

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Мультимедійний відеокомпресор

Назва теми

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

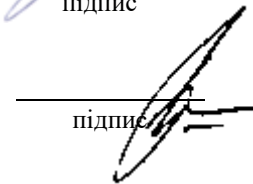
КПТР.2020056.01.06 ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група ТР2с-20-1


підпис

М.О. Малаш
Ініціали, прізвище

Керівник: д-р техн. наук, проф.


підпис

Ю.М. Бойко
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доц.


підпис

С.К. Підченко
Ініціали, прізвище

__01__ __06__ __2023 р.

Хмельницький, 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікації, медійних та інтелектуальних технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Освітня-професійна програма Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ТМІТ

С.К. Підченко

« 01 » _____ 03 _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

МАЛАШУ Максиму Олександровичу

1 Тема проєкту: Мультимедійний відеокомпресор

керівник проєкту Бойко Юлій Миколайович, д.т.н, професор.

Затверджено наказом ректора по університету від «01» 03. 2023р. № 5.

2 Строк подання студентом проєкту на кафедру: 20.05.2023р.

3 Вихідні дані до проєкту:

Провести розрахунки і дослідження процедур компресії відеозображень:

- розробити структурну схему мультимедійного пристрою обробки відеоконтенту;
- провести розрахунок та проектування пристрою кодування з перетворенням при обробці відеоконтенту;
- провести проектування структури компресора/декомпресора відеозображень у форматі JPEG
- провести розрахунок та опис принципів компресії інформації за методикою MPEG_2 (розглянути методику ефективного кодування, застосувати апарат дискретного косинусного перетворення та оптимального кодування за Хаффаном, розробити програму та представити порядок компресії відеоконтенту).

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Аналітичний огляд літературних джерел по темі кваліфікаційного проєкту.
- 2) Вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів.
- 3) Розробка та розрахунок методик відеокомпресії зображень.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень: 1) Система для мультимедійного оброблення відеоконтенту (Схема електрична-структурна (E1) формат -A1) (обов'язкове); 2) Процеси при цифровій ДІ-КМ та кодуванні з перетворенням (Схема електрична-функціональна (E2) формат -A1) (обов'язкове); 3) Компандер та експандер відеозображення формату JPEG (Схема електрична-структурна (E1) формат -A1) (обов'язкове); 4) Кодер відеозображень формату MPEG-2 (Схема електрична-структурна (E1) формат -A1) (обов'язкове); 5) Процеси перетворення при стисненні даних формату MPEG (Плакат, формат -A1) (додаткове).

6 Консультанти розділів кваліфікаційного проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 01.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

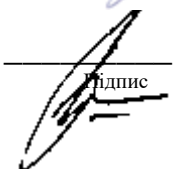
№ п/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційного проєкту	Термін виконання етапів кваліфікаційного проєкту	Примітка
1	Вступ. Аналітичний огляд літературних джерел по темі кваліфікаційного проєкту	01.03.2023	Вик.
2	Вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів	03.04.2023	Вик.
3	Розробка та розрахунок методик відеокompресії зображень	01.05.2023	Вик.
4	Висновки. Презентаційні матеріали за результатами виконання кваліфікаційного проєкту.	19.05.2023	Вик.

Здобувач


Підпис

М. О. Малаш
Ініціали, прізвище

Керівник проєкту


Підпис

Ю.М. Бойко
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проєкту: «Мультимедійний відеокompресор».

Автор роботи: Малаш Максим Олександрович

Керівник роботи: доктор техн., проф. Бойко Юлій Миколайович

Пояснювальна записка: 114 сторінок, 25 рисунків, 35 джерел.

Графічна частина: 5 креслення, 10 презентаційних слайдів

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМПРЕСОР, КОМПАНДУВАННЯ, ОБРОБКА СИГНАЛІВ, ДИСКРЕТНЕ КОСИНУСНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ, КОДУВАННЯ

Метою кваліфікаційного проєкту є проектування мультимедійного компресору даних на основі стандартів стиснення рухомих та нерухомих зображень MPEG та JPEG.

Розглянуто концепції у обробленні відеозображень. Описано засадничі процеси у побудові систем обробки відео. Здійснено вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів. Описана методика проведення перетворень у відеозображеннях для мультимедійних застосувань. З'ясовані процедури лінійної фільтрації відеозображень. Здійснено розробку та розрахунок методик відеокompресії зображень. Наведено принципи перетворень над зображеннями у форматі JPEG. Представлено розрахунок та опис принципів компресії інформації за методикою MPEG_2. Наведено програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG.

М. О. Малаш

Ініціали, прізвище здобувача


Підпис, Дата

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналітичний огляд літературних джерел по темі кваліфікаційного проекту.....	11
1.1 Концепції у обробленні відео-файлів.....	11
1.2 Загальна специфіка компресії/декомпресії у обробці відео.....	14
1.3 Зasadничі процеси у побудові систем обробки відео.....	16
1.4 Огляд характеристик адаптерів відеозображень.....	20
1.5 Принципи обробки аудіо-даних.....	21
Висновки до першого розділу.....	29
2 Вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів.....	31
2.1 Принципи оброблення відеофайлів з використанням комп'ютерних засобів	32
2.2 Методика проведення перетворень у відеозображеннях.....	37
2.3 Процедури лінійної фільтрації відеозображень.....	47
Висновки до другого розділу.....	52
3 Розробка та розрахунок методик відеокомпресії зображень.....	53
3.1 Якісні показники зображень.....	53
3.2 Застосування методик імпульсно-кової (І-КМ) та диференціальної модуляції (ДІ-КМ) при кодуванні відеозображень.....	56
3.3 Принципи перетворень над зображеннями у форматі JPEG.....	68
3.4 Розрахунок компресії відеозображень JPEG	68
3.5 Розрахунок та опис принципів компресії інформації за методикою MPEG2.....	76
3.6 Програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG.....	92
Висновки до третього розділу.....	98
Висновки.....	99
Перелік джерел посилання.....	100
Додаток А. Програма обробки відеозображень (Images Processing).....	103
Додаток Б. Презентаційні матеріали.....	104

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Мультимедійний відеокомпресор Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Малаш М.О.					4	
Перевірив		Бойко Ю.М.						
Н. контр.		Стецюк В.І.						
Затв.		Підченко С.К.						
						ХНУ, гр. ТР2с-20-1		

ВСТУП

Мультимедіа є інтерактивним носієм який надає низку способів представлення інформації користувачеві. Мультимедіа забезпечує взаємодію між користувачами та цифровою інформацією, тобто представляє собою середовище комунікації. Найбільш поширеними областями прикладного застосування мультимедіа є освіта, навчання, довідкові матеріали, бізнес - презентації, реклама та документальні фільми, тощо [1].

За визначенням мультимедіа є засобом представлення інформації у привабливій і інтерактивній формі з використанням комбінації тексту, аудіо, відео, графіки і анімації. Іншими словами мультимедіа можна подати як комп'ютеризований метод представлення інформації який спрямований на об'єднання текстових даних, аудіо, візуальних ефектів (відео), графіки і анімації. Як приклад такої синергії можна представити: засоби електронної пошти, месенджерів, відеоконференцій і службу мультимедійних повідомлень (MMS) [2].

Сучасний розвиток техніки і технологій диктує наступну трактовку мультимедіа, а саме як комбінація мульти- і медіа (об'єднує апаратне та програмне забезпечення) з метою передачі інформації, рис. 1 та рис. 2.



Рис. 1 – Складові мультимедіа як обладнання



Рис. 2 – Складові мультимедіа як програмне забезпечення

Серед основних складових компонентів мультимедіа можна виділити: текст, графіку яка в свою чергу поділяється на растрові зображення і на векторну графіку, аудіо, відео та анімацію [3]. В цьому зв'язку усі мультимедійні концепції містять певну кількість тексту. Тоді як сам текст може мати в наборі різні типи шрифтів, різних розмірів у відповідності до вимогам мультимедійного програмного забезпечення. Графіка спрямована на створення привабливої оболонки для мультимедійного контенту. Це обумовлено фізіологічними особливостями людини, коли в багатьох випадках більшості людей не подобається читати велику кількість текстових повідомлень з екрану. Такі обставини спричиняють на більше застосування саме графіки з метою якісного подання концепції доведення тої чи іншої інформації до користувача. Потрібно акцентувати на наявність двох типів графіки, а саме: растрової та векторної. Растрові зображення представляють собою реальні зображення які можна зняти з таким пристроїв як цифрові камери або сканери. Звичайно зображення растрових карт не редагуються. Крім того, растрові зображення вимагають великої кількості пам'яті. На відміну від растрових зображень – векторна графіка є нарисована на комп'ютері, вимагає меншого об'єму пам'яті і піддається редагуванню.

Аудіо-мультимедійні додатки використовують мову, музику і звукові ефекти. Такий набір засобів обумовлює їх назву як аудіо або звукових

елементів мультимедіа. Відповідно аудіо дані можуть мати аналогову і цифрову форму. В мультимедійних додатках використовується звук у формі цифрового аудіо.

Відео – термін який застосовується для рухомих картинок які найчастіше супроводжуються звуком (наприклад телебачення). Така форма мультимедіа здатна представляти великий об'єм інформації протягом незначного періоду часу. Цифрове відео корисне в мультимедійному додатку для показу реальних життєвих об'єктів. Відео форма мультимедіа має найвищу продуктивність при застосування комп'ютерної пам'яті, а також забезпечує оптимальну пропускну спроможність для інтернет-трафіку. Цифрові відеофайли можна зберігати на комп'ютері та забезпечувати високу якість відео контенту. Цифрове мультимедіа зручно передається через комп'ютерну мережу та піддається зручному редагуванню [4].

Анімація як частина мультимедіа, представляє собою процес створення статичного зображення у формі рухомої картинки. Практично, це неперервна серія нерухомих зображень які відображаються у певній послідовності. Крім того, анімація спрямована на створення додаткових ефектів з метою надання особливостей зображенням і є досить дієвим механізмом у мультимедійних додатках [5].

На теперішній час мультимедіа охопило багато галузей таких як освіта, маркетинг, банківська діяльність, маркетинг тощо. Якщо акцентувати увагу на комунікаційних технологіях та мультимедійних послугах то потрібно наголосити на сучасні можливості мультимедіа в напрямку надання основних телевізійних послуг, інтерактивних додатків, цифрового аудіо, доступ до цифрових мультимедійних бібліотек тощо.

Провівши короткий екскурс в мультимедіа, можна акцентувати на проблематиці застосування сучасних механізмів мультимедіа. Головним чином така проблематика обумовлюється вимогою щодо забезпечення сукупної обробки різноманітних даних у формі аналогового і цифрового контенту, відео в режимі «наживо» та поєднання нерухомих картинок. Таке різноманіття

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформаційних реалізацій мультимедіа, дані – у цифровій формі, відео-телеконтент у цифровій або аналоговій формі, створює необхідність поєднання окремих складових апаратних засобів з комп'ютерною технікою. В цьому випадку комп'ютерна техніка має пріоритет на управління під'єднаними пристроями для забезпечення вимог їх заданого об'єднаного функціоналу. Важливо акцентувати на те, що вектор розвитку мультимедіа спрямований на концепції спільної обробки різноманітних даних у цифровій формі безпосередньо пов'язаний із процедурами стиснення даних (їх компресії). До базових форматів стиснення відносяться алгоритми JPEG (джейпег) та MPEG (емпег).

JPEG (Joint Picture Experts Group) - об'єднана група експертів з зображень, що випускає стандарти стиснення нерухомих зображень. Запропонований групою формат JPEG, заснований на кодуванні плавних кольорних переходів, дозволяє в кілька разів зменшити обсяг даних при незначній втраті якості. Файли з зображеннями у форматі JPEG мають розширення JPG [6, 7].

MPEG (Motion Pictures Experts Group) [8] - група експертів з рухомих зображень, що випускає стандарти стиснення зображення, що рухається. Серія запропонованих нею форматів MPEG, заснована на стисканні надлишкової інформації, видаленні незначних деталей і представленні кожного наступного кадру у вигляді списку відмінностей від попереднього, дозволяє в кілька десятків (до 50) раз зменшити обсяг даних - знову ж таки. Кадри в форматі MPEG мають розмір 360x240 пікселів по 24 розряду кольору на крапку, і відтворюються зі швидкістю 25 кадрів в секунду. Файли з роликами у форматі MPEG мають розширення MPG.

MJPEG (Motion JPEG) - стандарт формату для стиснення образів в реальному часі, що використовується в системах Miro Video DC20, DC30 і Matrox Rainbow Runner [8]. У цьому форматі кодуються окремі кадри, а не зміни між ними, як у MPEG. Для відтворення фільмів у форматах MPEG необхідно декодувати або весь фільм заздалегідь, або по ходу виведення кадрів, в реальному часі. Найчастіше використовується другий спосіб, що вимагає

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досить значних процесорних ресурсів. Для прискорення декодування на повільних процесорах були розроблені апаратні декодери MPEG, виконані або у вигляді дочірніх плат, або вбудовані в основний відеоадаптер. Однак швидкі процесори (Pentium-133 і вище, а особливо - Pentium MMX) виконують декодування швидше багатьох звичайних апаратних декодерів, тому програмне декодування може виявитися вигідніше апаратного, а при використанні нестандартної частоти. Прискорювачі анімації відеоадаптерів ефективно використовуються для виведення фільмів у форматах MPEG, знімаючи з процесора навантаження за масштабування зображення і приведення його кольоровості до поточного колірному режиму екрану. Відеоадаптери з такими прискорювачами часто називають "Software MPEG" - "програмний MPEG", розуміючи програмне декодування з апаратним висновком.

Метою кваліфікаційного проекту є проектування мультимедійного компресору даних на основі стандартів стиснення рухомих та нерухомих зображень MPEG та JPEG.

Основні завдання кваліфікаційного проекту наступні:

- здійснити аналітичний огляд літературних джерел по темі компресії/декомпресії відео від час обробки інформації у мультимедійних додатках;
- провести вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів;
- розглянути методику перетворень у відозображеннях;
- виконати розробку та розрахунок методик відеокомпресії зображень (форматів JPEG/MPEG), з використанням базисних функцій дискретного косинусного перетворення (ДКсП), кодування з перетворенням, кодування за Хаффманом.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ПО ТЕМІ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

1.1 Концепції у обробленні відео-файлів

Оброблення відео-файлів найчастіше супроводжується задачами пов'язаними із процедурами змішування різних сигналів. Основна проблематика таких процедур продиктована наявністю низки телевізійних стандартів на світовому просторі, зокрема таких як: SECAM(СЕКАМ) (Séquentiel couleur à mémoire — послідовний колір з пам'яттю); PAL(ПАЛ) (Phase Alternating Line — пострічкова зміна фази); NTSC(НТСЦ) (National Television System Committee — Національний комітет з телевізійних систем) [9], крім того, важливо враховувати різноманіття контролерів обробки відео, моніторів і отже пов'язання з цим множина підходів до вирішення окресленої проблематики. Між тим, важливим чинником в такому об'єднанні (проведенні захоплення) є необхідне узгодження сигналів через процеси синхронізації і використання пристроїв генлуку (generated lock) [10]. Головна задача такого пристрою полягає у створенні можливостей у об'єднанні відео, зокрема зображень утворених комп'ютером (різноманітні графічні зображення, текстові рядки тощо) та відео у форматі наживо. Таким чином, додавання в таку схему обробки пристрою кодування дозволяє в підсумку здійснити перетворення комп'ютерного представлення зображення у формат телевізійного сигналу з можливістю його перенесення на відеоплівку.

Наочним прикладом реалізації мультимедійних систем є настільні студії обробки відео-файлів які призначені для монтажу та форматування комп'ютерних відео-кліпів, титрового доповнення відеофайлів, здійснення монтажних робіт при створенні анімаційних та кіно-фільмі тощо.

Загалом, як показує огляд літературних джерел [11-14] описані вище

системи					КПТР.2020056.01.06 ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Малаш М.О.			Мультимедійний відеокompresop Аналітичний огляд літературних джерел по темі кваліфікаційного проекту	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Бойко Ю.М.					11	
Н. контр.		Стецюк В.І.			Пояснювальна записка	ХНУ, гр. ТР2 _c -20-1		
Затв.		Підченко С.К.						

непов'язані з маніпуляціями, зокрема редагуванням, зображень у аналоговій формі. Для вирішення таких завдань, необхідно застосовувати процедури цифрового перетворення та введення у запам'ятовуючі комп'ютерні пристрої. В цьому випадку можливо застосування пристроїв захоплення зображення (Frame Grabber) [15] рис. 1.

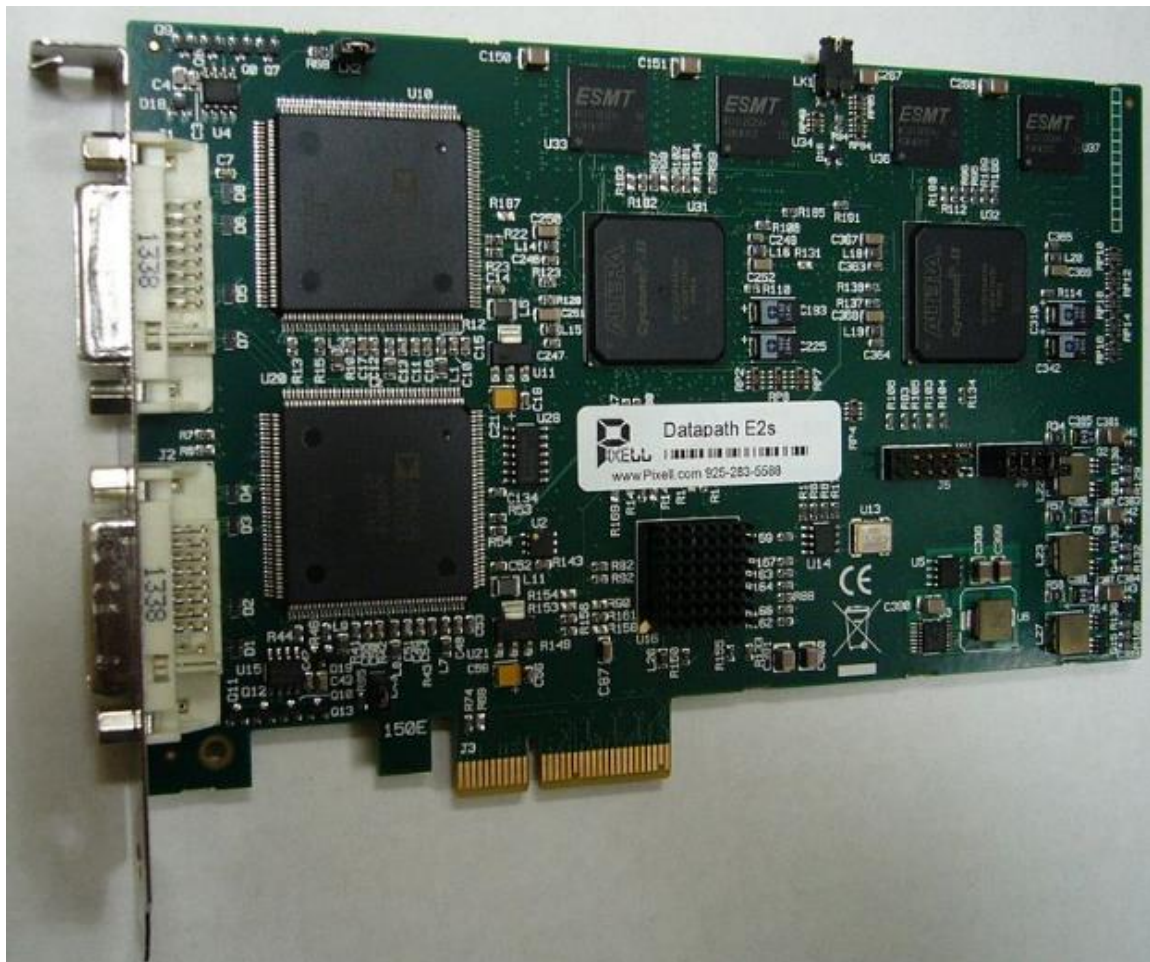


Рисунок 1.1 - Плата розширення DataPath VisionRGB-E2s із двома захопленнями кадрів [16]

Проведення процедур цифрового перетворення сигналів аналогової форми пов'язане з задіянням великих масивів пам'яті. Наприклад, для перетворення в комп'ютерну форму (кількість пікселів - 512482) зображення кадру стандарту НТСЦ (кількість рядків - 525) з допомогою такої плати (при 8-ми бітній формі подання крапки), потрібно заощадити 250 кілобайт ресурсу пам'яті із немінучим погіршенням якісних показників зображення при обмеженій кількості різних кольорів до 256. Необхідно врахувати, що з метою передавання зображень

загалом використовується близько 16 мільйонів відтінків, отже кольорова картинка формується за допомогою 24-х бітного формату і як наслідок – зростанні необхідних обсягів пам'яті. Цифрове перетворення відеокадру дозволяє в кінцевому рахунку здійснювати редагування за допомогою графічного редактору, здійснювати коригування або локальне видалення певних фрагментів і деталей, проводити підбір кольорової гами, масштабування, додавання необхідних спеціалізованих ефектів. При здійсненні інтерактивної обробки застосовуються можливості використаного відео-адаптеру. В такому випадку отримані кадри спрямовуються на носій для запису з використанням певного графічного формату та подальшим застосуванням для створення певних анімаційних комп'ютеризованих картинок та у вигляді фонових заставок. Існує певна практика і по кадрового оброблення відео з метою створення мультиплікаційних фільмів псевдореалістичного спрямування [17].

