа о цвете. Киноведческие записки, 1998.
5. Лотман Ю.М., Семиотика кино и проблемы киноэстетики Лотман Ю.М. : Искусство, 1998.
6. Новак Дмитрий. Размышления о кино и фотографии. URL: <http://dmitrynovak.livejournal.com/82136.html> (дата звернення: 26.09.2021).
7. Янчус В.Э. Компьютерная обработка видеоматериала в кинематографической промышленности. Научно-технические ведомости 2016. с.7.
8. Немов Роберт. Психология. Словарь-справочник: В 2 ч. Часть 1
9. Янчус В.Э., Шабловский В.Г., Борович Е.В. Видеоарт как авангардное кино Дизайн. Материалы. Технология. 2016. с.104-107.
10. Кулешов Л. Азбука кинорежиссуры / за ред. к. т. н. В. Г. Пелля и канд. искусствоведения Н. В. Крючечникова: Искусство, 1969.
11. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. Прогресс 1974. с.288.
12. Зайцев А. С. Наука о цвете и живопись. Изд. Искусство. 1986.
13. Transformers 4: Age of Extinction: Behind the Scenes. Complete Movie Broll. Mark Wahlberg URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IGw25czO1wo> (дата звернення: 20.10.2021).
14. Трансформеры 4: Эпоха Истребления. Transformers 4: Age of Extinction URL: https://www.youtube.com/watch?v=Rw_JGqIuCDM (дата звернення: 06.10.2021).
15. Color Correction Basics Using Adobe Premiere URL: <https://blog.pond5.com/8153-color-correction-basics-using-adobe-premiere/> (дата звернення: 23.10.2021).

16. Color workflows Premiere URL:
<https://helpx.adobe.com/ca/premierepro/using/color-workflows.html> (дата звернення: 28.10.2021).
17. Эффекты цветокоррекции URL:
<https://helpx.adobe.com/ru/premierepro/using/color-correction-adjustment.html> (дата звернення: 15.11.2021).
18. Основы цветокоррекции: 7 советов для филммейкеров URL:
<http://snimikino.com/osnovyi-tsvetokorreksii-7-sovetov-dlya-filmmeikerov/> (дата звернення: 09.11.2021).
19. The Complete Guide to Premiere Pro Color Correction URL:
<https://blog.frame.io/2018/05/21/premiere-lumetri-guide/> (дата звернення: 20.11.2021).
20. Цветокоррекция и грейдинг на панели Lumetri Color в After Effects URL:
<https://videosmile.ru/lessons/read/tsvetokorreksiya-i-greyding-na-paneli-lumetri-colorv-after-effects.html> (дата звернення: 06.10.2021).
21. Основы цветокоррекции видео в Premiere URL:
<https://amlab.me/ru/colorgrading-foundation-premiere/study/lessons> (дата звернення: 26.11.2021).
22. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D и 3D изображений, 2011. с.608.
23. E. H. Land. The retinex theory of color vision,|| Scientific American, vol. 237, no. 6, 1977. pp. 108–128.
24. R. Davis. A correlated color temperature for illuminants,|| J. Res. Nat. Bur. Stand., vol. 7, no. 4, 1931, pp. 659–681.
25. C.L. Chen and S.H. Lin. Intelligent color temperature estimation using fuzzy neural network with application to automatic white balance,|| Expert Systems with Applications, vol. 38, no. 6, 2011, pp. 7718–7728.

ДОДАТОК А
ABSTRACT

Contemporary graphic applications offer a number of available methods of automatic photo processing. Thanks to them, photos that have not been photographed well have a chance of becoming attractive.

The biggest advantage of these applications is their automatic operation. Photo retouching is performed with minimal user effort, without requiring complicated graphic knowledge or skills.

Graphic applications enable automatic processing of the most common photo parameters:

- white balance
- color balance
- brightness
- contrast
- sharpening
- noise

In just a few steps, we are able to obtain immediate visual improvement in photography.

Setting the white balance allows you to obtain a natural white color, which depends on the prevailing lighting, the photo does not always turn out as it should. Moving on to improve color scheme, you can automatically adjust the color balance. In the event that automatic white balance adjustment will not bring satisfactory results, we are able to do so globally adjust the intensity of the main colors in the photo: red, green, and blue. Another very Brightness is a parameter that is often modified. Automatic lightening or dimming pictures can be difficult for pictures that are taken with the flash and when the light is on intensely bounces off the closest objects. The background turns out to be dark here, in unlike foreground objects which come out too bright.