Запит стосовно значних об'ємів пам'яті, пов'язаний з вимогою до комп'ютерною технікою яка застосовується для записування лінійки кадрів зокрема і пов'язаний з особливостями технічної реалізації телевізійних стандартів. Так для стандарту НТСЦ кадрова частота складає 30кад/с для ПАЛ та СЕКАМ, відповідно 25 кад/с, що призводить до необхідного об'єму пам'яті близько 20 (30) Мбайт з метою розміщення в пам'яті 1-ї секунди відео в повноекранному режимі. Потрібно наголосити, що кадрові послідовності мають не лише бути розміщені в пам'яті, а і виведені у екранний формат з забезпеченням зладнаного темпу. Забезпечення швидкісних параметрів передачі інформаційних потоків на рівні 30 Мбайтів/с досить непряма задача. Отже, часто здійснюється зменшення об'ємів даних для передавання з метою комп'ютерного відображення цифрового відеоряду. В цьому випадку застосовуються підходи які ґрунтуються на мінімізації зображення та фіксації його в зменшеному вікні, здійснюють перетворення частоти кадрового розгортання (10 або 15 кад/с), йдуть на зміну розрізнявальної спроможності шляхом зменшення відношення бітів/піксель і як наслідок отримують практичний результат у погіршенні якісних показників зображень.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		13

1.2 Загальна специфіка компресії/декомпресії у обробці відео

З точки зору оптимізації проблематики ефективного використання ресурсів пам'яті і пропускнує спроможності при обробці відео, безперечно дієвим є механізм застосування процедур компресії/декомпресії даних. В цьому випадку існують дієві засоби стиснення інформаційних потоків, зокрема і перед їх розміщенням на зовнішньому накопичувачі і далі з можливістю роботи в реальному часовому режимі при зчитуванні та розгортанні і трансляції на екран. Загалом з метою відображення відео у рухомій формі досить ефективні адаптивно-різницеві методи компресії відео-даних які оперують порядками коефіцієнту від 100 до 1 та 160 до 1 [18]. Основна алгоритмічна особливість таких методик ґрунтується на засадах виявлення певних розбіжностей в деталях між послідовно крокуючими кадрами відео. Тут застосовується методика утворення так званого базового кадру на основі якого, для наступних кадрів, зберігаються ознаки лише відносних змін. Тоді у випадку кардинальних змін, коли, наприклад, відбувається монтаж кадрів застосовується методика автоматичного вибору нового кадру який фіксується як базовий. Зазначимо, що статичній формі зображень загалом притаманні істотно-нижчі значення коефіцієнту стиснення на рівні від 20 до 30 до 1.

Розглянемо схемну реалізацію процедур компресійного стиснення даних [20, 21]. Прийнято виділяти схеми типу симетричного та асиметричного формату стискання. У випадку асиметричного – інформація піддається компресії з використанням автономного режиму (в цьому випадку 1 сек. відео-даних піддається стисненню на протязі кількох секунд часто кількох хвилин комп'ютерною технікою із розміщенням на зовнішній ресурс). Тоді користувачке устаткування комплектується відносно недорогими платами-декодерами які дозволяють здійснювати відображення мультимедійного контенту в реальних часових умовах. Аналіз такого підходу, дозволяє зробити висновок щодо, з одного боку виникаючої можливості коригування коефіцієнтом

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		14

компресії для підвищення якості зображень, а з іншого боку, зникає можливість щодо створення власного мультимедійного контенту.

Симетрична технологія компресії та декомпресії звичайно реалізується за реальних часових умов в межах користувацького обладнання, що безперечно забезпечує можливість на базі такого обладнання користувачеві здійснювати розробку власного контенту, зокрема комерційно і, що досить зручно в домашніх умовах. Акцентуємо увагу, що симетрична технологія характеризується загалом тенденцією на зменшення якісних показників у зображеннях які наочно відображаються розмиванням кольорової гами або певним розфокусуванням. Наявність таких небажаних ефектів зумовлює активне застосування гібридної схеми за якою задача розробника лежить в площині налагодження і випробовування мультимедійного продукту з використанням власних програмних засобів за симетричною технологією, а далі «заготовка» у стандартній формі передається на фірму де її піддають компресії за допомогою більш серйозних з технічної точки зору комп'ютера із використанням удосконалених алгоритмів та далі розміщують на зовнішньому носії.

На поточний момент часу триває активна фаза щодо вдосконалення алгоритмічної бази щодо компресії відео з можливим значенням коефіцієнту нарівні 200 до 1 і вище. У наступних розділах кваліфікаційного проекту буде розроблено питання алгоритмізації процедур та методик стиснення в базисах математичних перетворень дискретного косинусного перетворення DCT (ДКП- Discrete Cosine Transform) [22, 23], застосування ІКМ (імпульсно-кодової модуляції у різницевій формі) [24], можливої фрактальної методики компресії [25]. Акцентуємо увагу, що апаратна алгоритмізація таких перетворень реалізується шляхом застосування або спеціалізованих мікросхем на базі вбудованого програмного забезпечення яке розміщується у пам'яті тобто – програмно.

Потрібно зазначити, що загальна концепція застосування різницевих компресійних алгоритмів характерна не лише при роботі з відеофайлами, вона

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		15

поширена і до анімаційних застосувань при роботі з комп'ютерною графікою зокрема при покадровій розробці мультиплікаційних фільмів в рисованій формі. Така концепція дозволяє зберігати такий відеоконтент, за необхідності шляхом розпакування виводити за умов реального часу на екран для візуалізації зберігаючи необхідні базові показники неспотвореного відтворення зображень (від 25 до 30-ти кад/с).

1.3 Засадничі процеси у побудові систем обробки відео

Спеціалізоване обладнання для мультимедійних центрів (відеобластерів) зокрема які працюють в режимі мультиплексування, є центральним ядром систем обробки відеоданих та відеоконтенту [26]. Загальна будова системи обробки відео контенту містить такі наступні складові – адаптер відео та монітор. Керування процесом створення відео зображення здійснюється через роботу адаптера відео даних на основі інформації відеосигналу. Задача комп'ютера в цьому випадку полягає у створенні оцифрованих даних які характеризують специфіку конкретного зображення і використовуючи ресурс ОЗП дані надходять на відео плату з метою їх процесорної обробки і перенесення у блок відео пам'яті. Такий процес наповнення відео пам'яті структури екранного зображення супроводжується процесами цифро-аналогового перетворення (АЦП). Врахуємо, що часто АЦП містить вбудовану пам'ять із довільним доступом (так звану RAM) яку використовують восьми-розрядних режимах як банк палітрового набору кольору і називають RAM-DAC. Завершальний етап АЦП – перетворення даних які містять цифровий вигляд в аналогову форму з метою спрямування їх на монітор. Для виконання такої операції АЦП кілька десятків разів за секунду в такт з частотою оновлення відбувається регенерація екрану. Враховуючи вимоги щодо забезпечення ергономічності така частота – регенерації має значення порядку 85 Герц, тобто тут враховується фізіологічний аспект людського ока відносно негативного впливу відчуття мерехтінь. Отже, описаний формат роботи відеоадаптерного та універсального пристрою накладає низку вимог на специфічні потреби до технологічних показників графічних

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		16

прискорювачів та інших плат. Слід врахувати і чинники що впливають на працездатність такої обчислювального комплексу, яка напряму визначається специфікою розрядності, вибором тактових частот, зокрема для шини даних для транспортування потоків між процесором та прискорювачем графічних даних який розміщено у відеоадаптері (якщо непередбачена безпосередня інтеграція графічного процесору з системною платою). Загалом, можна констатувати, що порт (32-х розрядна спеціалізована системна шина - Accelerated Graphics Port) забезпечує належну працездатність для більшості додатків [27]. Архітектурні засоби вдосконалення процесора який працює з графікою, зокрема основані на конвеєрній обробці, дозволяють за рахунок оптимізації часу виконання командних циклів підвищити ефективність обробки даних. Основне спрямування пов'язане з підвищенням працездатності ґрунтується на підвищенні розрядності та функціональних можливостей процесорів, зокрема на апаратному рівні, напрямком підвищення тактової частоти. Як результат, такі вдосконалення напряму впливають на швидкість накопичення відеопам'яті даним з графікою яку потрібно візуалізувати на екрані.

Одним з ефективних засобів підвищення продуктивності обмінних операцій з відеоданими в лінійці яка пов'язує процесор, пам'ять та RAM-АЦП є застосування двох портової структури пам'яті у формі буферу кадру – ОЗП для відеозображень (англ. VRAM - Video Random Access Memory) [28], який надає можливість щодо одночасного звернення кількох пристроїв, наприклад для запису графічної інформації з процесора зчитування і з RAM-АЦП. Такий ОЗП достатньо коштовний, що обумовлено його технологічною та функціональною складністю. Загалом напрямком пов'язаний з двома портовою пам'яттю актуальний в додатках з високою розрізнявальною спроможністю (1600 · 1200 та вище) такий вектор вдосконалення доцільний для швидкісних відео-прискорювачів. Альтернативне рішення полягає у нарощуванні розрядності шини даних. Стандартна розрядність яку використовують виробники має 128 бітів з 16-ти байтною здатністю передачі даних за такт. Отже, можна коригувати частоту звернень до відео пам'яті. Базовими показниками тут виступають тактові частоти

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		17

у 100, 125, 133... МГц які завіуються для відеоадаптерів пам'яті. Таким чином підвищення швидкісних показників перенесення даних утворених графічним процесором в RAM-АЦП тим швидше процес конвертації їх у зображення і безперечно підвищення реалістичності да деталізації зображень.

Особливістю сучасних адаптерів відеозображень є безпосередній зв'язок з вихідними телесигналами, а також наявність інтегрованих систем із можливістю проведення процедур захоплення кадрів. Наявні засоби стиснення та розгортання сигналів відеозображень за умов реального масштабу часу. Наявність швидкодіючої відео пам'яті (2-4 Мбайтів) та реалізовані процесори із графічними прискорювачами дозволяють обробляти від 30 до 50-ти кад/с, а отже забезпечують можливості роботи з рухомими повноекранними відеозображеннями.

В огляді торкнемося питань пов'язаних з специфіки вибору типів, призначення та особливостей адаптерів відеозображень.

Специфіка утворення відеозображень на екрані полягає у виконання послідовності перетворень, зокрема послідовно дані у двійковому форматі надходять до центрального процесора де виконується їх обробка. Наступний крок – використовуючи відповідні шини вони надходять до відеоадаптеру з метою цифро-аналогового перетворення а далі в аналоговій формі вони прямують на екран монітору та утворюють відповідні зображення. Цифрова обробка даних відбувається відео процесором. Після обробки, дані надходять до блоку пам'яті з метою утворення форматного образу відеозображення перед відтворенням на екрані. У цифровому вигляді утворений образ надходить до блоку RAM-АЦП з метою аналого-цифрового перетворення і потрапляють далі на екран де відтворюється очікуване відеозображення.

Якщо прослідкувати за всією послідовністю у перетворенні даних, можна визначити, що усі етапи проходження цифрових даних супроводжуються низкою перетворень пов'язаних з процедурами їх компресії, декомпресії та зберігання. Таким чином, важлива задача обробки відеоданих полягає у пошуку напрямків оптимізації зазначених операцій, що як можна передбачити, безпосередньо

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		18

підвищить продуктивність усього мультимедійного комплексу. Акцентуємо на тому, що у ланцюгу описаних вище перетворень, лише остання ділянка від RAM-АЦП до екрану монітора не піддається оптимізації.

Опишемо докладно специфіку взаємодії відеоданих в напрямку від процесора до екрану монітора. Необхідно зазначити, що швидкодія обмінних операцій між центральним оброблювальним пристроєм (CPU) та процесором який працює з графікою визначається робочою частотою шини передавання даних. В свою чергу, значення такої частота залежить від набору мікросхем (chipset) які формують материнську плату. Такі типи шин як шина введення-виведення - Peripheral component interconnect (PCI), а також системна шина прискореного графічного порту типу Accelerated Graphics Port (AGP) мають оптимальні швидкісні показники. Наприклад, шина введення-виведення може мати робочі частоти від 25 МГц до 83МГц тоді як шина прискорено графічного порту – від 66МГц до 133МГц. Отже, швидкість доставки відеоданих від CPU до графічного процесора напряду пов'язана із характеристикою яка визначає робочі частоти шин. В цьому випадку надважливим етапом обробки який визначає ефективність всієї відео системи полягає на особливостях передачі даних у цифровому форматі через графічний процесор, пам'ять і далі на RAM-АЦП.

Аналіз специфіки ланцюга обробки відеоданих вказує на те, що продуктивність мультимедійної системи загалом визначається відеокартою. Такий важливий показник як відео пам'ять, безпосередньо впливає на спрацювання як графічного процесору таку і RAM-АЦП як складових відеоадаптеру в контексті їх тривалої завантаженості під час роботи. З практичної точки зору, будь-які зміни відео картинки на екрані монітору змушують процесор який працює з відео графікою здійснити звернення до відео пам'яті. В такому режимі робота RAM-АЦП зводиться до безупинного зчитування даних з відео пам'яті для підтримання сталої форми зображення на екрані. Існують певні засоби підвищення ефективності відео пам'яті зокрема технічними рішеннями. Зокрема низка фірм-виробників просувають

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		19

модифіковані типи пам'яті які характеризуються вдосконаленими характеристиками, зокрема Video Random Access Memory, VRAM – відео пам'ять на базі ОЗП з довільним доступом; Window Random Access Memory або WRAM – “віконна” ОЗП; Synchronous Graphics RAM або SGRAM – ОЗП із синхронним доступом та інші, які призначено для розширення можливостей шини для передачі даних на основі використання 32-х, 64-х, 128-х розрядних шин відеоданих для здійснення обміну між графічним процесором, RAM-АЦП та відео пам'яттю. Акцентуємо увагу на тому, що об'єм даних для передачі через графічний процесор до пам'яті відеоданих безпосередньо впливає на такі показники екранів як кольорова глибина відтінкового представлення відео та екранна розрізнявальна спроможність. Саме ці параметри визначають швидкісні показники для даних які прочитуються з RAM-АЦП і здійснюють, наприклад, передачу сигналів в аналоговій формі до монітору. Таким чином, для забезпечення стабільного функціонування відео пам'яті вона має бути весь час активна для RAM-АЦП та процесора який працює з графікою в тому числі для виконання операцій зчитування та записування.

В умовах безпосередньої роботи звернення RAM-АЦП до відео пам'яті використовуючи максимальні частотні можливості відбувається тоді коли процесор закінчив звернення до пам'яті тобто виконані процедури читання-запису і коли виникає можливість обробити запит до відео пам'яті з метою зчитування і передачі, тобто RAM-АЦП буде змушений очікувати.

1.4 Огляд характеристик адаптерів відеозображень

Розглянемо характеристики деяких типів адаптерів відеозображень.

Лінійка чіпів була розроблена корпорацією S3Corp (Savage4 GT, Savage4 PRO та інш.). Особливість запропонованих чіпів полягає у реалізованій сумісності за виводами, а отже полегшеному процесу інтегрування до системної плати, що досить позитивно вплинуло на дизайн трасування друкованої плати. Чіпи характеризуються одноцикловим виконанням функцій із робочою частотою ядра – 125MHz. У чіпах реалізована суперконверсна структура внутрішньої

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		20

шини пам'яті на 128-м розрядів з підтримкою описаних вище в пояснювальній записці типів пам'яті SGRAM та SDRAM. Тут використано формат локальної пам'яті розміром 2÷32Мб та з застосуванням кадрового буферу. Геометрично-конфігурований движок здатний здійснювати обробку 8-ми мільйонів трикутних форм за секунду з розміщенням графічно-обумовлених примітивів в просторі. В цьому випадку наявність геометрично-обумовленого движка забезпечує зменшену залежність чіпів від центрального процесору. Наявність 128-ми розрядної конвеєрної обробки зображень дозволяє використовувати опцію швидкісного забарвлення полігонів на рівні 140-ка пікселів/секунду. Як зазначено в документації до чіпів зазначені параметри є незмінними навіть при використанні спеціальних фільтрів для білінійної трилінійної фільтрації. Підкреслюється, що процес трилінійної фільтрації здійснюється за один прохід, а RAM-АЦП на 300МГц володіє режимом коригування гамми. Технічно організована підтримка послідовних шин керування типу I²C і та Flash-ROM, а також опція підтримування режимів живлення типу вдосконаленого інтерфейсу керування конфігурацією та живленням – ACPI і шини введення-виведення для периферійних пристроїв – PCI.

Особливість зазначених чіпів полягає в реалізації процесів антиалайзингової фільтрації, апаратної реалізації анізотропної фільтрації, повносцінного згладжування з метою підвищення якості саме зображення яке відтворюється на екрані. Використано 8-ми бітовий шаблон буферів з можливістю маніпулювати тінювим накладанням за реальних часових умов. Застосовується 32-х бітне колірне відображення зображення на екран монітору, причому формується відображене світло, тіні з розмиттям, попиксельне в полігонне накладання ефекту туману з можливістю 16-ти, 24-х, 32-х та Зет (Z) – буферизацією. Важливі також можливості текстурних і атмосферних ефектів, текстурних перетворень в тому числі з віддзеркаленням і підтримкою піксельних текстур за розміром 2048 на 2048.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		21

Серед сучасних відеокарт можна виділити 4000-ту серію відеокарт nVidia Ada Lovelace і відносно бюджетну Intel ARC 770 (аналог RTX 3060 за продуктивністю), Nvidia GeForce RTX 3060 Ti [29].

Для рендерингу та відеомонтажу Nvidia RTX 2060 Super.

NVIDIA Turing Відеокарти серії GeForce 20 створені на базі потужної архітектури Turing та абсолютно нової платформи RTX. Вони до 6 разів продуктивніші за відеокарти попереднього покоління і привносять в ігри технології штучного інтелекту та трасування променів у реальному часі. продуктивність до 6-х разів вища за трасування променів в іграх у реальному часі вдосконалена графіка на базі штучного інтелекту DrMOS DrMOS, раніше доступна тільки на високорівневих серверних платформах, тепер використовується і в новому поколінні відеокарт Palit. DrMOS забезпечує низьку шумність та ефективно зниження тепловиділення у важко навантажених ланцюгах живлення. Стрімінг Відеокарти GeForce RTX оснащені спеціальним апаратним кодувальником, який дозволяє одночасно грати та стримувати у неперевершеній якості. Відеокарти RTX оптимізовані для таких популярних програм, як Open Broadcaster Software (OBS), для забезпечення максимальної продуктивності під час прямих трансляцій. Nvidia G-Sync Неймовірно плавний ігровий процес без розривів зображення з частотою оновлення екрана до 240 Гц, HDR та іншими покращеннями. Все це – досконалі дисплеї та обладнання для найвибагливіших геймерів. Трасування променів у реальному часі в іграх Трасування променів – це рішення для створення реалістичного освітлення, відбитків та тіней, що забезпечує більш високий рівень реалізму порівняно з традиційними способами рендерингу. Turing стала першою архітектурою, що дозволяє проводити трасування променів у реальному часі на GPU. Драйвери Game Ready Насолоджуйтеся продуктивністю найвищого рівня та плавним ігровим процесом з першої хвилини гри. Віртуальна реальність Поєднуючи технології просунутого рендерингу VR, трасування променів у реальному часі та штучного інтелекту, GeForce RTX виводить VR на новий рівень реалізму.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		22

Серед сучасних відеокарт можна виділити GTX 1650 або GTX 1060 3 Гб з можливість обробки 4К відео GTX 1070 8Гб, GTX 1080. Крім того, якщо ставити на перший план продуктивність роботи яка залежить від центрального процесора то тут на перший план виходять відеокарти RTX 3050 і RTX 3060, RTX 3080.

Базові характеристики RTX 3050: кількість потокових процесів – 2560, базова частота – 1552МГц високопродуктивна архітектура з ядрами RT другого покоління та тензорними ядрами третього покоління. В зазначених відеокартах застосовується технологія трасування променів, коли відбувається моделювання натуральної фізичної поведінки світла. Використання таких відеокарт дозволяє отримати максимально реалістичне зображення в графічно насичених додатках. Ключова відмінність RTX 3050 від її попередників: GTX 1650 і GTX 1650 Super полягає в тому, що 3050 використовує RT ядра другого покоління та ядра Tensor третього покоління. Тепер трасування променів від Nvidia та підтримка DLSS виходить на новий рівень порівняно зі своїми конкурентами.

Розглянемо питання пов'язані із стандартами відеозображень. Стандартом у області персональних комп'ютерів є VGA – (Video Graphics Array) - компонентний відео інтерфейс, що використовується в моніторах та відеоадаптерах тобто міст для передачі аналогового відео сигналу. Такий стандарт є базовим для VESA local bus – типу локальної шини, розробленою асоціацією VESA для персональних комп'ютерів, а також для Super VGA і HiRes.

Карти типу VGA комплектуються роз'язттям типу - Feature Connector штекерової конструкції або PAD-конструкції. Такий 26-ти контактне роз'язття дозволяє забезпечити відповідну сумісність з роз'язттям типу PS-2 і підключення доповнюючих карт для оброблення відозображень.

Карти типу Color Graphics Adapter мають здатність до емуляції стандарту Enhanced Graphics Adapter - удосконалений графічний адаптер. VGA карта здатна підтримувати 256-ти відтінків кольорів із врахуванням ресурсу відеопам'яті. Причому, 8-ми розрядні карти мають об'єм 256Кб та реалізується на 8-х мікросхемах. У випадку 16-ти розрядної карти об'єм пам'яті має складати 512 Кб.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		23

Структуру відеоадаптеру VGA можна розбити на 6-ть логічних блоків:

- відео пам'ять яка використовується для відображення даних на екрані монітора. Така відеопам'ять локалізована у адресному просторі процесору для задіяння обмінних операцій з даними. Фізичний формат такої пам'яті організовано 4-ма банками з сформованим спільним адресним простором;
- графічний контролер який застосовується для обмінних операцій між відео пам'яттю та CPU. Наявна апаратура такого контролера здатна здійснювати над ним певні перетворення які далі надходять до відео пам'яті;
- перетворювач послідовного типу для відбору декількох байтів з відео пам'яті і шляхом утворення з них бітового потоку передача до контролеру-атрибутів;
- контролер синхронізації для керування часовими синхросигналами;
- контролер атрибутів для здійснення перетворень щодо інформації про формат кольорів яка міститься у відеопам'яті у необхідний формат відображення на моніторі;
- блок синхронізатора, який керує процесом доступу CPU до кольірних підшарів адаптера відеосигналів та часовими параметрами адаптеру.

Загалом пам'ять відеоадаптерів містить 4-ри слоти, або інша назва – 4-ри кольорні шари. Такі шари розміщуються таким чином, що б за кожною адресою було закріплено по 4-ри байта і таким чином формується адресний простір. Пріоритет використання певного банку, наприклад для запису чи читання даних процесору, залежить від стану певних регістрів у адаптері. Спільний адресний простір дозволяє процесору здійснювати запис захоплюючи усі 4-ри шари циклово. Такий формат дозволяє підвищувати швидкість процесу наповнення екрану. Важливу роль відграє регістр дозволу запису певного банку, він дозволяє здійснювати заборону у випадку коли непотрібні для запису усі 4-ри шари. Вибір певного кольору при читанні для обраного моменту часу можливий залученням регістра вибору. Основні режими відеоадаптера відео пам'яті містять концепцію поділу її посторінково. В такому форматі одна з цих сторінок буде відображена на екрані. Програмуванням регістрів адаптеру можна здійснити процес гортання

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		24

активних сторінок пам'яті. Тоді як відображення інформації можна здійснити і в активні і в неактивні сторінки пам'яті.

Можлива двухпортова відео пам'ять, коли процесором організується зчитування з пам'яті або записування використовуючи один з портів і у той же час RAM-АЦП виконує процес зчитування з відео пам'яті шляхом задіяння другого порту (незалежного). Отже таким чином оптимізується час роботи і графічний процесор спрацьовує без очікування на RAM-АЦП, яке має закінчити операції з відео пам'яттю. Аналогічно і RAM-АЦП – не чекає поки графічний процесор виконає всі необхідні процедури з відео пам'яттю. Організація двухпортової пам'яті – VRAM тобто відео досить непроста задача. Загалом аналогічно працює і пам'ять типу WRAM. Наявність таких підходів до організації пам'яті дозволяє підвищити як кольорову глибину представлення картини так і швидкість оновлення її на екрані. Говорять що в цьому випадку реалізується підвищена регенеративна спроможність екрану.

1.5 Принципи обробки аудіо-даних

Неодмінною складовою мультимедійного комплексу є і плата аудіо адаптеру. Його задача полягає не лише у відтворення стереомовного звуку, крім того організуються опції запису використовуючи зовнішні носії. У своєму складі аудіо адаптер містить АЦП для здійснення періодичного моніторингу рівнів звуку та перетворення аналогових сигналів у цифрові коди. Такі коди піддаються запису на зовнішній носій.

Основні етапи обробки аудіо пов'язані з процесом збереження вибірок сигналу у формі звуку використовуючи цифровий вид із наступною агрегацією їх в комп'ютерній пам'яті (часто використовують формат Waveform Audio File Format (WAVE) - формат файлу-контейнера для зберігання запису оцифрованого аудіопотоку)[30]. Після зчитування сигнал який має цифровий формат потрапляє на блок перетворення його на аналоговий еквівалент (ЦАП-цифро-аналоговий перетворювач). Далі, звичайно, відбувається відфільтровування, підсилення та

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		25

подача його гучномовні системи. З точки зору деталізації процесів обробки аудіо, важливими параметрами які визначають продуктивність адаптеру є параметр повзаний з процесом квантування мовних сигналів – частота, а також пов'язана з ефективністю процесу квантування його розрядність.

Зміст такого параметра як частота пов'язаний з визначенням кількості разів взяття сигнальних вибірок під час його трансформації у цифрову форму у вигляді коду. Типові показники які супроводжують таку трансформацію розташовано в околі від 4-х, - 5-ти до 45-48-ми кГц. В цьому випадку розрядністю при квантуванні визначають кількість ступенів під час квантування (береться ступень два). Наприклад, для адаптера який має 8-м розрядів отримаємо $2E8=256$ ступенів наявність яких явно обмежена при вимогах якісного кодового представлення звуків. Часто застосовують 16-ти-розрядні адаптери ($2E16=65536$ ступенів) та інші які зведемо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Значення частот які використовуються для квантування різних видів сигналів

Діапазон частот	Форма сигналу	Значення частоти квантування
400 до 3500 Гц	Майже нерозбірлива мова	5,5 кГц
250 до 5500 Гц	Середня якість мови	11,025 кГц
40 до 10000 Гц	Відтворення на рівні мовлення приймача УКХ(ультра-коротко хвильового)-діапазону	22,40 кГц

Наступним напрямком який використовується з метою формування звуку є його синтезування. Загалом, такий процес пов'язаний із процесом надходження певної інформації на, власне пристрій синтезатора і утворенні на основі нього

необхідного вихідного сигналу. В основі роботи низки аудіоадаптерів музичних звуків лежать методики які ґрунтуються на: методі модуляції за частотою (ЧМ або FM), або застосовується методика синтезу хвиль на основі звукової таблиці так званої Table-Wave. Із застосуванням другої методики пов'язана можливість отримання більш природнього відтворення звуків. Тут флагманом виступають звукові карти типу Sound-Blaster тоді як у випадку ЧМ-синтезу для підвищення якісних показників застосовувались фільтрові системи для боротьби із завадами.

У випадку Table-Wave-синтезу технологія передбачає розміщення на карті постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) який прошитий зразковими формами різних інструментів тобто провадиться семплювання тоді у процесорі Table-Wave з використанням спеціалізованих алгоритмічних засобів тонально відтворюються звуки таких музичних інструментів. Доцільно зазначити, що низка фірм-виробників розміщують на звукових картах засоби додаткового семплювання коли доповнюють склад карт пристроями модуляції ОЗП з метою підвантаження додаткових інструментів.

Технологія звукового синтезу обумовлює надходження сформованих команд не лише у комп'ютері але і від через стандарт цифрового звукозапису на формат обміну даними між електронними музичними інструментами – MIDI-устаткуванню. Такий формат обумовлює порядок передачі команд через стандартизований інтерфейсний блок де MIDI-форми є безпосередньо пов'язаними з нотами. Отже, у випадку отримання звуковою картою такої форми-повідомлення відбувається шляхом розшифрування відповідність між видами нот і інструментарієм для їх звукового відтворення, що далі відтворюється синтезатором. Така концепція створює можливість комп'ютерного управління набором інтелектуально-керованого музичного інструментарію через MIDI-засоби за допомогою відповідного інтерфейсу. Застосування таких електро-синтезаторів визначається кількістю одночасно задіяного інструментарію (20-32) та вимогами щодо програмного узгодження

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		27

аудіоадаптеру з наявними типами звукових плат (Sound-Blaster, Roland, Gravis-Ultrasound та інші).

На рис. 1.2 та 1.3 представлено типи звукових карт – внутрішня та зовнішня.

Основні характеристики Creative Sound BlasterX G6 [30]: число каналів – 7,1 (віртуальний); інтерфейс типу-USB; розрядність стерео-ЦАПу – 32 біта; Мах частота ЦАП (стерео) – 384kHz
Основні характеристики Creative Audigy Rx: число каналів – 7,1; інтерфейс типу- PCI Express x1; розрядність ЦАПу – 24 біта; Мах частота ЦАП (стерео) – 192kHz.



Рисунок 1.2 - Звукова карта внутрішня Creative Audigy Rx



Рисунок 1.3 – Звукова карта зовнішня Creative Sound BlasterX G6

Загалом до склад аудіо адаптеру комплектується малошумними підсилювачами з системою АРП від мікрофонного входу, лінійними підсилювальними блоками, підсилювачами сигналів які потрапляють на плату з синтезатору. Адаптер комплектується програмно-обумовленим мікшером для реалізації опцій щодо перемішування сигналів з різноманітних джерел, вирівнювання стереоефектів, АЦП, системи компресії інформації, табличний синтезатор звуків, звуковий процесорний блок. До складу аудіо адаптеру входить перетворювач цифрових сигналів (ЦАП), фільтруюча адаптивна система для зниження рівню завадових складових під час квантування, каналні підсилювальні блоки MIDI-конектори музичних інструментів.

Основою звукових карт є сигнальний процесор DSP (ASP) який використовує розроблені алгоритмічні засоби на основі стиснення та експандування звукових форм з метою відтворення звуку різноманітної якості від стерео-, квадро- до об'ємного звучання.

В кваліфікаційні роботі будуть розглянуті, описані і розраховані принципи компресії, декомпресії відео зображень та аудіо-сигналів на основі математичного апарату трансформаційних матриць, дискретного-косинусного перетворення, стандартів MPEG та JPEG.

Висновки до першого розділу

Розглянуто базові концепції у обробленні відео-файлів, з'ясована проблематика виконання основних процедур мультимедійного оброблення відеоданих, склад та принципи організації мультимедійних-ПК студій. Описана та проаналізована загальна специфіка процедур компресії/декомпресії у обробці відео, зокрема з позиції оптимізації проблематики ефективного використання ресурсів пам'яті і пропускнує спроможності під час такої обробки. Проведено огляд засадничих процеси у побудові систем обробки відео в частині параметрів спеціалізованого обладнання для мультимедійних центрів (відеобластерів). Описано підходи щодо ефективного застосування засобів підвищення продуктивності обмінних операцій з відеоданими. Наведено короткий огляд

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		29

характеристик адаптерів відеозображень. Опрацьовано та проаналізовано принципи обробки аудіо-даних, з'ясовані специфічні особливості технологій звукового синтезу аудіофайлів.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						30
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ БЛОКУ ОБРОБКИ ВІДЕОФАЙЛІВ

2.1 Принципи оброблення відеофайлів з використанням комп'ютерних засобів

Розглянемо інструментарій у вигляді набору спеціалізованих комп'ютерно-обумовлених методик які можна застосувати з метою обробки цифрового відеоконтенту. На рис.2.1 візуалізовано структурну схему системи для мультимедійної обробки відеоконтенту.

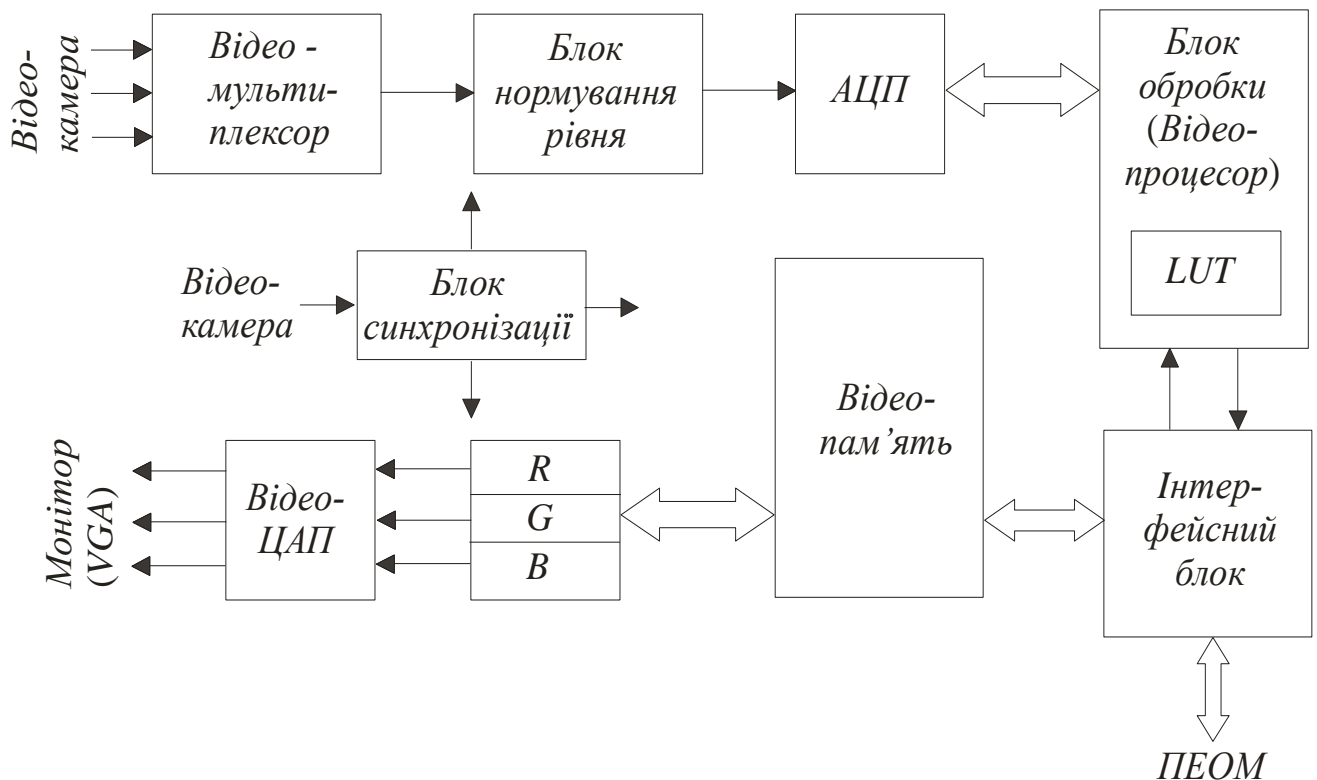


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи для мультимедійного оброблення відеоконтенту: ПЕОМ – ЕОМ з програмуванням, R - G - B – складові відображення кольорового відео, АЦП – блок перетворення аналогових сигналів у цифрову форму

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ		
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Малаш М. О.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Бойко Ю.М.					31	
Н. контр.	Стецюк В.І.				ХНУ, гр. ТР2 _c -20-1		
Затв.	Підченко С.К.						
Мультимедійний відеокompresор Вибір та обґрунтування блоку обробки відеофайлів Пояснювальна записка							

Застосування відомультимплексорного пристрою дозволяє здійснювати вибірку та обробку низки каналних сигналів. До кольорових зображень застосовується компонентна трійка яка позначається як R, G та B і означає позначення, відповідно червоного, зеленого та синього кольорів.

Формат синхронізації між входом АЦП та рівнями відеосигналів реалізується за допомогою блоку який нормує рівневі значення і практично реалізується у вигляді підсилювача з програмним керуванням. Тоді у якості відеоформатних стандартизованих джерел можуть бути застосовані відеокамери аналогового або дискретного принципу дії. Конструкція дискретних відеокамер містить концепцію charge-coupled device (CCD) – приладів із зарядовим зв'язком – ПЗС [31].

У відповідності до стандартів які обумовлено у директивах МККР – міжнародного комітету з електрозв'язку та міжнародного союзу електрозв'язку представлення параметрів та виду сигналу теле-відеозображення може бути показано рисунком 2.2.

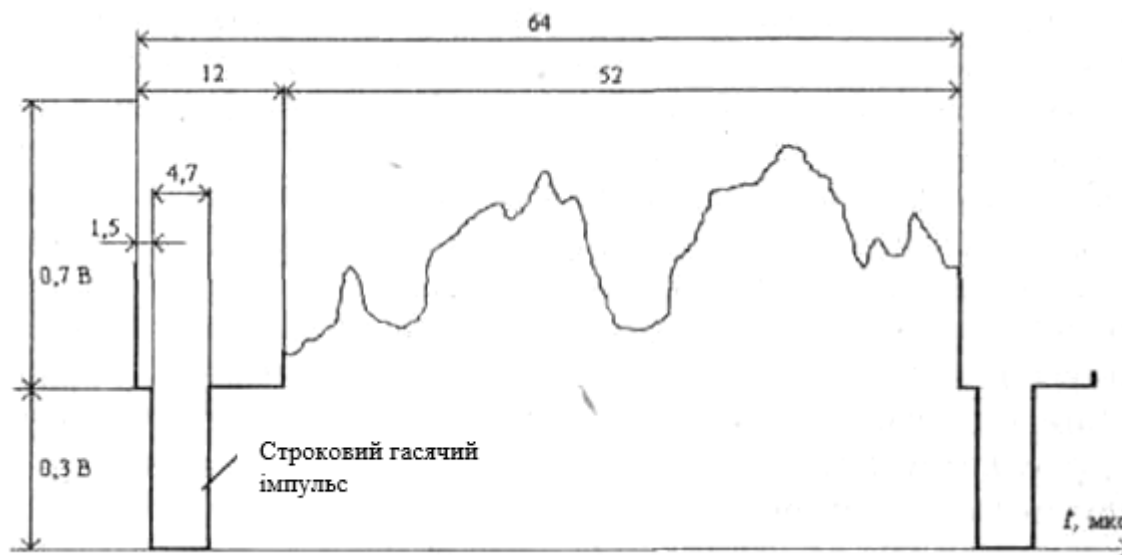


Рисунок 2.2 – Відображення виду та параметрів телевізійного зображення для одного рядка

Інформативний навантаження зображення на рис.2.2. містить дані щодо розподілу рівня яскравості за рядком, крім того сигнал доповнюється кадровою

та порядковою синхронізацією які слугують для формування початкових рядкових і кадрових імпульсів відеозображення. Важливу роль у формування імпульсів синхронізації відіграє відеокарта яка диригує внутрішньою синхронізацією на підставі виділених рядкових і кадрових імпульсів відеозображення. У таблиці 2.1 представлено систематизовані параметри телесигналів згідно до вимог європейських і американських норм.

Таблиця 2.1 – Відомості про параметри телевізійних сигналів [9]

Тип параметру	Європейський стандарт мовлення - CCIR	Американський стандарт мовлення - RS-170
Строкова частота f_c у кГц	15.625	15.7343
Стрічковий час розгортки t_c у мкс	64	63.5556
Час відсутності роботи t у мкс	11.8414	10.7556
Кадрова частота f_k , Гц	50	59.9401
Час кадрової розгортки t_k у мс	20	16.6833
Час відсутності роботи t у мс	1.5360	1.2711
Загальне число стрічок	625	525
Число активно задіяних стрічок	576	485

З метою здійснення процесу перетворення відеосигналу з аналогової форми у цифрову у АЦП-перетворювачі активізуються процедури пов'язані з

дискретизацією та рівневим квантуванням сигналів відеозображень. Для 8-ми бітного слова встановлене значення частотної дискретизації у 10МГц та 256-ть рівнів градацій при квантуванні. Такі вимоги дозволяють представити зображення у матричній формі яка характеризується розміром 512 x 512 піксельних елементів зображення. Крім того досить часто практикується підхід коли застосовується гнучкий підхід до застосування технологій обробки відео. Такий підхід ґрунтується на технології програмного встановлення показників кількісної і частотної дискретизації рядків і це досить зручно за умов обробки нестандартного відео коли обробляються сигнали з давачів ультразвукових або інфрачервоних вимірювачів, електронних мікроскопів або стандартизованих відеозображень.

При проведенні цифрових перетворень під час обробки відео теле зображень потрібно звернути увагу на наступні особливості:

1 Частина відеокарт певних виробників піддає оцифровки 512 рядків видимого зображення з 576-ти які обумовлено стандартом.

2 Потрібно враховувати можливий вплив на процес зйомки і відфільтровування даних в наслідок відмінності форми пікселів від строго квадратної конфігурації, яка звичайно має прямокутну конструкцію.