White balance, brightness and contrast adjustments allow you to instantly improve your photography so good that no further retouching is necessary. This is essential when the user has to process a significant number of photos. Nevertheless, we can still try other features.

Contrast control is often used in tandem with brightness control. Contrast gives an image clarity. The greater the contrast, the sharper the photo appears. Unfortunately, the incompetent selection of the contrast value can lead to the "salt and pepper" effect appearing in the photo. Salt and pepper is colloquial determining the presence of multiple pixels that do not match the others (brighter or darker). In the photo it looks like it is covered with salt and pepper flecks. It is yours type of noise, which is a very undesirable effect, immediately spoiling the appearance of the entire photo.

Automatic removal of this type of noise from the photo is also one of the functionalities modern graphics applications. The result is available at the touch of a button. The automatic retouching functions mentioned so far concerned only the photo parameters.

There are also other features of photography that are also self-corrected. They are often the domain of a certain type of photography. For example, a very common problem with portrait photos is presence on them, the so-called the subject of red eyes. Autocorrect in this case is selecting the eyes and choosing the color of the iris of the eye. The application changes the red color to the one selected by user, or automatically tries to regain the original color of the iris of the eye.

Automatic photo retouching is irreplaceable when we want to quickly improve the appearance of the photo. This option is especially useful when there are many photos to be corrected. However, when accuracy counts,

The possibility of manually modifying the photo wins. The user is responsible for what is required change and how it should be done. Often, manual photo retouching is the finishing touch automatic photo correction. Problems that could not be fixed automatically, are manually attempted to remove.

The concept of manual retouching is very extensive and always depends directly on your intention user. There are some very interesting techniques, the effect of which is not achievable with automatic correction. One of them allows you to adjust the brightness of landscape photos.

When the weather is nice and the sky is extremely bright, the pictures taken can be quite big a discrepancy in brightness. The sky in the photo is too bright, often blending into one color. It's hard extract clouds or other details on it. The earth, on the other hand, often looks too dark. Change The camera's brightness settings are problematic in this case. Brightness decrease it will make the sky look better, at the expense of the earth's appearance. Increasing the brightness entails reverse complications. A very often used solution is taking two pictures. By the sky itself is photographed with appropriate brightness settings, followed by the settings are changed to correctly photograph the earth itself. Later, these photos are combined with each other in a graphic program (a fragment of the sky from one photo is connected with the earth on the other). In this way we get an attractive looking landscape photo where the sky is clear and the ground is good illuminated.

Another interesting example of manual photo processing is removing unwanted from them objects. It often happens that something unexpectedly intrudes while taking a photo photographer in front of the camera. Sometimes it's just inevitable, such as when photographing in a crowd. In this case, the objects in the foreground are unwanted and spoil the overall image. Their removal is not easy. Most often, the background duplication function is used for this purpose.

User selects the area closest to the fragment you want to delete and duplicates that area in the unwanted area. Problem appears when the background area is uneven.

There are computational photography algorithms that enable automatic deletion unwanted objects from the photo. The user marks the defective area in the photo and the algorithm tries to do it do automatically what the user would have to do manually using the function duplicate background. This is just one of the many possibilities of this algorithm. In fact, all sorts of things are possible modifications. A more detailed description of the algorithm can be found in the chapter on photography computing.

Determining the exact origins of computational photography is as difficult a topic as it is clarifying its uniform definition. Computational photography is an interdisciplinary field drawing from many other fields, including computer graphics,

machine vision, image processing, optics and traditional photography. Computational photography lies at the intersection these fields, now creating its own field of science, which is the subject of much new research and debates. Currently, the development of computational photography has significantly contributed to the development of new ones functionalities used in devices equipped with a built-in digital camera.

It is difficult to pinpoint when exactly the first algorithm was invented computational photography. You could say that computational photography has existed all the time since it existed the areas from which it draws. Giving an official name can be directly linked to the appearance digital photography, and with the more and more opportunities it has offered over the years. Algorithms originally used in computer graphics and computer vision began to be used for processing and manipulation of images obtained from digital cameras. The earliest examples of the use of computational photography are algorithms enabling the creation of HDR photos and panoramic photos - in both cases the product was photos impossible to obtain by the camera by traditional photography.