3 При використанні відеокамер із зарядовим зв'язком (CDD-типу) існує невідповідність між тактовими частотами зчитування даних з чутливих елементів CDD і частотою тактової передискретизації. Загалом, така невідповідність в частотах викликає появу можливої неузгодженя між складовими зображень та чутливими елементами і як наслідок утворення екранних завад у вигляді вертикально утворених смуг. Отже, в такому випадку доцільно застосовувати зовнішньо-реалізовану синхронізацію пострічкової розгортки за допомогою синхроімпульсів з камери.

4 Можливий випадок коли в камері застосовується формат черезстрічкової розгортки і тоді повноформатне зображення реалізовано за допомогою двох півкадрів та які містять сукупність парних та непарних рядків. Відбувається

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		34

послідовне зчитування обидвох півкадрів в часовому інтервалі протягом 20-ти мс. Отже, в таких умовах освітленість обидвох півкадрів відрізняється, в цьому випадку виникає вада у вигляді мерехтінь статичного зображення. З метою усунення таких ефектів, доцільно під час обробки відео застосовувати один півкадр та контролювати сталість освітлення півкадрів парної і непарної черговості.

Надходженню відеозображення у цифровій формі до пам'яті передую процедура попереднього оброблення пов'язана з проведенням так званих гомогенних дій з пікселями. Такі процедури засновано на застосуванні однієї (декількох) 8-ми або 16-ти розрядних перекодувальних матриць у вигляді LUT таблиць (ПТ-LUT) (Lookup Table). Посуті це структури в яких зберігаються результати інтерполяції функцій у вигляді масиву даних який організовано як інструмент заміни обчислень на операції пошуку.

До найважливіших процесів які здійснюються під час оброблення відео є процес розміщення кадрів у блоці відеопам'яті. В цьому випадку коміркова структура відеопам'яті дозволяє збереження кількох кадрових відеозображень від 8-ми до 16-ти бітів. Звичайно, для більшості випадків такий дозвіл реалізується шляхом внесення до пам'яті від двох до шістнадцяти кадрів і розмір пам'яті повинен бути від $0,5 \div 16$ Мб.

Структурна побудова відеопам'яті реалізується з метою забезпечення синхронного процесу записування і відтворення відозображень. Наявність інтерфесного блоку двопортової конфігурації Dual Ported Memory дозволяє синхронний формат доступу до відеопам'яті як процесору відеоданих так і процесору комп'ютерного мультимедійного центру. Наявність гнучких механізмів у системі адресної ідентифікації відеопам'яті утворює можливості автоматичного проведення процедур типу додавання-віднімання (інкремент-декремент) адрес які відповідають стрічкам і стовпчикам в межах циклового періоду доступу, а також здійснення модифікації адрес при їх оперативному надходженні. Сучасні відеокарти містять можливості пов'язані із сегментацією

ділянок пам'яті, коли дозволено доступ до певних фрагментів відеозображення або певних стрічок. Доцільно зазначити, що процес фрагментації буде розглядатись в наступних розділах магістерської роботи, зокрема з метою оптимізації швидкодії процедур на основі матапарату дискретного косинусного перетворення яке буде застосовано для опису компресії відеозображень [22].

Для проведення обчислень використовується блок відеопроектору який призначено для здійснення операцій як на зображеннями загалом так і над необхідними фрагментами. Можна відслідкувати перелік операцій які виконуються у процесорі обробки відеозображень і які зводяться до зчитування відеозображення посторінково з відеопам'яті. Далі реалізуються певні операції із відеозображеннями та спрямування оброблених результатів до визначеної ділянки пам'яті. Обчислювальний блок призначено для реалізації наступного переліку операцій:

- перетворення контрастності або яскравості зображення;
- операція здійснення усереднення;
- реалізація граничної обробки;
- реалізація контурних перетворень;
- реалізація фільтруючих функцій;
- координатні перетворення;
- компресія/декомпресія відеозображень.

Швидкодія процесів обробки відео у відеопроесорі обумовлюється застосуванням апаратної обробки, сумісної синхронної реалізації низки операцій, використанням табличних перетворень та задіянням процесорів які реалізують спеціалізовані можливості.

З метою відображення відеоконтенту на монітор застосовується вихідний блок який призначено для проведення перетворень відібраних з пам'яті даних у цифровому форматі у сигнал відеоформату.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		36

До складу такого блоку входять 3-ри однакових канали які здійснюють перетворення над трьома колірними складовими – червоним, зеленим та синім (відповідні позначення R, G та B) відеозображення. З метою перекодовування відлікових колірних компонент застосовуються вже згадані вище в розділі перекодовувальні таблиці ПТ-LUT.

Основне призначення ПТ-LUT полягає у реалізації процесів модифікацій над відеозображеннями без необхідності зміни зображень які розміщено у відео пам'яті. У 3-ьох каналному ЦАП реалізується аналогова форма відеоданих і звичайно до складової зеленого кольору домішують сигнали проведення синхронізації.

З'єднання з обчислювальним пристроєм (ПЕОМ) має наметі реалізацію функцій відлагодження програмних продуктів під задачі відеообробки даних, а також коригування параметрів ПТ-LUT та робочих режимів.

2.2 Методика проведення перетворень у відеозображеннях

Загальний формат представлення комп'ютерних зображень містить матричну форму розмірності $M \cdot N$ елементів, де M буде визначати число стрічок тоді як N буде визначати загальну кількість стрічкових елементів як відображено рис. 2.3. Така форма представлення зображення складається з пікселів які уособлюють елемент відеозображення, кожен піксель ідентифікується через координати розміщення (x та y) та рівень яскравості (або інтенсивності) який можна представити так: $U = f(x, y)$. Множина можливих значень відеозображення $f(x, y)$ може містити G – рівнів ($G \geq 2$). В таких позначеннях нульовий рівень G буде відповідати чорному кольору тоді як $G - 1$ - буде відповідати білому кольору. Практичний формат колірної інтерпретації характеризується застосуванням 256-ти рівневого формату подання яскравостей G , отже для характеристики певного рівня використовується 8-ми бітова модель.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		37

Модель зображення за умови $G > 2$ називається півтоною, тоді як за умови $G = 2$ вона носить назву бінарною.

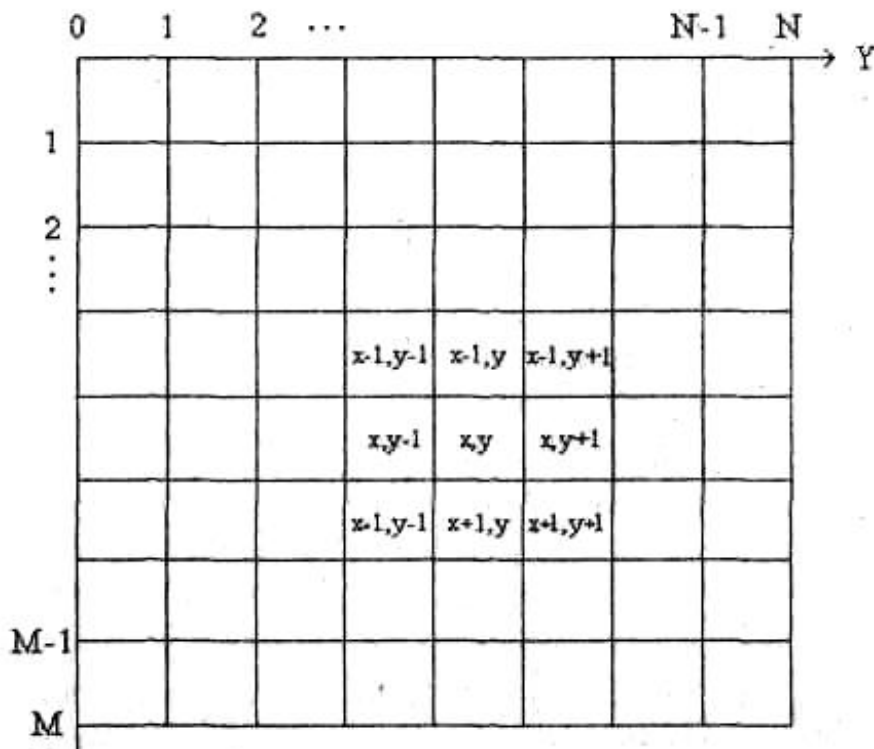


Рисунок 2.3 – Модель подання складових зображення на основі матричної форми

Організація процесу обробки відео дозволяє здійснювати багатоканальну обробку відеозображень відразу для декількох півтонових чи бінарних форм. Така концепція у обробленні зображень притаманна під час роботи з кольоровим відеозображенням у різних частотних діапазонах. Процес такої сумісної обробки відеозображень f_1, f_2, \dots, f_n передбачає визначення функції відеозображення у вигляді деякого вектору, наступним чином:

$$f(x, y) = (f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_c(x, y)), \quad (2.1)$$

де $f_i(x, y)$ описує рівні яскравостей в i -тому каналі ($i = 1, 2, \dots, c$); c загальне число каналів.

З метою математичного опису принципів стиснення відеозображень, проведемо огляд базових характеристик цифрових відеозображень.

$$i = 1, 2, \dots, c$$

Враховуємо інформацію описану вище в розділі, усереднене математичну модель яка описує інтенсивності відеозображення представимо так:

$$m_f = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) = \sum_{i=0}^{255} P_i u_i, \quad (2.2)$$

де сума i -тих значень описує рівень сірого фону; P представляє ймовірність відображення i -того рівню.

Усереднення здійснюється з метою виявлення у відеозображенні рівня освітленості чи затемнення. Для визначення контрастності зображення, яке можна охарактеризувати як різницева ознака відносно встановлення мінімальних та максимальних піксельних рівнів у суцільному відеозображенні, використовується інша ознака.

Прийнято з метою встановлення рівня контрастності відеозображення застосовувати середньоквадратичну оцінку яка визначається квадратичною усередненою девіацією рівня визначеного пікселю до усередненої інтенсивності:

$$q_f = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m_f]^2. \quad (2.3)$$

Узагальнений варіант формули 2.3 для квадратичної оцінки на практиці має наступний вигляд:

$$q_f = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) - m_f. \quad (2.4)$$

При розгляді зображене сформованих декількома каналами математичний опис середньоквадратичної оцінки відхилень, а також усередненої інтенсивності проводить шляхом побудови векторної форми наступного виду:

$$m_f = (m_{f0}, m_{f1}, \dots, m_{fc-1});$$

$$q_f = (q_{f0}, q_{f1}, \dots, q_{fC-1}).$$

Прийнято представляти розподілення рівнів півтонового відеозображення на основі побудови гістограми. Така форма для характеристики розподілення рівнів дозволяє визначити частоти розміщення певних рівнів у відеозображенні. Тоді для інтенсивності g - того піксельного рівня частота може бути представлена наступним виразом:

$$P_f(g) = n_g / (MN); \text{ за умов: } g = 0, 1, \dots, G-1, \quad (2.5)$$

У формулі (2.5) n_g характеризує число складових відеозображення для певного рівня g . Враховуємо умову, що $0 \leq P_f(g) \leq 1$. На рис. 2.4 представлено загальний вигляд гістограм [32].

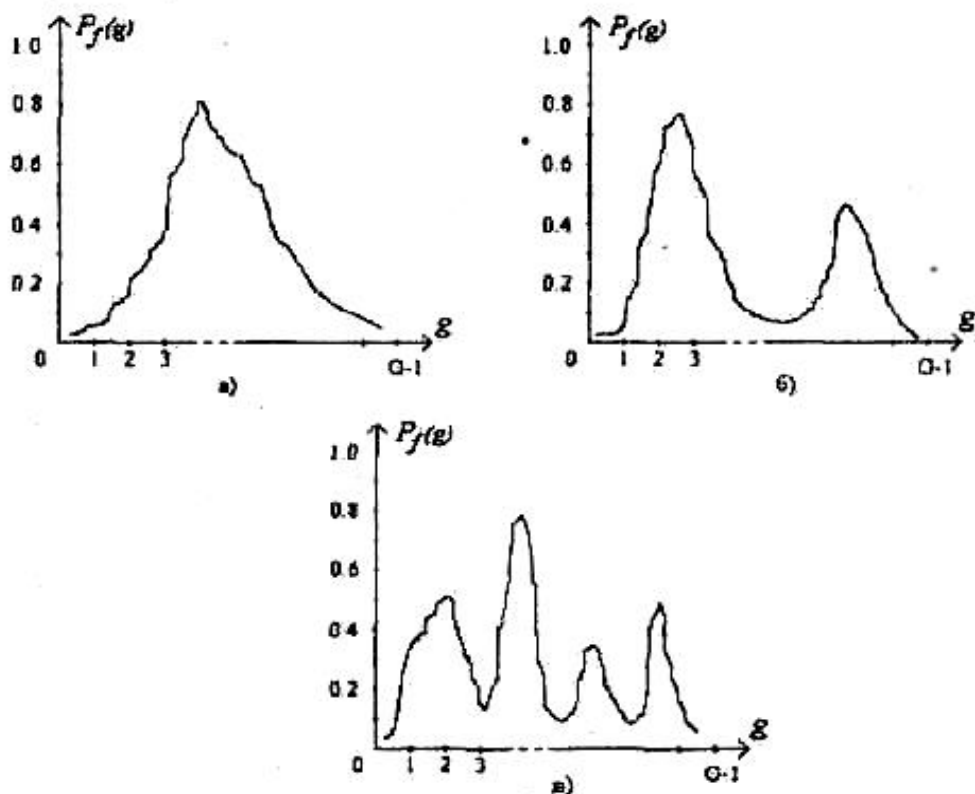


Рисунок 2.4 – Графіки (гістограми) які відображають розподіл рівнів у елементах відеозображення за певними законами: а) унімодальний розподіл, б) бімодальний розподіл, в) мультимодальний розподіл

Для апробування методик внесення змін у розподіли (рис. 2.4), прийнято застосовувати апарат точкових операцій які дозволяють враховувати статистичні особливості у розподілі напівтонів. Таким чином як видно з рис.2.4 прийнято використовувати гістограми односторонньої форми – унімодальні; двосторонньої форми – бімодальні і розподіли які містять мультимодальність. Важливо наголосити, що саме характеристика розподілу рис. 2.4 є базовим аспектом у розв’язанні питань сегментації відеозображень або варіювання її контрастності.

Прийнято оцінювати змістовну інформаційність відеозображення з використанням ентропійної характеристики виду:

$$H = -\sum_{g=0}^{G-1} [P_f(g) \log_2 P_f(g)], \quad (2.6)$$

В цьому випадку наявність у фрагменті відеозображення однорівневих складових говорить за його гомогенність. Гомогенні відеозображення характеризуються співвідношеннями:

$$\text{Якщо } P_f(g) = 1 \text{ за умови } g = g_k$$

$$\text{Тоді якщо } P_f(g) = 0, \text{ маємо протилежний випадок}$$

Загальноприйнятою методикою яка застосовується при роботі із зображеннями є методика застосування сукупності точок зображення цифрової форми в околі дослідженого пікселю.

В цьому випадку множиною точок які межують із заданою прийнято називати околицю і позначати як NS_i (в такому позначенні i характеризує множини точкових значень околиці). Для прикладу у випадку чотирьох точкової околиці типу NS_4 отримаємо математичну модель наступного виду:

$$NS_4(x, y) = \{(x - 1, y), (x + 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\} \quad (2.7)$$

і далі модель восьми точкової околиці $NS_8(x, y)$:

$$NS_8(x, y) = \{(x-1, y+1), (x-1, y), (x-1, y-1), (x, y+1), (x, y-1), (x+1, y+1), (x+1, y), (x+1, y-1)\} \quad (2.8)$$

Матричне представлення околиць представлених формулами 2.7 та 2.8 подано на рис. 2.5.

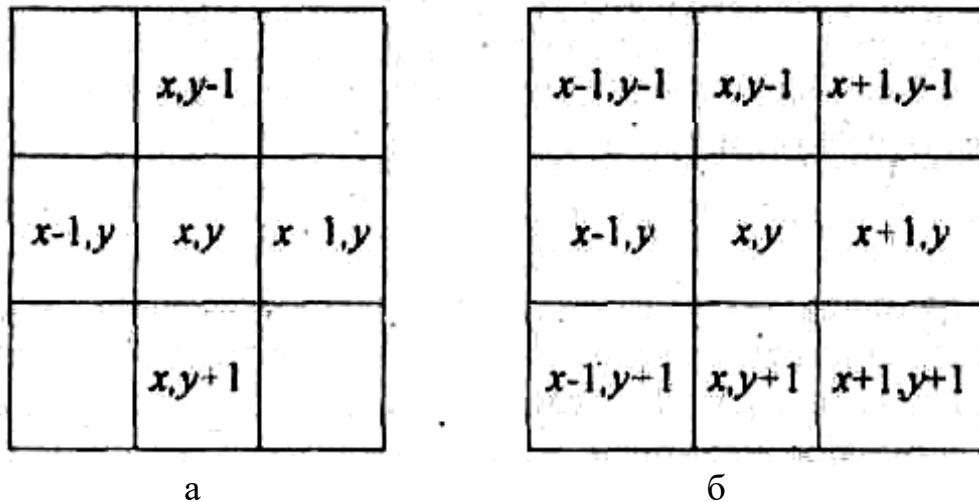


Рисунок 2.5 – Матричне представлення опорних значень точок за допомогою моделі околиць: а – 4-х точкова; б – 8-ми точкова модель околиць

Необхідно наголосити, що представлені моделі околиць не містять використаної у (2.7) та (2.8) центральної точки - (x, y) . Якщо доповнити (2.7) та (2.8) центральною точкою отримаємо доповнені моделі:

$$NS_5(x, y) = NS_4(x, y) \cup \{(x, y)\} \quad (2.9)$$

$$NS_9(x, y) = NS_8(x, y) \cup \{(x, y)\}$$

Алгоритм знаходження інших околиць збігається з розглянутим вище.

Використання моделі у вигляді околиць дозволяє вибудувати загальну концепцію утворення фрагменту відеозображення як вікно, що містить сукупність околиць-пікселів які розподілено навколо центральної точки. Такий формат вікна h із розмірами $m \cdot n$ утворюється сукупністю стрічок - m та стовпчиків - n за виконання умови: $m < M, n, N$.

$$h = \{(i, j): 1 \leq i \leq m \wedge 1 \leq j \leq n\} \quad (2.10)$$

Отримана віконна функція може мати різноманітну конфігурацію, хоча практичні випадки вказують на переважну квадратну або прямокутну конфігурацію.

Наступним кроком у описі відеозображення, є процес визначення дислокації віконної функції. Такий процес включає в себе визначення початкової точки (I, J) в межах обраних координат. Таку точку звичайно розміщують посередині сформованого вікна. Якщо вікно має прямокутну конфігурацію то опорна точка характеризується наступними координатами:

У випадку прямокутного вікна в якості опорної вибирають точку з координатами:

$$I = \text{Integer} \left(\frac{m + 1}{2} \right) \quad (2.11)$$

$$J = \text{Integer} \left(\frac{n + 1}{2} \right)$$

Просторове переміщення вікна h здійснюється на основі відслідковування переміщень початкової точки (I, J) яка слугує за опорну. Тоді зрушення вікна h на до певної точки (r, s) буде еквівалентне векторному переміщенню вікна на позицію: $(r - I, s - J)$.

Розглянуті вище в пояснювальній записці механізми математичного опису перетворень на відеозображеннями дозволяють дати означення процедури яка охоплює перелік операцій над відеозображеннями. Отже така процедура супроводжує процес трансформації початкового відеозображення $f(x, y)$ у інше відеозображення - $f'(x, y)$ і символічно може бути представлена наступним виразом:

$$f' = T(f), \quad (2.12)$$

де T - представляє операторний елемент для відображення перетворювальних процесів над вхідним відеозображенням.

Прийнято визначати специфіку перетворень над зображеннями через уведення поняття локальності. Локальність перетворення обумовлена випадком коли існує відповідна точкова (розглядається точка (x, y)) залежність між $f'(x, y)$ та $f(x, y)$ для множини значень $NS(x, y)$. Тоді у випадку:

Якщо $NS(x, y) = \{(x, y)\}$ і $f'(x, y) = T(f(x, y))$, оператор T вказує на точковий характер операції яка вже розглядається як особливий випадок локальної операції.

Локально-обумовлені операції на зображеннями в математичному еквіваленті можна описати наступною рівністю:

$$f'(x, y) = \sum_{(i, j) \in NS(x, y)} f(x, y) h(i, j), \quad (2.13)$$

де $h(i, j)$ представляє собою віконний оператор, який обумовлений в межах околиці $NS(x, y)$.

З точки зору керування процесом обробки відеозображень з боку користувача, важливо акцентувати на тому, що станом локальної функції $h(i, j)$ можна керувати шляхом її переміщення в межах вікна $NS(x, y)$ із зазначенням її координат у віконних клітинках.

Отже, як видно з виразу (2.13) опис локалізованого відеозображення реалізується через математичний апарат дискретної згортки f і h .

Для наглядного відтворення специфіки локалізації відеозображень, можливий частотно-локалізований варіант інтерпретації добутку (2.13) у вигляді спектрального добутку $F \cdot H$.

Важливим аспектом у підвищенні продуктивності подання даних під час алгоритмізації запропонованих рішень є форма подання таких даних. Під час роботи з відеозображеннями звичайно доречна векторна форма подання даних, зокрема для розміщення у пам'яті відлікових значень бінарних або півтонових форм за допомогою яких синтезується двомірний масив даних. Тоді у випадку відеозображення f , що характеризується розміром $M \cdot N$ для опису відеозображення $f(x, y)$ у вигляді елемента який локалізований через координати (x, y) до пам'яті спрямовується форма із індексом:

$$(y - 1)M + x, \quad (2.14)$$

де у (2.14) x характеризує індекс стовпчика при русі з ліва на правий бік; y - буде характеризувати рух зверху до низу і визначати рядковий індекс.

В такій системі координат рядок відеозображення еквівалентний одному запису файлу. Якщо розглянути випадок коли $M - N = 512$ і $G = 256$ накопичувач резервує для півтонового відеозображення 256 кілобайтів. Існують зображення коли структура відеоданих містить форму першого запису як дані для керуючої інформації тоді як безпосередньо для зображення вже використовується другий запис у формі.

Загальною формою подання векторних багатоканальних відеозображень є послідовність зображень у скалярному виді типу: f_1, f_2, \dots, f_n . Тоді з окремих матричних форм для опису зображень f_1, f_2, \dots, f_n формують підсумовуючу матрицю тримірної конструкції $M \cdot N \times n$ до складу якої як елемент входить відповідне зображення $f(x, y)$ з характерними для нього координатами - (x, y, i) .

Концепція позиціонування складових описаної вище тривимірної матричної форми для опису відеозображення реалізується через процес розміщення пікселів у пам'яті за одним з перелічених механізмів:

- пострічково;
- канално;
- канално-стрічковим методом.

Розглянемо коротко механізми позиціонування перелічені вище. Пострічковий формат передбачає запис коли відповідний рядок елементів які відповідають певному відеозображенню еквівалентний скалярному зображенню f_i . Векторно-форматована форма відеозображення при такому позиціонуванні локалізується в пам'яті у вигляді послідовно розміщених n -записів. Відбувається позиційне розміщення елементів відеозображення $f_i(x, y)$ типу:

$$(y - 1)M + x \quad (2.15)$$

Якщо застосовано каналний порядок позиціонування то відповідно специфіка реалізується шляхом поканального розміщення елементів зображення у накопичувачі, а саме 1-й канал: f_1 ; 2-й канал: f_2 ; c -тий канал f_c . Характерним є процес позиційного розміщення елементів відеозображення у формі:

$$(y - 1)M + (y - 1)M + x \quad (2.16)$$

Канально-стрічковий порядок передбачає утворення M -груп з n записів для визначеного пікселю при формування однострічкового відеозображення вектору f . Такий процес супроводжується почерговим розміщенням c каналних даних $f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_c(x, y)$ один за другим.

Обробка відеозображень передбачає відбір фрагментів відеозображень з відео буфера при їх розміщення в робочому просторі пам'яті і далі їх зворотне повернення в обробленому виді до вихідного буфера. Тут існує пряма

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		46

відповідність між порядком процесу алгоритмізації та розміром (формою) фрагменту відеозображення.

Під час обробки відео є характерним процес фрагментації у пам'яті двох областей для розміщення даних. Тоді перша область використовується для запису вихідного відеозображення, тоді як друга, для запису підсумкового зображення. Такий підхід при обробці відео досить зручний з точки зору оптимізації швидкодії процесів порівняння зображень і крім того дозволяє реалізовувати паралельний формат при обробці із використанням операторів в локальній формі. Зв'язок між буфером вихідного відеозображення і робочою пам'яттю реалізується у пострічковому режимі. Розмір вікон які застосовуються до відповідних операторів дозволяє загалом охопити декілька рядків по висоті, отже в цьому випадку в процесі руку від одного до іншого рядка доцільно передбачити миттєве поновлення актуальних даних. Проходження стрічок повинне супроводжуватись спрямуванням до буферу підсумкової форми відеозображення вже піддані обробці значення. Якщо використана ширина вікна складає n стрічок та передбачена локалізації опорної точки проведена в центрі вікна, проводиться підрахунок перших n рядків до пам'яті з буферизацією відповідним накопичувачем $BUF(1...M, j), (j = 1, \dots, n)$. Під час зчитування даних вихідного відображення локалізованого вікном у форматі $n \times n$ відбувається формування одномірного масиву із значень певних пікселів (тут відбувається зміна z - індексу в діапазоні $1 \div a$, причому $a = n^2$).

Формат утворення послідовної нумерації віконних комірок можна представити рис. 2.6.

2.3 Процедури лінійної фільтрації відеозображень

Головна задача організації процесів попереднього оброблення відеоінформації полягає у мінімізації рівня шуму який її супроводжує, надання інформативної контрастності, виділення контурів, підвищення різкості

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						47
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

зображення. Крім того на попередньому етапі виконується і відповідна фільтрація відеозображень.

34	33	32	31	30	29	28
35	15	14	13	12	11	10
36	16	4	3	2	10	26
37	17	5	2	1	9	25
38	18	6	7	8	24	48
39	19	20	21	22	23	47
40	41	42	43	44	45	46

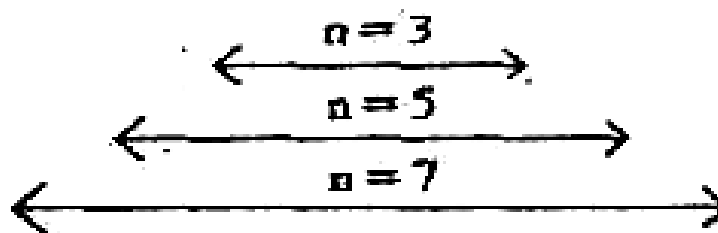


Рисунок 2.6 – До пояснення структури переадресації комірок у вікні

Ключовою характеристикою яка істотно визначає якісні показники відеозображення є його контрастність. Загалом контрастність можна охарактеризувати як різницю між рівнями напівтонів, відповідно максимальним та мінімальним в околі певної ділянки відеозображення (говорять за певну локалізацію контрастності) або якщо розглядають відеозображення вцілому (говорять за певну глобальність контрастності). Коригування рівню контрастності дозволяє підвищити розрізнявальну спроможність під час ідентифікації відокремлених складових зображення, безпосередньо впливає на зменшення рівня завадових впливів, спотворень які часто є наслідком умов отримання відеозображення. Можна стверджувати і таке, низький рівень контрастності загалом є найпоширеним дефектом як статичних так і рухомих відеозображень. Наслідком виникнення такого дефекту є певне обмеження

діапазонних можливостей при відтворення яскравості до якої частото додається наявною нелінійністю характеристики градації рівнів.

З метою підвищення якісних показників відеозображень застосовують методики контрастного експандування в основі якого лежить підхід який ґрунтується на можливостях розтягування діапазону рівнів яскравостей у вхідному відеозображенні $f(x, y)$ з використанням всієї шкали півтонових рівнів $[0 - (G - 1)]$. Наслідком застосування такої методики є розгортання діапазонних можливостей при змінах рівнів яскравостей у вихідному відозображенні - $f'(x, y)$ отже приведення вихідного відеозображення до істотних змін у контрастності.

Відома методика коригування градаційних рівнів контрастності полягає у застосуванні наступних перетворень:

$$\begin{aligned}
 f'(x, y) &= 0 && \text{для } f(x, y) < u_1 \\
 f'(x, y) &= \frac{f(x, y) - u_1}{u_2 - u_1} (G - 1) && \text{для } u_1 \leq f(x, y) \leq u_2 \\
 f'(x, y) &= G - 1 && \text{для } f(x, y) > u_2
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

де u_1, u_2 це відповідно значення мінімального та максимального рівнів яскравостей відеозображення.

Градаційна залежність яка сформована кусково-лінійною характеристикою із врахуванням (2.17), може бути представлена рисунком 2.7 а.

Існують методики і локальної зміни рівня контрастності у випадку поелементного коригування зображення із застосуванням операторної функції на основі нелінійного перетворення. Така функція пов'язує вхідне і вихідне відеозображення із врахуванням яскравості. Для побудови математичної моделі такого перетворення користуються степеневою функцією виду:

$$f'(x, y) = (G - 1) \left[\frac{f(x, y)}{G - 1} \right]^r \tag{2.18}$$

Використовують також, S -подібні перетворювальні функції виду:

$$v_1 = (G - 1) \frac{u^r}{S^{r-1}} \quad \text{для } 0 \leq u \leq S \quad (2.19)$$

$$v_2 = (G - 1) \left[\frac{(1-u)^r}{(1-S)^{r-1}} \right] \quad \text{для } S \leq u \leq 1$$

У формулах (2.18 та 2.19) відповідно $u = \frac{f(x,y)}{(G-1)}$ значення функції вхідного відеозображення у нормованому виді; $v = \frac{f(x,y)}{(G-1)}$ - частка яка відображає функцію вихідного відеозображення; $S = S/(G-1)$ - відображає точку перегину та відповідне їй значення характеристики відеозображення; r - визначає ступень функції показникового ступеневого типу.

Узагальнений вид перетворювальні характеристики зображено на рисунку 2.7 б. У відповідності до математичних моделей (2.18 та 2.19) варіюванням значення r існує можливість отримання модифікації перетворювальної характеристики і зміни її форми з опуклої до увігнутої коли ($r < 1$) та ($r > 1$) - відповідно.

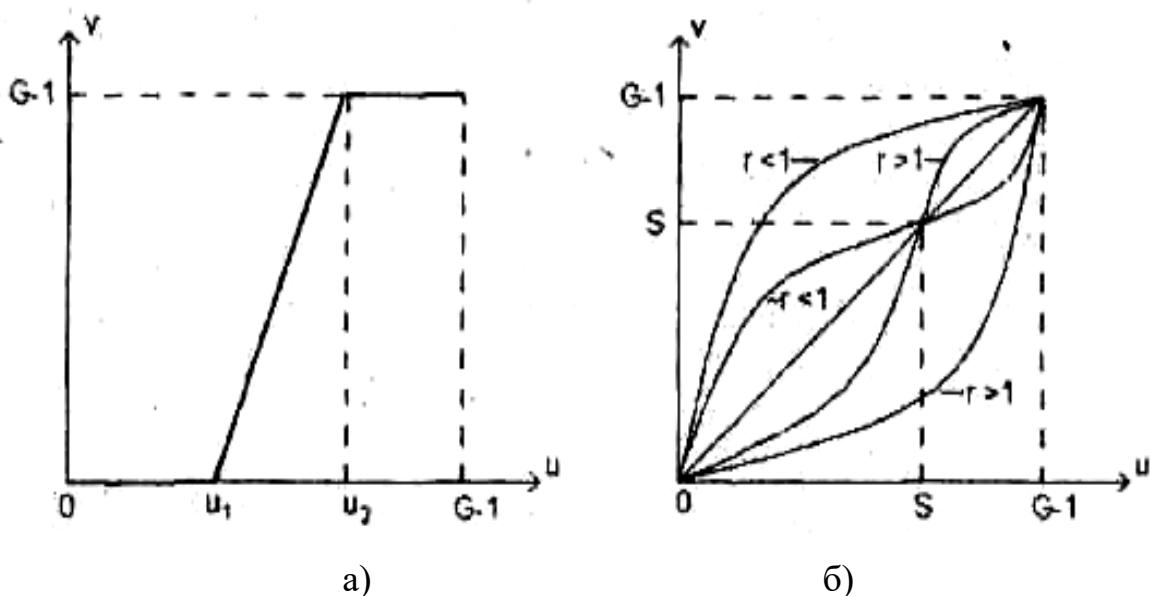


Рисунок 2.7 – Вигляд перетворювальних для зображення характеристик: а - кусково-лінійна; б – сімейство нелінійних характеристик

Механізм спрацювання методик можна охарактеризувати наступним чином. Значні рівні яскравості у відеозображення які утворено перетворювальними алгоритмами деформують рівні освітлених елементів шляхом їх розтягування тоді як за наявності низькорівневих значень яскравостей перетворювальний алгоритм реалізує компресію (стиск) затемнених елементів. Друга методика, на основі S -подібні перетворювань, характеризується протилежним ефектом під час дії. Зокрема, у випадку задіяння S -подібної характеристики за умови $r < 1$ реалізується механізм експендера до шкали яка характеризує рівень сірого в околі точки S (дивимось рис. 2.7 б) яка уособлює перегинання характеристики. Такий процес супроводжується компресією на обидвох закінченням шкали. Аналогічно, за умови $r > 1$ відбуваються схожі але протилежні за напрямком дії процеси.

Розгляд питань пов'язаних з процедурами фільтрації відеозображень, зокрема описані сценарії лінійної фільтрації відео мають специфічні притаманні лише ним нюанси які істотно відрізняють схожі процеси під час застосування алгоритмів фільтрації аудіо та радіо сигналів. Такі специфічні нюанси головним чином обумовлено двовимірністю власне самого відеозображення, тобто специфіка застосування для здійснення фільтрації фільтрів одномірної конфігурації для сигналів однієї змінної тут, при обробці відео не діє. Отже для при обробці відео необхідні двохвимірні структури фільтрів.

Вище в пояснювальній записці вже зазначалось, що реалізація двохвимірної фільтрації відбувається на основі віконних функцій. Торкнемося цього питання детальніше. У випадку провадження механізмів фільтрації відео, низка значень які відображають вихідне відеозображення утворюються за допомогою застосування апарату дискретної згортки, коли вхідне поле (f) описується віконною функцією типу $h(i, j)$ на основі застосування апарату локальних операторів. Шляхом рухів ліворуч-праворуч або верх-низ з кроком в піксель реалізується фільтрація. В цьому випадку, розміщення вікна локалізується шляхом добутку значень вихідного відеозображення із ваговими коефіцієнтами і далі підсумовування утворених результатів добутків, нормування результатів і

узгодження центрально-розміщеного віконного елемента з отриманим значенням. Далі, відбувається повторювання аналогічних однотипних дій для інших розташувань вікна. Частою практикою є реалізації віконних функцій розмірами 3x3 або 5x5. Такі функції загалом залежать від вагових значень $h(i, j)$ які обумовлюються у відповідності до стану елементів вікна - (i, j) . Наприклад, якщо розмір віконної функції складає $m \cdot n$ - елементів то розташування конкретного елемента позначається через координати (i, j) наступним чином:

- $i = 1, 2, \dots, m$ для поточної стрічки;
- $j = 1, 2, \dots, n$ для поточного стовпчика.

Коригування позиції віконної функції у відеозображенні реалізується на підставі фіксації координатного віконного центру - (I, J) . В цьому випадку, специфіка утворення такого умовно-визначеного центру визначається з умови його збігу з центральним елементом відповідно до виразу:

$$I = \left[\frac{(m+1)}{2} \right]; J = \left[\frac{(n+1)}{2} \right], \quad (2.20)$$

Де у формулі (2.20) позначення у дужках характеризує операцію взяття цілої частини від числа.

Висновки до другого розділу

У розділі розглянуто принципи оброблення відеофайлів з використанням комп'ютерних засобів. Під час розгляду акценти були зосереджені на аналізі інструментарію у вигляді набору спеціалізованих комп'ютерно-обумовлених методик які можна застосувати з метою обробки цифрового відеоконтенту. Описано загальні концепції проведенні операцій дискретизації та рівневого квантування сигналів відеозображень. Подані етапи застосування методик проведення перетворень у відеозображеннях. Наведено методику утворення гістограм які відображають розподіл рівнів у елементах відеозображення за певними законами. Описано процедури лінійної фільтрації відеозображень.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		52

3 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК МЕТОДИК ВІДЕОКОМПРЕСІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

3.1 Якісні показники зображень

Форма стиснення відеозображень спрямована на візуалізацією їх людьми, а також автоматизованої обробки відповідним устаткуванням. В цьому контексті, здійснення над зображеннями процедур кодування дозволяє заощадити певні обсяги інформації яка піддається передачі до глядача на підставі специфічних особливостей сприймання зоровим апаратом. Такі особливості зв'язані з тим, що існує певна обмежена точність у фіксації людськими зоровими аналізаторами зображень та як наслідок утворюється ситуація коли певні спотворення у зображеннях будуть істотно незначними і особливо непомітними. Саме ці особливості (невидимість спотворень і їх непомітність) є передумовою застосування методик компресії (стискування) відеозображень нехтуючи частиною несуттєвої інформації яка втрачається. Отже, в такому разі можна говорити, що у інформацію вносяться відповідні спотворення. Такі процеси з перетворенням зображень неминуче призводять до того, що під час декодування частина неврахованої інформації не піддається поновленню, а отже такий механізм буде супроводжуватись певною похибкою під час відтворення відеозображень. Аналіз методик кодування дозволяє вказати на те, що їх різноманітність призводить до різного рівню внесених спотворень, залежно від специфіки застосованої методики [21]. Такий висновок дозволяє сформулювати загальні вимоги до проектування системи стиснення відеозображень, головною з яких є вимога вибору такої методики яка в кінцевому випадку повинна завдати мінімальних, найменш істотних спотворень.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Мультимедійний відеокompресор Розробка та розрахунок методик відеокompресії зображень Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Малаш М. О.					53	
Перевірів		Бойко Ю.М.						
Н. контр.		Стецюк В.І.						
Затв.		Підченко С.К.						
						ХНУ, гр. ТР2 _c -20-1		

Нааявні на поточний момент часу механізми які застосовуються з метою компресії/декомпресії рухомих/нерухомих зображень засновано на застосуванні методів які призводять до втрати певної частини інформації. Тут необхідно акцентувати на тому, що є такі області які застосовують перетворення над зображеннями (наприклад при застосуванні автоматичних аналізаторів) де будь-які втрати інформаційної частини у зображеннях неприпустимі.

З метою розрахунку та проектування мультимедійних систем які працюють з стиснутими відеозображеннями слід зафіксувати певну якісну та кількісну міру для оцінки зображень. Огляд різноманітних джерел з цього питання [20] дозволяє стверджувати на відсутність такої адекватно-аналітичної і зважено-об'єктивної міри, яка б відображала якість певного зображення яке відноситься до визначених систем компресії. В такому разі за якісну характеристику зображень застосовують суб'єктивну форму оцінювання і зокрема у вигляді певних шкал або застосовують окремі методики встановлення чисельних якісних залежностей зображень від інтенсивності спотворень, а також шляхом оцінювання за дослідними зображеннями [22].

Перед описом шкальних оцінок якості зображень, потрібно наголосити на тому, що введення якісної міри для зображень повинно неодмінно враховувати факт її кореляції з суб'єктивними ознаками оцінювання якості. Отже, врахування такої рекомендації ґрунтується на застосуванні наступних шкал суб'єктивного оцінювання, а саме на оцінці погіршення та оцінці якості зображень у вигляді окремих шкал. Такий підхід обумовлюється застосуванням 5-ти бальної схеми оцінювання. Окреслена методика враховує ступеневі рівні якості за шкалою та обумовлює показники якості на підставі залучення певного дослідного множинного набору зображень.

В такому разі, шкальна оцінка у погіршенні зображення містить інформацію щодо ступеню спотворень певного закодованого зображення із врахуванням певного зафіксованого вихідного зображення. Можна систематизувати шкальні оцінки якості та спотворень зображення поширені в системах обробки зображень на підставі таблиці 3.1.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 3.1 – Бальні показники якісних ознак у погіршенні зображень

Якість	Оцінка в балах	Погіршення
Відмінне	5	Непомітно
Добре	4	Помітно але не заважає
Задовільне	3	Дещо заважає
Погане	2	Заважає
Дуже погане	1	Дуже заважає

До процедур оцінювання якісних показників зображень застосовується методика експертного оцінювання. Специфіка такого оцінювання заснована на проведенні експериментальних дій, коли експертам візуалізують дослідний формат зображення який не містить спотворень. Тоді в ході експериментального оцінювання відбувається почергове подання зображень (еталонних) що не містять спотворень та зображень які піддаються, власне оцінюванню. Прийнято виділяти наступні показники числового оцінювання якості зображень, а саме у вигляді одномірних класів та у вигляді двомірних класів. Якщо визначено застосування одномірних класів то оцінюється одне зображення, а калібрування шкали виконується на підставі співставлення зображення яке піддається оцінці з базовим. У випадку застосування двомірних класів оцінка відбувається із врахуванням диференціальних якісних ознак у наявних зображеннях які передують обробленню і зображеннях отриманих вже після обробки. За умов застосування одномірних методик до уваги беруться спектральні просторові оцінки зображень. Якщо мова йде за типовий формат міри яку можна застосувати для оцінювання якості зображень то за таку міру можна прийняти узагальнене чи усереднене значення енергії сигналів у час частотному спектрі. Можна привести приклад одномірних класових мірних числових показників які описуються статистичними параметрами зображень серед яких базові –

дисперсія, маточікування, а також представлення гістограм півтонових зображень за які було детально описано в попередньому розділі кваліфікаційного проекту.