Panoramic photography derives from techniques that were originally used in aerial photography - the field of using photography consisting in taking pictures from a "bird's eye" view. Used techniques in aerial photography allowed the creation of topographic maps. Algorithms enabling "sticking" subsequent frames of photos have developed into one continuous whole to such an extent that the present photos panoramic images are efficiently generated automatically HDR (High Dynamic Range) photos allow you to get photos of scenes are characterized by a large total spread (the difference between the lightest and the darkest photo point is increased). It is possible thanks to the juxtaposition of several photos of the same frame but with a different exposure time for each of them. Currently, there are many applications targeting the mobile devices, enabling the acquisition of photos in HDR quality. Their execution takes a fraction seconds, and the user automatically receives the finished result without any additional effort.

Further examples of the operation of the earliest computational photography algorithms are photos obtained by compiling photos taken with and without flash. In this case thanks to computational photography, the user had the opportunity to create pictures rich in details and natural colors in poor lighting conditions. Obtaining similar photos using traditional photography would require a lot of skills and quite expensive equipment.

Like most algorithms with high computation, photo algorithms Computing were originally run on desktops since then had the greatest computing power. Use them directly on devices acquiring photos was impossible due to their inferior performance. Another cause preventing their relocation was the lack of a uniform architecture of these devices. An attempt to solve of this problem was the creation of the Frankencamera a conceptual device constituting the a complete platform for computational photography.

Using a smartphone for this purpose will allow you to get an immediate result a perfect portrait photo, without the need for additional photo processing by external applications. A given problem will be considered solved when it is met the following conditions:

- The algorithm will run automatically. Capture a photo with the built-in camera will immediately provide the finished result, without any additional input user.
- The algorithm should work efficiently. Application work should not go a long way battery load, and the memory allocated by the operating system cannot be left
- exceeded. In other words, the application process should never be stopped by operating system due to any abuse.
- The operation of the algorithm should always guarantee a portrait photo, where the photographed person does not squint their eyes. This condition illustrates. should be the product of the application's operation.

We also assume that the algorithm will receive the correct set at the beginning of its operation input data. Correct should be understood as a set of pictures that meet earlier described assumptions. In addition, the number of photos provided should be

large enough to ensure correct operation of the implemented algorithm. Sufficient number of photos will be provided on the implementation side of the photo acquisition mechanism by a mobile device. Arbitrarily we assume that the set of input photos should contain at least ten pieces.

When taking photos, we exclude the existence of the most malicious case – photographed the person's eyes are closed all the time, or one of the eyes is intentionally closed. We don't take it into account as this is not a natural case of taking portrait photos. We assume that they will be used in the traditional way, i.e. when taking a photo is acceptable and fully it is natural for a subject to blink their eyes from time to time. In addition, taking into account.

If you keep your eyes closed all the time, it would be contrary to the presumption of necessity provide the correct input for the algorithm at the start. During implementation, only the key attributes of the camera will be used. By key should be understood as those that will enable (or facilitate) proper operation the implemented algorithm of computational photography. For example, if the camera will support sequential photo capture mode, it will be used to acquire photos that they will then be used as input.

In order to eliminate the red-eye problem, pictures will be taken without using the flash. The red effect would make it unnecessarily difficult to determine whether or not a person has a photo open or closed (or squinted) eyes.

After launching the application, it will have the default camera settings defined include:

- focus (automatic)
- white balance (automatic)
- brightness (automatic)
- photo resolution (set arbitrarily)

Most of the settings are automatic, ie the software that manages the built-in camera the mobile device is responsible for adjusting the optimal settings before the shooting starts be sourced. The only setting that is not automatic is the image resolution

counted in pixels. Choosing the right resolution is one of the potential problems. It has been described in more detail in the final subsection. For now, however, it is worth mentioning that the choice appropriate resolution is selected arbitrarily, largely dependent on performance mobile device.

The selected settings will be valid for the lifetime of the application. They are not predicted changes in camera settings as a result of changing environmental conditions during the acquisition process.

All the assumptions described above have been introduced to facilitate implementation computational photography algorithm. Their introduction also allowed us to eliminate several problems not directly related to the purpose of this work. The most important thing, however, is that they allow a more precise way to specify the implementation of the algorithm.