Загальний підхід до графічного представлення розподілу пікселів з врахуванням рівнів яскравостей по структурі зображення реалізується на основі побудови одномірних гістограм. Зокрема, такий формат гістограми доцільно розглядати у вигляді апроксимуючої одномірно розподіленої щільності імовірностей зображень. Відповідно, форма такого розподілу дає можливість щодо встановлення контрасту у зображенні. Слідую представленому порядку відображення гістограми – гістограма двовимірної структури здійснює апроксимацію 2-х вимірної щільності у розподіленні імовірностей у зображенні. Важливою деталлю у такий формі оцінювання якості зображень, є виміряна по діагоналі ширини гістограми яка дає інформацію щодо просторової кореляції у зображенні. Потрібно наголосити, що міри якості у вигляді двохвимірної структури найбільш вживані для оцінювання якісних показників скомпресованих зображень так як дозволяють виявити специфіку відносних спотворень зображень у закодованому виді відносно незакодованого. Важливою мірою якості зображень є також помилка у середньоквадратичній формі яку можна описати через різницеве значення між пікселями двох зображень – вихідного та спотвореного. В цьому випадку така помилка неістотно впливає на суб'єктивні фактори у оцінці якісних показників зображень [21].

3.2 Застосування методик імпульсно-кової (І-КМ) та диференціальної модуляції (ДІ-КМ) при кодуванні відеозображень

Алгоритм І-КМ ґрунтується на процесі дискретизації сигналів відеозображень і далі квантування відліків і представлення їх у вигляді двійкового коду. В цьому випадку півтонові зображення характеризуються наявними рівнями квантування в межах $64 \div 256$ із застосуванням $6 \div 8$ -ми бітів, що якісно відрізняє такий процес І-КМ від інших систем передачі де часто

використовується механізм дворівневого квантування із точністю один біт на відповідний відлік.

Якщо говорити за кольорову форму зображення то його структура представляє собою симбіоз триколірової комбінації – червоного-зеленого-синього кольорів або (R_G_B). Таким чином, в такий конфігурації застосовується незалежна обробка кожного з трійки кольорів з залученням від $6 \div 8$ -ми бітів на кожен відлік. Така особливість впливає на необхідність врахування рівня падіння швидкості під час передачі при застосуванні процедур компресії до повідомлень та оцінці її відносно І-КМ.

Підхід який пов'язаний із зменшенням кількості рівнів під час квантування як процесу кодування І-КМ-методом не є обґрунтованим. Такий процес зумовлює виникнення хибних контурів пов'язаних із стрибкоподібною зміною ділянок відеозображень де є характерними плавні градації колірної яскравості. Однак слід звернути увагу на те, що півтонова ентропія сягає $4 \div 6$ -ти біт/піксель є загалом обумовлює певну надлишковість в процесі І-КМ кодування.

В цьому випадку мінімізація надлишковості у сигналах відеозображення досягається шляхом використання диференціальної (дельта) імпульсно-кодової модуляції (ДІ-КМ) [24]. Особливість такого підходу ґрунтується на частковому використанні значень відліків при кодуванні (при кодування відео мова йде за певні піксельні яскравісні рівні у складових зображення), тобто кодуванню піддається різницеве значення утворене внаслідок порівняння відліків сигналів які слідуєть один за одним. Тобто, таке різницеве кодування – між поточним і передбачуваним відліками піксельної яскравості, призводить до зменшення надлишковості при застосування ДІ-КМ. Особливість ДІ-КМ – наявність процедури передбачування змін у яскравості відеозображень $f(x, y)$ стосовно відліків x . Отже такий механізм досить зручний під час реалізації процесів компресії відео так як обумовлює передавання лише частини інформації яку можна застосувати під час коригування процедури передбачення. Внаслідок того, що передбачені відліки пов'язані із попередніми значеннями існує

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		57

однозначність їх локації і у кодері так і у декодері. Тоді концепція роботи декодера ґрунтується на підсумовуванні помилок передбачення і блок-схема реалізації ДІ-КМ може бути представлена рисунком 3.1.

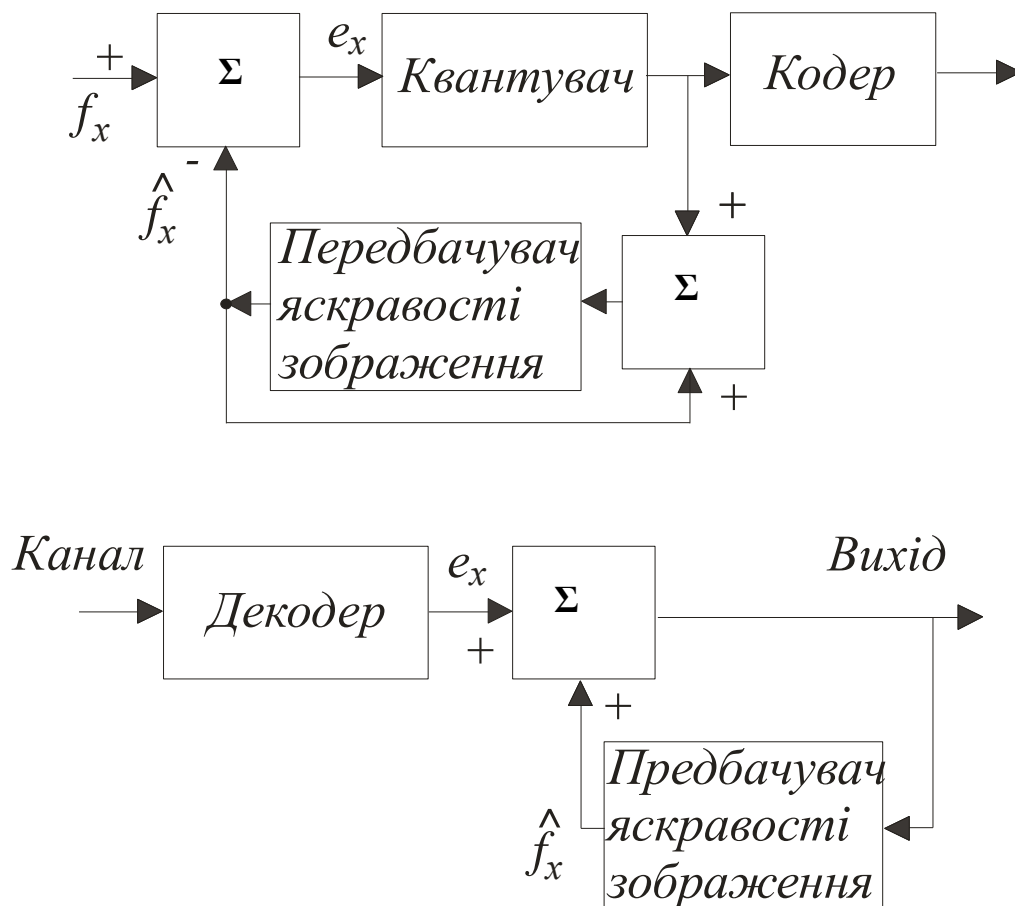


Рисунок 3.1 – Блок-схема реалізації ДІ-КМ

Для ДІ-КМ у цифровій формі як вхідний використовується сигнал типу І-КМ статичних зображень та/або добірка кадрів телевізійних картинок. При такому алгоритмі відбувається процедура восьми-розрядного кодування за рівномірною І-КМ відповідних відлікових значень наявних сигналів відеозображень. Отже, кожен відлік яскравості f_x у точці X , за допомогою описаного вище механізму передбачення, приймає участь у визначенні передбачених значень f_x з використанням попередніх $N-1$ відліків.

Провадження такого алгоритму ґрунтується на методиках пов'язаних з процесами лінійного передбачення [19].

Проведемо розрахунок схеми розміщення пікселів відеозображень.

- визначаємо значення яскравостей X -тих пікселів при застосуванні методики ДІ-КМ:

$$\hat{f}_X = \sum_{i=1}^{N-1} a_i f_{X-i}, \quad (3.1)$$

де a_i - значення вагових коефіцієнтів.

- визначаємо різницеве значення відліків ДІ-КМ (для M -го відлікового значення яке вважаємо за істинне і отриманого передбаченого значення) з формули:

$$e_M = \hat{f}_M - f_M. \quad (3.2)$$

Візуально, рисунком 3.2, представимо схемне розташування JPEG-пікселів із врахуванням описаних вище механізмів.

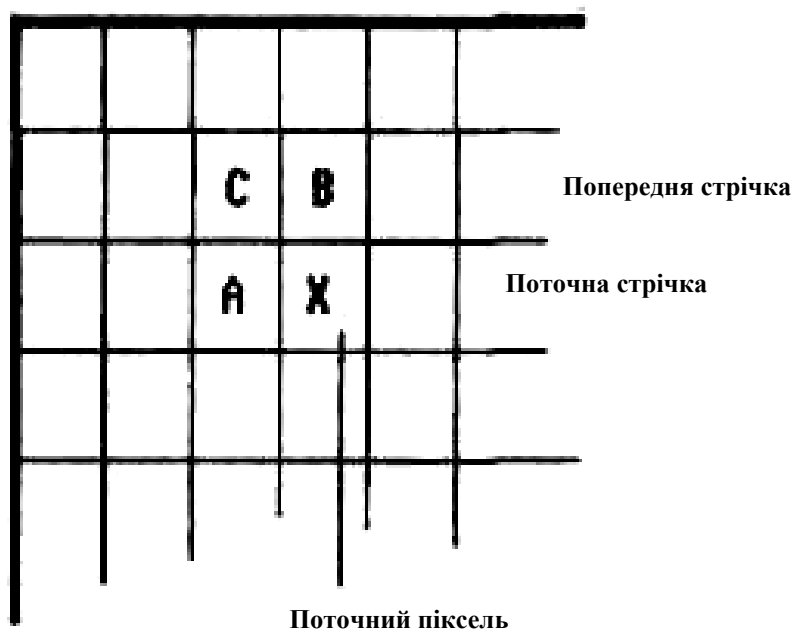


Рисунок 3.2 – Концепція формування піксельної схеми для JPEG

Обчислене за (3.2) значення e_M можна трактувати як помилку передбачування, де утворений різницевий сигнал буде мати форму сигналу помилки. Специфіка підбору вагових коефіцієнтів a_i ґрунтується на вирішенні задачі зменшення дисперсійної помилки при передбаченні. Процес квантування помилки за допомогою методики нерівномірно-оптимального квантування має на меті досягнення мінімальної середньоквадратичної помилки при квантуванні або синхронізацію з особливостями сприймання шумів при квантуванні зоровим людським апаратом. Після цього проводиться кодування квантованих значень для досягнення додаткової компресії переданої інформації.

Зоровий апарат людини, а також певні статистичні особливості сигналів відеозображень застосовуються з метою реалізації алгоритму кодування із передбаченням. Тут використовується наявна кореляція між відліками яскравостей сусідніх пікселів, що схематично представлено рисунком 3.3.

Потрібно наголосити, що розгляд телесигналу враховує наявну часову кореляцію між складовими відеозображень послідовних кадрів. В цьому випадку наявність кореляційних зв'язків підчас передбаченні за алгоритмом врахування сусідніх пікселів, спостерігається зменшення дисперсії сигналу помилки. Крім того, такий сигнал характеризується розширеним динамічним діапазоном в порівнянні з вхідним та, загалом, може містити як додатні та від'ємні значення. Важливо підкреслити, що існує суттєва різниця у розподілах імовірностей для сигналів помилки і вихідних сигналів. Існує певна нерівномірність у умовних розподілах імовірностей які описуються взаємодію між сусідніми елементами відеозображень і відповідно помилки. Загалом, можна спостерігати крутий пік в нульовій області при аналізі розподілів різницевих сигналів, що обумовлено певною передбачуваністю помилки обумовленою міцними зв'язками утворюючих елементів, а отже її малим значенням. Аналіз різницевого сигналу вказує на певні статистичні зв'язки в його структурі хоча і загальний формат прямує до зменшення рівня цих зв'язків, що в кінцевому рахунку дозволяє вказати на декореляцію відеозображень під час процедури передбачування тобто перетворення базового зображення на

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		60

різниці. Ступінь такої декореляції оцінюється мінімальним середньоквадратичним значенням за помилкою передбачення. В такому разі згадані вище коефіцієнти вагових функцій - α_i введення яких спрямовано на мінімізацію середньоквадратичного значення помилок розраховуються для відомої кореляційної функції відеозображення. Для певного набору зображень – ансамблю таку оптимізацію на основі передбачування можна реалізувати шляхом усереднення по набору кореляційних функцій. Така ансамблева оптимізація дозволяє сприйняття телевізійної інформації на підставі її представлення стаціонарним випадковим процесом.

Специфіка вибору певних елементів відеозображення для проведення процесу передбачення розподіляє пристрої з Д-ІКМ на 1-но мірні, 2-во мірні та 3-ри мірні. Тоді в процесі 1-но мірного передбачування застосовуються кореляційні зв'язки між елементами вздовж стрічкової розгортки зображень. Порядок 2-во мірного передбачення ґрунтується на методиці визначення облікових значень піксельних яскравостей які розміщуються у сусідніх стрічках, тобто активній і попередній. Така алгоритм загалом дозволяє мінімізувати помилку у передбаченні по двох змінних, як по x так і по y і що у підсумку позитивно відображається у суб'єктивних ознаках поліпшення якісних показників відеозображень. Підсумовуючи відносно розглянутих алгоритмів потрібно доповнити, що такі кодувальні алгоритми є внутрішньокадровими алгоритмами кодування.

Тепер торкнемось особливостей алгоритмів передбачення 3-тьої групи де задіяними виявляються відразу три осі, тобто тут приймають участь не лише пікселі які притаманні 2-х мірному передбаченню, беруть до уваги відлікові значення пікселів за попередніми кадрами. Реалізація такої методики кодування пов'язане з міжкадровими процесами при кодуванні. Безперечно, врахування в такому алгоритмі відлікових значень попередніх кадрів, неминуче призводить до підвищення вимог до об'єму пам'яті. Практичні додатки функціонують на різноманітних методиках формалізації розрахункових відліків у передбачених значеннях як яскравостей X -го пікселю (f_x)[8].

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		61

Аналіз директив які регламентують стандарт JPEG дозволяє встановити, що стиснення нерухомих зображень реалізується на підставі процедур прогнозування відлікових значень відповідних пікселів. З цією метою застосовуються відлікові значення сусідніх відліків які розміщено або у активній або у попередній стрічках [7]. Часто використовують і певні лінійні комбінації відлікових значень.

Для визначення облікових значень для пікселів зображення, зокрема яскравості активного елемента використаємо вираз:

$$\hat{f}_X = f_A \quad \hat{f}_X = f_B \quad \text{та} \quad \hat{f}_X = f_C \quad (3.3)$$

У формулах (3.3) індексами A, B, C зазначається схемна конфігурація у розміщення пікселів відповідно до рисунку 3.3. Розрахунок уточнених значень передбачень f_X виконуємо за виразами:

$$\begin{aligned} \hat{f}_X &= f_A + f_B - f_C; \\ \hat{f}_X &= f_A + (f_B - f_C)/2; \\ \hat{f}_X &= f_B + (f_A - f_C)/2; \\ f_X &= (f_A + f_B)/2. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Тепер торкнемось питань пов'язаних із рухомими телезображеннями. В цьому випадку механізм розгортки має черезстрічкову схему дії коли кадр зображення утворюється перемеженням двох полів. Практично, парні кадри 2-го поля розміщуються поміж стрічок першого – непарного кадру.

Для обрахунку значень X -го передбаченого пікселя використаємо наступні математичні вирази:

$$\begin{aligned} \hat{f}_X &= f_A; \\ \hat{f}_X &= (f_A + f_D)/2; \\ \hat{f}_X &= 3(f_A + f_C)/4 - f_B/2; \end{aligned} \quad (3.5)$$

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		62

На рисунку 3.3 схематично представлено порядок розташування пікселів для активного та попередніх кадрів, де штриховка вказує на черезстрічкову розгортку перемешованих рядків.

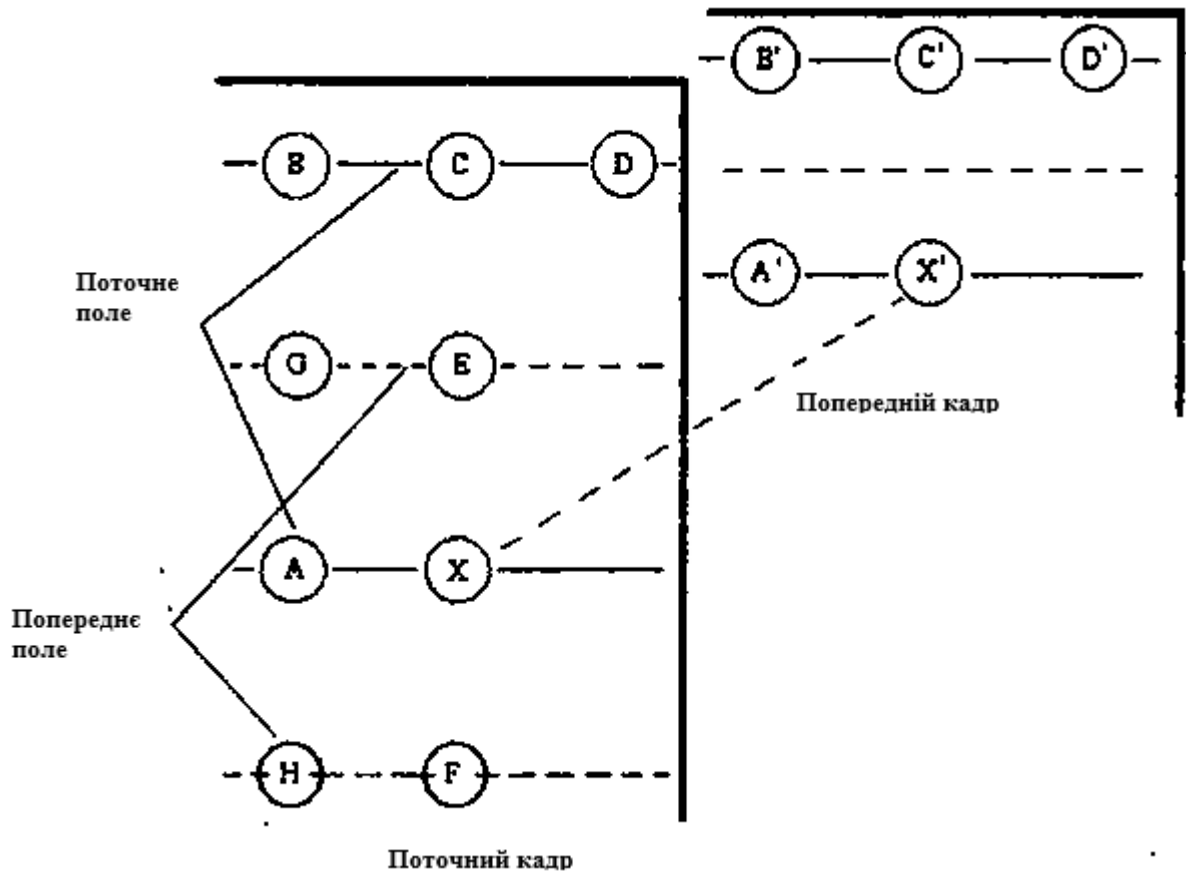


Рисунок 3.3 – Порядок розташування пікселів у зображеннях телевізійного формату

Розрахунок \hat{f}_x у відповідності до виписаних вище формул головним чином залежить від виду зображення, вимог щодо якості відображення та низки статистичних параметрів. Підхід до вибору необхідного математичного виразу проводиться на підставі експерименту. Існує і практика поєднання низки формул у визначенні передбачення із врахуванням відповідних характеристик зображення, зокрема тих які обумовлюють процедури його компресії.

Досить поширеним процесом який супроводжує обробку сигналів зображення є процес кодування з перетворенням. В такому разі на підставі наявного І-КМ сигналу у формі відео здійснюють зворотне перетворення з

процедурами квантування та кодування. Головний зміст проведення таких операцій пов'язаний з необхідністю трансформації елементів зображень які містять певні статистично-обумовлені зв'язки за допомогою незалежних коефіцієнтів. Характерною ознакою проведення таких трансформацій є зосередження «значущих» коефіцієнтів в околі певної області тоді як незначущими коефіцієнтами які описують перетворення у зображеннях - нехтують. Такий порядок обробки безпосередньо мінімізує обсяг активного зображення. Звичайно коефіцієнт компресії обумовлений кількістю збережених коефіцієнтів та сягає 10-ти.

Розглянемо методику компресії відеозображень. Цифровий еквівалент елементів відеозображення у вигляді відповідних відліків вхідного сигналу S_{ii} піддається фрагментації у вигляді блочної структури типу $M \cdot N \cdot K$. Буквами M, N позначимо вміст стрічки і стовпчика у вигляді елементів зображення тоді як K - буде визначати число кадрів у зображенні (відповідно для зображень які є нерухомими отримаємо $K = 1$). На підставі такої моделі можна сформулювати структурну схему кодування із описаним процесом перетворення наступним чином (рис. 3.4):



Рисунок 3.4 – Структурна схема кодування з використанням перетворення

У відповідності до схеми на рисунку 3.4 маємо наступний порядок кодування. Відбувається 2-х мірне перетворення певної області - фрагменту зображення або цілого зображення. Конструкція фрагментованої області зображення містить $8 \cdot 8, 16 \cdot 16, 32 \cdot 32$ або $256 \cdot 256$ відліків. Підставою для вибору таких розмірів фрагментованих ділянок є наявність з'ясованої кореляції у зображеннях в межах від 8-ми до 32-х відліків. Загалом розмір фрагментованої ділянки можна збільшити, однак потрібно врахувати виникаючий запит на збільшення обсягів пам'яті і звісно часу на проведення обробки.

Базовим математичним апаратом який поширений для задач компресії відео є апарат перетворень Фур'є, перетворень Адамара-Хаара, Карунена-Лоева (К-Л) і використання так званого косинусного перетворення [23]. Основна концепція у проведенні перетворень спрямована на утворення некорельованих чисельних ланцюгів які прийнято називати трансформантами (ТР). Ідея полягає в тому, що кількість достатньо невеликих ТР обмежена, що дозволяє оптимізувати процес кодування з допомогою ТР зображень в порівнянні з інформаційними показниками самого зображення. В процесі перетворення відбувається блоковий поділ утворених ТР з метою проведення подальшої обробки. В основі такого поділу закладена гранична (зонова) концепція. Суть такої концепції зводиться до того, що зонний поділ призводить до зонованого відбору ТР (нижня просторова область частот) який безпосередньо впливає на суб'єктивні якісні показники зображень. Якщо застосовують граничний поділ відбору підлягають ТР з перевищенням певного граничного рівня. Наступні кроки супроводжуються процедурами квантування, кодування утворених ТР тоді як інші приймаються рівними нулеві. На кінець, відкидання певної кількості ТР дозволяє провести компресію (стиснення) базового зображення. Потрібно врахувати, що такий процес може містити ознаки спотворень у переданому відеозображенні. Отже, надважливо здійснити вірне відкидання лише тих ТР які неістотно впливають на якість візуалізації зображень.

Розглянемо особливості квантування під час перетворень відеозображень. Загалом квантування спрямовано на реалізацію заміни неперервних коефіцієнтів

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		65

певними цілочисельними значеннями з наступною технологією кодування. Під час операцій квантування пов'язаних з компресійною трансформацією зображень неодмінно виникають спотворення внаслідок специфічних аналого-цифрових операцій. Існують компресійні схеми які функціонують за технологією усунення несуттєвих ТР вже після операцій пов'язаних з квантуванням.

Розглянемо етапи квантування ТР за наступною схемою:

- на підставі оцінювання набору фрагментів виконується нормування ТР за дисперсійними показниками;

- утворені ТР які відображено у нормованій формі підлягають обробки квантувачем із врахуванням проведеної оптимізації за конкретною конструкцією сигналу;

- використовуються передбачені дисперсійні показники ТР стосовно до допустимого рівня спотворень з метою заощадження необхідної кількості бітів при формуванні ТР;

- сформований ланцюг у формі цілочисельної послідовності з виходу квантувача слідує через канал до приймача у якому відбуваються зворотні процеси над ТР у квантованому виді з метою відновлення необхідного зображення.

Огляд літературних джерел [22, 23] вказує на високу ефективність застосування до трансформацій відеозображень перетворення К-Л яке обумовлено мінімізацією середньоквадратичної помилки. Однак, практичне застосування перетворення К-Л вимагає наявності відомостей щодо картини статистичної взаємодії складових у ланцюгах зображень які піддаються обробки та відсутність оптимізованих за швидкістю в рамках К-Л алгоритму таких перетворень.

Вигідне положення за перерахованими вище вадами К-Л має алгоритм дискретного косинусного перетворення (ДКсП) і зокрема внаслідок наявного швидкого алгоритму розрахунку.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		66

Модель ДКсП схожа на процедуру дискретного перетворення Фур'є і може бути представлена наступними математичними виразами:

$$F(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N} \quad (3.6)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i)C(j)F(i, j) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N}$$

У формулах (3.6) $C(i), C(j) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ якщо $i, j = 0$ та $C(i), C(j) = 1$ для випадку $i, j > 0$; $f(x, y)$ - стосовно до фрагменту зображення в системі координат x, y значення яскравостей пікселів.

Наголосимо, що у відповідності до специфіки відеосигналів алгоритм ДКсП має бути застосований до тривимірного формату сигналу, тобто поряд із змінними яскравість - f та час - t тут до уваги береться координатні відліки x, y та яскравість - f . Тоді у такий структурі згідно до методики ДКсП виконується перетворення над ланцюгом відлікових значень яскравостей пікселів з зазначеного вище тривимірної конфігурації у еквівалентну інтерпретацію в області частот. Тобто по аналогії з перетворенням Фур'є маємо можливість застосувати ДКсП для переходу просторово-відображеної інформації до частотно-локалізованої або спектральної форми. Тоді у (3.6) вісь x та y можна інтерпретувати у вигляді просторово-локалізованих частот перетворених сигналів за двома різними вимірами. Визначення частот за таким координатним базисом (x та y), обумовлюється кількістю чорних штрихів та білих проміжків для зображень, що розміщуються на ділянці довжиною у один міліметр для прямої яка є перпендикулярною до зазначених штрихів і є суміщеною з координатними осями x та y . Причому просторово-локалізовані частоти будуть вимірюватись у мм^{-1} .

Ще раз зазначимо на оборотність ДКсП, смисл якого заключається в тому, що його застосування дозволяє здійснити перехід для сигналів з частотної області до просторової інтерпретації. Для проведення таких перетворень ДКсП використовує апарат квадратних матриць які мають розмірність $M \cdot N$ пікселів та містять інформацію стосовно відлікових значень яскравостей складових елементів зображень - $f(x, y)$. Таким чином, за результатами перетворень утворюється матриця квадратної конфігурації $M \cdot N$ яка складена з ТР у вигляді частотних коефіцієнтів - $F(i, j)$.

3.3 Принципи перетворень над зображеннями у форматі JPEG

У 1991 році з метою систематизації певних наробок та рішень щодо застосування методів компресії півтонових та статичних зображень була основана експертна група яка отримала назву Joint Photographic Expert Group (JPEG) [23]. Звідки, розроблений стандарт стиснення зображень отримав назву JPEG і загалом містив формат і низку правил які обумовили порядок компресії як кольорових так і некольорових зображень.

До складу стандарту входять окремі частини які обумовлюють принципи компресії інформації втому числі – без втрат та методики компресії за умов часткових спотворень у інформації під час перетворень. Потрібно акцентувати увагу на тому, що методики стиснення даних без втрати інформації реалізується за допомогою описаної вище у кваліфікаційному проекті – Д-ІКМ з передбаченням. Крім того, в основі таких методів компресії лежать адаптивно-діючі хаффменівські алгоритми та методики арифметичного кодування.

Стиснення зображень на основі методик оснований на частковій втраті інформації базується на описаних вище в попередньому підрозділі методу ДКсП з послідовним квантуванням.

Спільною вимогою до методик стиснення даних є забезпечення мінімального рівня спотворень які будуть внесені під час стиснення інформації і відповідно до директив JPEG – неповинні істотно погіршувати якісні показники у відновлювальному відеозображенні. З метою встановлення рівня впливу

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		68

спотворень на якість перетворень при компресії прийнято градаційну порівняння отриманого зображення з оригінальним за ознаками – добре чи відмінно. До важливих вимог до методики стиснення можна віднести вимогу універсальності щодо палітри багатоградаційних зображень і доцільна простота у функціональній реалізації.

На рис. 3.5 представлено структурні схеми компресійного/декомпресійного устаткування відеозображень відповідно до директив JPEG.

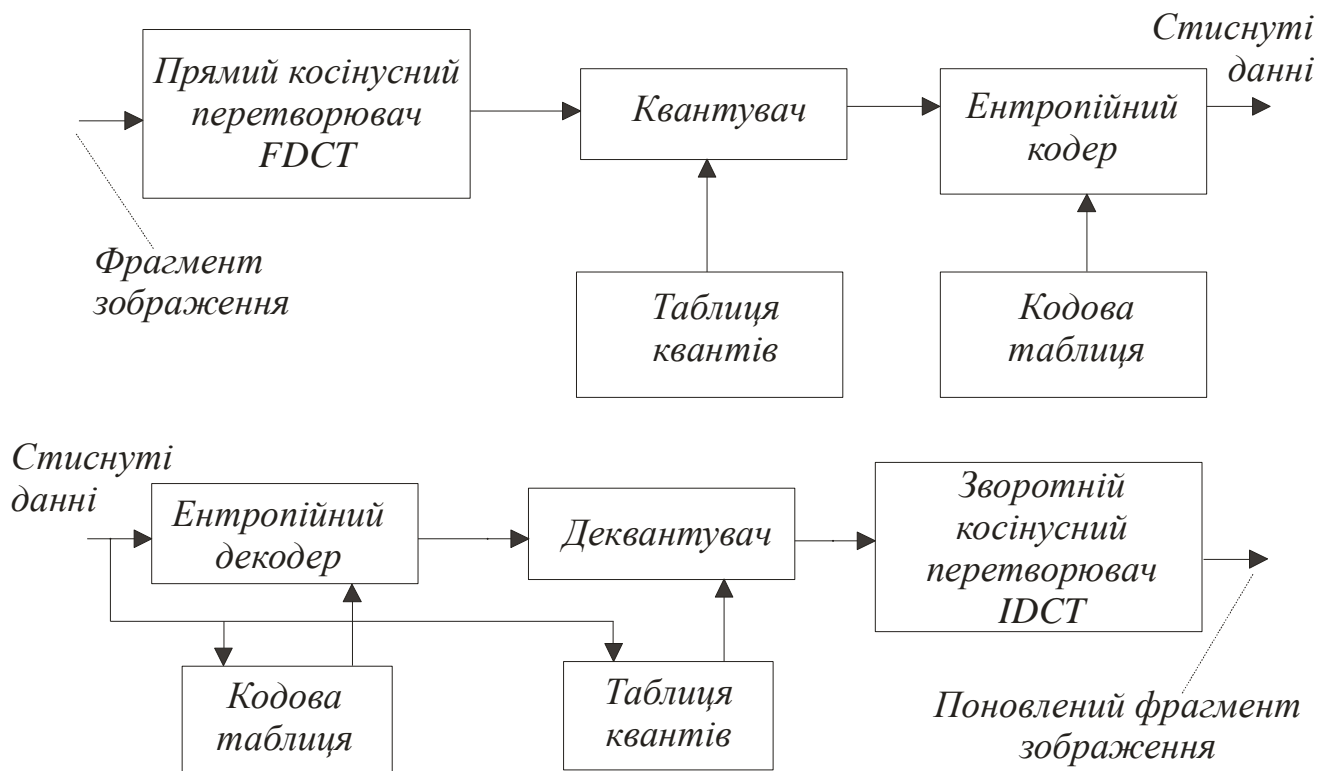


Рисунок 3.5 – Структурі схеми компресора/декомпресора відеозображень згідно до вимог JPEG

3.4 Розрахунок компресії відеозображень JPEG

У відповідності до методик і процедур оброблення відеозображень у JPEG [23], здійснюємо розбивку кодованого зображення блочно з розмірами **8·8** піксельних елементів. Таким чином утворюємо блочну структуру у форматі 64-х точкового сигналу у дискретному представленні. До такої

структури буде входити цілочисельна послідовність утворена діапазоном $[0, 2$ до $-1]$ з наступним перетворенням у знаочислову форму в межах діапазона $[-2^k, 2^{k-1}, -1]$. У випадку наявних 256-ти градацій яскравостей застосовуємо $k = 8$ розрядів з метою проведення кодування відліку відеозображення.

Виконується перетворення над рівнем яскравості елементів зображення і трансформація рівні масштабуванням з діапазонів $0 \div 255$ до $-127 \div 127$. Далі застосовується блок ДКсП (FDCT) з метою визначення 64-р'юх ТР які утворено послідовністю цілих знакових чисел які розміщено в межах діапазону $[2^{-10}, 2^{10}, -1]$.

Утворений сигнал блоку ДКсП буде утворений 64-х елементним масивом який трансформовано у матричний формат розміром $8 \cdot 8$. Амплітудні значення ТР повністю обумовлено відліковими значеннями вихідного блоку відеозображення і мають форму коефіцієнтів які розміщено за дискретними частотами. В такій конфігурації коефіцієнт який прив'язаний до 0-вої частоти відображає постійну складову - **ДС** тоді як решта коефіцієнтів відображають змінні складові - **АС**. Повільна зміна складових відеозображення у вихідному блоці дозволяє на підставі застосування ДКсП провести групування ТР в околі нижніх просторово-локалізованих частот. Загалом ДКсП не виконує безпосередньо компресію повідомлення, а основна мета його застосування – це здійснення підготовчих дій до компресії даних яка далі реалізується квантувачем.

Під час квантування відбувається стиснення відеозображення на підставі уточнення показників точності квантування. Для проведення компресії ТР загалом можна коригувати точність квантування шляхом вибору дистанції щодо розміщення ТР від **ДС** яка дислокована у матриці за індексом - $(0,0)$. Таким чином, пониження точності візуалізації ТР пов'язано з зменшенням числа біт для їх відображення. В такому разі елементи які кодовано значною кількістю біт розташовують ближче до **ДС**, а при меншому – далі.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
						70
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

Для реалізації процедури квантування у JPEG реалізується матриця квантування. Її конфігурація має конструкцію коли кожна складова матриці TR характеризується відповідним значенням кванту - $Q(i,j)$ що входить до матриці квантування. Тоді під час квантування відбувається розподілення відповідної TR $F(i)$ до відповідного кванту - $Q(i,j)$ з наступним цілочисельним представленням результату у формі:

$$F_Q(i,j) = [F(i,j)/Q(i,j)] \quad (3.7)$$

У такий конфігурації значення квантів $Q(i,j)$ дислокуються в межах рівнів $1 \div 255$, а значення $Q(i,j)$, що відповідає -1 обумовлює найбільш бажану точність. Рух в напрямку до низу праворуч від верхньої лівої ділянки матриці супроводжується підвищенням значень $Q(i,j)$. Тоді при виконання умови $Q(i,j) > F(i,j)$ відбувається перехід квантованого відліку $F_Q(i,j)$ до нуля, що свідчить до неповоротної втрати частини даних. Коригуванням величинами рівнів квантів $Q(i,j)$ під час міжпиксельних переходів, реалізується механізм який визначає рівень компресії і відповідно якість відображення інформації.

Загалом механізм формування квантового простору - $Q(i,j)$ регламентується на підставі стандартизованої таблиці з квантів. Однак, і це важливо, у JPEG реалізовано порядок коригування для користувача необхідними матричними елементами у вигляді квантів із врахуванням заданих потреб у забезпеченні якості відображення відеоданих. Для позначення значень квантів застосуємо наступну формулу:

$$Q[i,j] = 1 + (1 + i + j) \cdot \gamma \quad (3.8)$$

де i,j - позначення індексів у матриці квантів ($i,j \in 1,2,\dots,N$); γ - значення коефіцієнту який корегується користувачем і визначає якісні показники відображення зображення.

У практичних додатках значення γ доцільно обирати в межах $1 \div 25$. В цьому випадку збільшення γ , як показав експеримент, призводить до погіршення якісних показників відображення відеозображень.

Отриману в процесі розрахунку за (3.8) матрицю для $Q(i, j)$ для умов які визначають якість: $\gamma = 2$ представимо у вигляді таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Матриця квантованих значень $Q(i, j)$ для $\gamma = 2$

3	5	7	9	11	13	15	17
5	7	9	11	13	15	17	19
7	9	11	13	15	17	19	21
9	11	13	15	17	19	21	23
11	13	15	17	19	21	23	25
13	15	17	19	21	23	25	27
15	17	19	21	23	25	27	29
17	19	21	23	25	27	29	31

При проведенні операції яка буде зворотна квантуванню, застосуємо формулу:

$$F'(i, j) = F'_0(i, j) \cdot Q(i, j) \quad (3.9)$$

Обрахована за (3.9) величина $F'(i, j)$ є базовою для проведення зворотного ДКсП (ЗДКсП). Для довільної ділянки зображення значення ТР на виході блоку ДКсП зображено таблицею 3.3., а таблицею 3.4 подано значення ТР утворені квантувача. Констатуємо, що внаслідок перетворювальних процесів низка ТР будуть нульовими, що безпосередньо вплине на обсяги переданих даних.

Наступні віхи відповідно до алгоритму JPEG реалізують кодування отриманого зображення у квантованій формі. Послідовно виконується процедура розділення ТР типу **DC** та ТР типу **AC** складових, причому ТР **DC** визначає ступінь середнього значення 63-відлікових значень відеозображення.

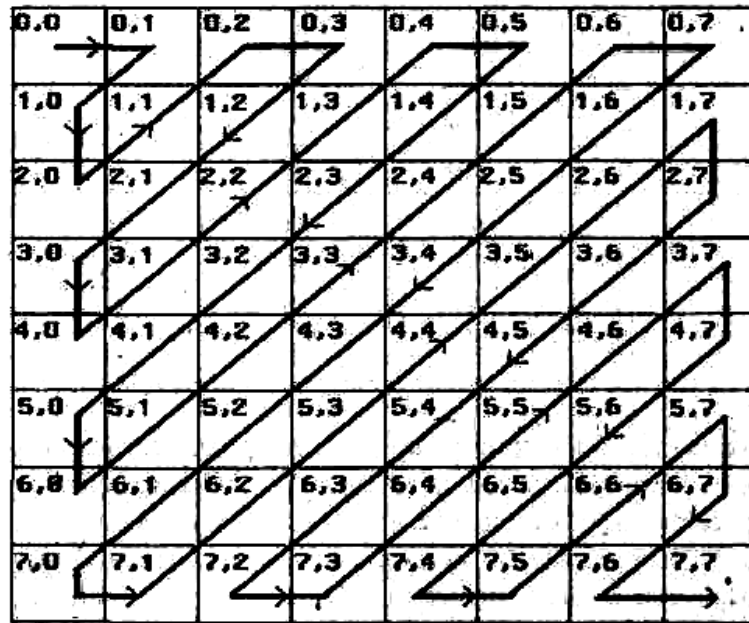


Рисунок 3.6 – Порядок зчитування відліків які відповідають розрахованій ділянці зображення

Компресія сукупності **AC-TP** ділянки зображення реалізується на підставі технології ентропійного кодування (ЕК). Концепція ЕК ґрунтується на представленні ненульових **AC-TP** у вигляді нерівномірного коду без розділення окремих кодових комбінацій. Для відокремлення у такому кодовому потоці окремих фрагментів між комбінаціями застосовують індикатор які окреслює поточний формат коду. Для кодування нульових відліків застосовуємо компресію на основі кодування послідовних однакових символів. Символьна ідентифікація груп нульових і ненульової TP при зігзагоподібному форматі (згідно до рис. 3.6) реалізується через позначки типу: ***SYM1*** та ***SYM2***.

Конструктивно ***SYM1*** складається з байту де старший півбайт відповідає за тривалість ряду ненульових TP відрізка коду тоді як молодший півбайт описує кількість бітів другого символу ***SYM2*** для характеристики ненульових TP. В такий конфігурації півбайт використовується з метою кодування ділянки від **1 ÷ 15** ненульових TP.

Практичні схеми компресії допускають довжини більше 15-ти, коли нульову послідовність ідентифікують через ***SYM1*** (з кодом **15,0**) і яка описує

групу утворену 16-ма нулями. Загалом, символів такої конфігурації для ділянки зображення $8 \cdot 8$ може бути максимально 3-ри. Далі застосовується конструкція *SYM1* яка доукомплектовує послідовність до дійсних чисел 0-вих ТР. При цьому значення *SYM1* для коду (0,0) використовується як показник фіксації закінчення кодування поточної ділянки яка має розмір $8 \cdot 8$.

З метою забезпечення процедур кодування ТР ненульових значень застосовуються різнобітні цілі дівійкові числа перелік яких ми звели до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Відліки амплітуд при кодування ТР

Кількість бітів	Значення амплітуди			
1	-1, 1			
2	от -3 до -2,	от 2 до 3		
3	от -7 до -4,	от 4 до 7		
4	от -15 до -8,	от 8 до 15		
5	от -31 до -16,	от 16 до 31		
6	от -63 до -32,	от 32 до 63		
7	от -127 до -64,	от 64 до 127		
8	от -255 до -128,	от 128 до 255		
9	от -511 до -256,	от 256 до 511		
10	от -1023 до -512,	от 512 до 1023		

Окремі бітові послідовності застосовуються для формування кодованих симетричних амплітудних діапазонів утворених негативними і позитивними відліками. В такий схемі старший біт відповідає за знак тоді як решта за рівень амплітуди. Для кодування DC застосовується нерівномірне кодування за допомогою пари символів, де перший - *SYM1* відповідає за довжину; другий - *SYM2* характеризує амплітуду DC. Потрібно врахувати і той факт, що для кодування DC застосовується диференційне кодування, що призводить до збільшення діапазону їх відображення до меж: $2^{-11} \div 2^{11} - 1$ і додавання у

таблицю 3.5 додаткового рядку який вказує на можливі зміни значення для *SYM1* в межах $1 \div 11$.

Така кодова конструкція яка містить ознаки нерівномірної і дещо програє по ефективності компресії методу Хаффмена чи арифметичному, однак володіє меншою складністю і особливо доречна на практиці - для випадку коли більшість TP складаються з елементів які мають невеликі значення.

3.5 Розрахунок та опис принципів компресії інформації за методикою MPEG2

У основі стандарту MPEG_2 лежить концепція подання як відеозображення так і звукового супроводу у відповідності до директив ІСО (міжнародної організації по стандартизації). Такі обставини відкривають можливості роботи з відео і аудіо в розрізі потокових комп'ютерних даних з можливістю запису на різноманітні інформаційні накопичувачі або загалом використовувати інфокомунікаційні мережі.

Для опису потоку відеозображень розроблена директива 13818 – 12 яка має досить громіздку конфігурацію та спрямована на регламентацію опису спільного функціонування наступних потокових складових:

- послідовності відеоряду;
- зображень утворених групою фрагментів;
- власне відеозображень;
- зрізів;
- блоків за макроструктурою;
- блоків.

Утворену серію слідуєчих один за одним кадрів телезображення можна представити як елемент потокового відеостріму, або як інформаційну відеопослідовність. Такий формат представлення дозволяє формувати стандартом MPEG_2 як стрічкову так і черезстрічкову декомпозицію даних у вигляді відеопослідовності.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		76

Пострічковий формат відеопослідовностей має на увазі, що окреме зображення містить кадр тоді як черезстрічкова конструкція дозволяє задіювати зображення і поля і кадру. Стандарт MPEG_2 реалізується на технології поточної компресії відео, яка має на увазі непокадрову обробку, а проведення аналітичну оцінку динамічної складової у відеопотоці і окремо оцінку надлишковості у даних.

Технологічні аспекти компресії за MPEG_2 розпочинаються з формування базового кадру який далі буде задіяний як певна опора, зокрема для відновлення низки інших кадрів. Такі опорні кадри слідуєть почергово за наступними 10 ÷ 15 кадрами.

Методика градації зображень основана на наступних технологіях:

- використовується внутрішні інформацій механізми зображення для проведення кодування опорних та поточних кадрів - I (Intra-Code-Picture));

- використовується конструкція кадрів з передбаченням яка утворена різницеvim результатом виміряним між поточним, попереднім та передбаченим кадром зображення утвореним попереднім та наступним відеозображенням виду I та P – P (Predictive-Code-Picture);

- використовується методика обліку фрагментарних кадрових зміщень для створення двоспрямованих кадрів із вказівкою до передущих зображень – B (Bidirectinallly-Code-Picture).

Згідно сформованої на рис. 3.7 структурної схеми кодеру MPEG_2 можна виділити наступні режими його роботи:

- режим у якому використовується фіксоване значення швидкості у потоці даних;

- режим у якому забезпечується фіксований рівень якісних показників при декодуванні відеозображення.

В основі методики яка використовується для управління режимами стиснення даних лежить алгоритм коригування значень елементів у квантувальній матриці. Отже, відповідно до такого алгоритму, збільшення кроку

квантування спричиняє збільшення нульових елементів матриці, а отже зменшує розмір даних які характеризують вміст зображення і які потрібно передати у вигляді інформаційного потоку. Наголосимо, що зворотній процес – збільшення рівнів (ступеня стиснення даних) призводить до виникнення неконтрольованих спотворень у відеоданих причиною яких є шуми при квантуванні.

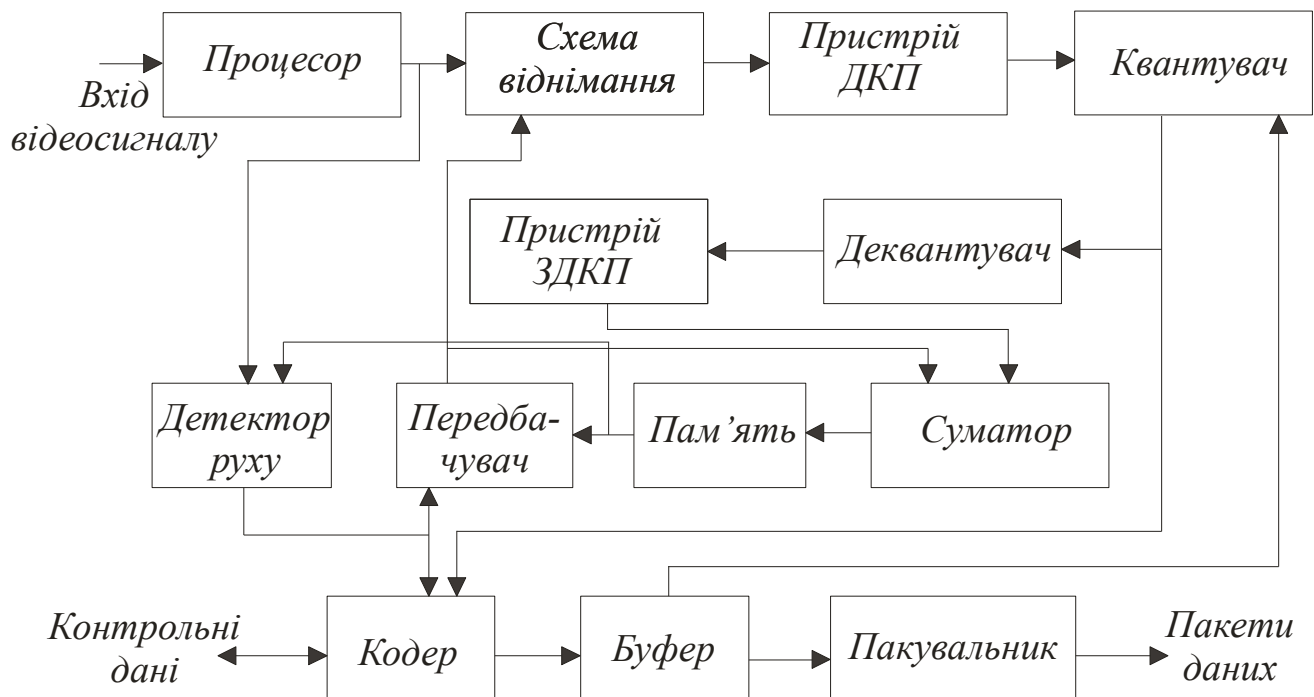


Рисунок 3.7 – Блок-схема кодера формату відеоданих MPEG_2: ДКсП – блок який описує операцію дискретного косинусного перетворення; ЗДКсП – блок який описує операцію зворотного дискретного косинусного перетворення

У зазначеному вище режимі роботи кодера, який характеризується фіксованим значенням якості, застосовується зважена квантувальна матриця хоча і стиснуті дані змінюються із різною швидкістю. Таким чином можна охарактеризувати специфіку компресії даних так: збільшення вимог до розрізнявальної здатності зображень приводить до підвищення їх дискретності і в цьому випадку підвищується швидкість руху об'єкту в околі фрагмента зображення. Такий процес приводить до збільшення ненульових елементів перетворювальної матриці та як наслідок збільшується розмір потоку даних і його швидкість. Прикладний формат застосування такого режиму

використовується під час стиснення потоків відеоданих і зокрема у випадку їх перенесення на накопичувальні носії.

Тепер торкнемось опису режими який характеризується фіксованою потоковою швидкістю відеоданих. В такому разі робота кодеру побудована на принципі безперервного оновлення коефіцієнтів квантувальної матриці. Відповідно, призначення такого режиму пов'язане з забезпеченням перенесення даних по телекомунікаційним каналам які характеризуються фіксованими значеннями пропускної спроможності.

Специфічне застосування кодеру MPEG_2 обумовлюється застосуванням блоку який реалізує описані вище в кваліфікаційному проекті процедури ДКсП та ЗДКсП (звертаємось до схеми представленої на рис. 3.7).

Проведемо математичний опис перетворювальних процесів у кодері. Розглядаємо пряме ДКсП:

$$t(i, j) = c(i, j)c(j) \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(i, j) \cos \frac{(2k+1)\pi i}{2N} \cos \frac{(2k+1)\pi j}{2N}, \quad (3.10)$$

$$\text{де } i, j = 0 \dots N-1, \text{ а } c(i) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, i = 0 \\ 1, i \neq 0 \end{cases}.$$

Далі розглянемо ЗДКсП:

$$I(i, j) = c(i, j)c(j) \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} t(i, j) \cos \frac{(2k+1)\pi i}{2N} \cos \frac{(2k+1)\pi j}{2N}, \quad (3.11)$$

$$\text{де } c(i) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, i = 0 \\ 1, i \neq 0 \end{cases}.$$

Методика обробки відеозображень MPEG_2 враховує попередню розбивку зображення на блочні структури (форматом 8 · 8), що передує процедурі ДКсП і має наметі підвищити рівень компандування. Порядок роботи компресора наступний.

Процедура стиснення даних у форматі відео (компресія) надзвичайно складна ділянка у схемі оброблення сигналів (стандарт ІЕС-61834 для DV (ЦФ)). Основне спрямування такої процедури пов'язане із усуненням надмірності яка притаманна кадровому телезображенню з можливою швидкістю стиснення даних від 25Мбіт/с.

Основна концепція компресії відеоданих ЦФ ґрунтується на застосування апарату ДКсП із відповідним чином квантованими коефіцієнтами ДКсП, застосуванням їх послідовного ентропійного кодування згідно до рис. 3.8.

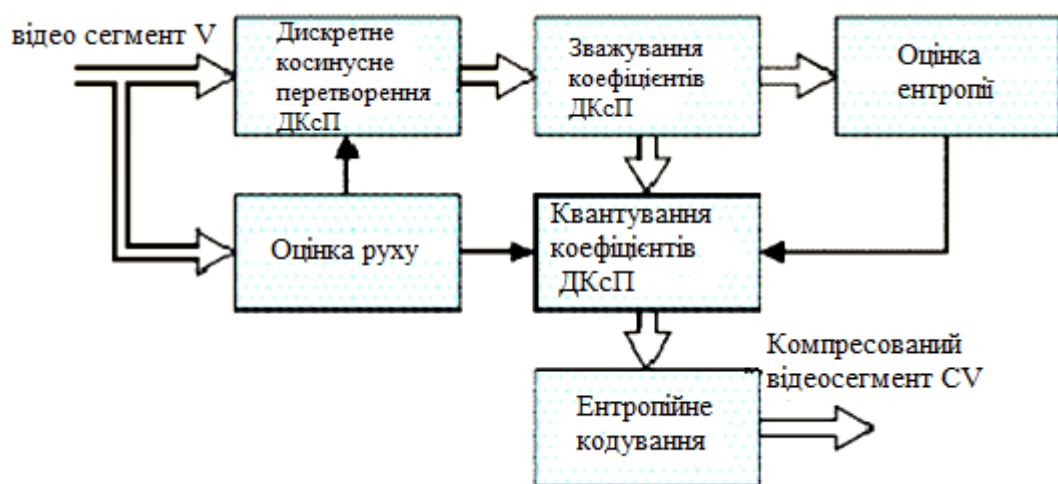


Рисунок 3.8 – Структурна схема здійснення ентропійного кодування коефіцієнтів ДКсП

Компресія ЦФ у відповідності до рис. 3.8 містить стратегію покадрового адаптивного кодування з прив'язкою до динамічних рухів об'єктів. З цією метою до складу компресора входить оцінювач руху на підставі спрацювання якого виноситься рішення щодо реалізованого режиму застосування апарату ДКсП з підтвердженням особливості вибору коефіцієнтів квантування при ДКсП.

Базовий інструментарій компресора відеоданих звичайно працює з локалізованою ділянкою кадру телезображення, а саме з його сегментом. Отже, структура яка описує простір даних заповнюється стиснутим відео-сегментом у строго обумовленому стандартом об'ємі. Схемна особливість компресора DV обумовлена відсутнім зворотним зв'язком який містить відомості щодо рівня заповненого простору для розміщення стиснутого відео-сегменту. Використання методики оцінки ентропії вхідних даних застосовується з метою керування ступенів квантування коефіцієнтів ДКсП.

В описаній вище методиці надважливу роль відіграє блок оцінювання ентропії. Такі обставини пов'язані з тим, що у випадку переповнення наявних просторових об'ємів можливе виникнення незворотних спотворень які обумовлено втратою частини даних. Отже, оцінювач ентропії визначає стан наявного простору і таким чином запобігає виникненню згаданих вище незворотних процесів внаслідок втрати частини даних. Крім того, він фіксує випадок який обумовлюється частковим заповненням простору для ситуації коли крок квантування обрано грубо, що може привести до спотворень відеозображень у формі небажаних шумів, які супроводжують процедуру квантування.

Проведемо розгляд особливостей А-ЦП та його параметрів при проведенні обробки сигналів зображення. Застосування стандарту ЦВ (DV) обумовлює вимоги до параметрів А-ЦП над вхідним сигналом у відеоформаті та описує вимоги до частоти дискретизації, рівнів яскравостей, колірних складових телезображення і вимоги до кількості рівнів для проведення процедури квантування. Базовою концепцією для опису алгоритму дискретизації є концепція яка розписана у рекомендаціях МСЕ-R BT.601-6 [33]. Згідно до такої концепції, для компоненти яскравості – «Y» під час дискретизації стрічок телевідеозображення, застосовується частота дискретизації – 13,5 МГц. Застосовується колірнорізницевий сигнал типу: «Ci:Cb», який має частоту 6,75 МГц, причому застосовується квантування із застосуванням - 10 біт/відлік.

Таким чином потокова швидкість може бути розрахована наступним чином:
 $10 \cdot 13,5 + 10 \cdot 6,75 \cdot 2 = 270 \text{ Мбіт/с}$.

Основне призначення А-ЦП для телезображень спрямоване на мінімізацію об'ємів даних які спрямовуються до запису. Ідея полягає в тому, що застосування витратного квантування (втрати складаються вісім бітів на відлік при підвищенні рівня шумів які виникають при квантуванні до 12-ти дБ) дозволяє оптимізувати відеопотік шляхом його скорочення до 20-ти відсотків.

Мінімізація обсягів інформаційного потоку може бути досягнута шляхом усунення оберненого ходу та здійснення процесу записування телесигналу в растровій активній частині. Такий хід дозволяє здійснювати запис 720-ти відлікових значень для сигналів «Y» та по 360-ть для «Сi:Сb» для кожної з 576-ти (480-ти) растрових рядків які перебувають у активному стані. Перехід до витратного квантування (8-м бітів на відлік) призводить до скорочення потоку який підлягає запису з 270-ти Мбітів за секунду до 8-ми:
 $(720 + 360 \cdot 2) \cdot 576 \cdot 25 = 8 \cdot (720 + 360 \cdot 2) \cdot 480 \cdot 30 = 165,9 \text{ Мбіт/с}$

Зауважимо, що система типу 525 на 60 буде характеризуватись коефіцієнтом $30/29,97 = 1,001$ для встановлення точного значення потокової швидкості. Приведення поточкових швидкостей з 166-ти Мбіт/с до встановлених показників на рівні 25-ти Мбіт/с призводить до виникнення суттєвих спотворень під час проведення процедур кодування з внутрікадровими даними.

Аналіз теоретичних та практичних засад реалізації компресійних процедур з відеоданими приводить до висновку, що найбільш якісного результату можна очікувати при суміщенні процедур стиснення та згладжування телезображень при проведенні обробки сигналів. В такому разі жертвуючи певною втратою чіткості відображення загалом можна мінімізувати вплив як спотворень так і артефактів які неодмінно супроводжують процес стиснення при втраті даних і як наслідок підвищити якісні показники відеозображень.

3.5.1 Концепція проведення дискретизації за схемою 4:1:1

Розглянемо концепцію проведення дискретизації за схемою 4:1:1.

У відповідності до рекомендацій які викладено у директиві -601 встановлено загальні рекомендації щодо відношень між частотами які використовуються при дискретизації колірнорізницевих сигналів і яскравостей у співвідношенні 4:2:2. В такий конфігурації маємо вимогу відносно збільшеної у 2-ва рази частотної смуги сигналів яскравостей відносно смуг окремих колірнорізницевих сигналів.

Формат представлення вихідного сигналу ДВ у формі аналогового дозволяє дещо звузити смугу колірнорізницевих сигналів. Таким чином, зменшення смуги колірнорізницевих сигналів у 2-ва рази дозволяє скоротити удвічі частоту дискретизації «Сi:Сb» шляхом переходу до формату дискретизації типу 4:1:1 з 180-ти відліками у стрічці для «Сi:Сb» як показано на рис. 3.9.

Потрібно зазначити, що в такому випадку відбувається зменшення горизонтальної кольорової чіткості удвічі при збереженні чіткості за яскравістю на незмінному рівні. Такий перехід (4:1:1) створює відеопотік $8 \cdot (720 + 180 \cdot 2) \cdot 576 \cdot 25 = 8 \cdot (720 + 180 \cdot 2) \cdot 480 \cdot 30 = 124,416$ Мбіт/с.

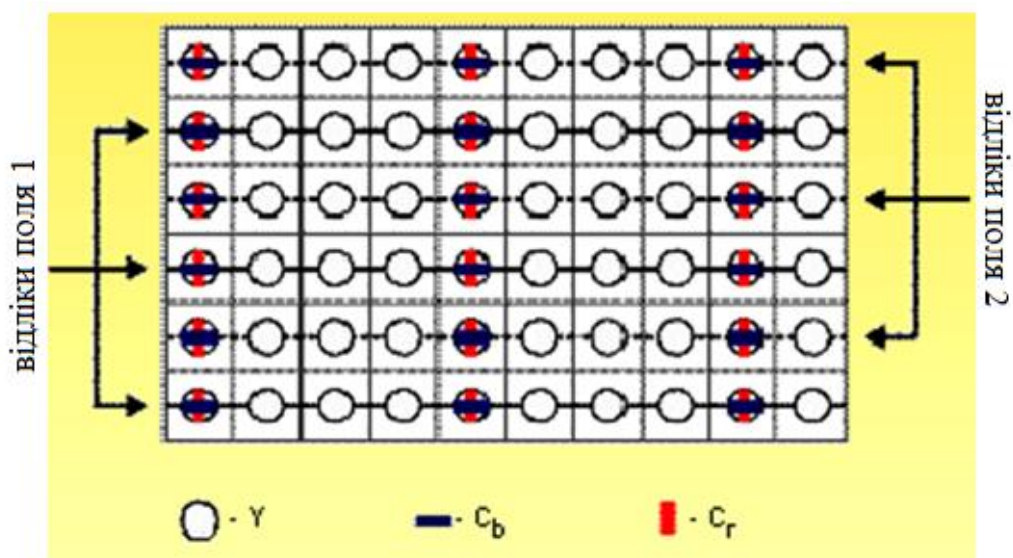


Рисунок 3.9 – Формат здійснення дискретизації у співвідношенні 4:1:1

3.5.2 Формат здійснення дискретизації по типу 4:2:0

Розглянемо формат здійснення дискретизації по типу: 4:2:0.

Альтернативним розрахованому вище формату скорочення потоку відеоданих є двократний процес зменшення чіткості деталей при кольоровому відображенні за вертикальним напрямом (порівняння відбувається з схемою 4:2:2). Розглянемо процес переходу до формату типу 4:2:0 який застосовується у MPEG_2 (рисунок 3.10). В такому випадку відлікові матриці колірорізницевих елементів телезображень характеризуються розмірами: 360 на 288 (625:50) та 360 на 240 (525:60), що в підсумку дозволяє отримати аналогічну формату 4:1:1 потокову

швидкість:

$$8 \cdot (720 \cdot 576 + 360 \cdot 288 \cdot 2) \cdot 25 = 8 \cdot (720 \cdot 480 + 360 \cdot 240 \cdot 2) \cdot 30 = 124,416 \text{ Мбіт/с.}$$

Маємо таку структуру колірорізницевих компонентів для - 4:2:0 (розглядаємо формат MPEG_2) які незв'язано із складовими відліків яскравості. Алгоритм трансформації форматів 4:2:2 до 4:1:1 можна реалізувати шляхом ігнорування кожного 2-го відлікового значення колірорізницевих складових і використання обробки за допомогою фільтра низьких частот (ФНЧ) відповідних компонент. Потрібно зазначити, що просте виключення певної сукупності відліків під час трансформації 4:2:2 у 4:2:0 неможливо. Такий процес в підсумку може привести до незалучення частити структури поля до формування кольорового відеозображення у випадку ігнорування колірорізницевих елементів за кожним 2-м телевізійним кадром. Наслідком було б 2-х кратне погіршення вертикальної чіткості за кольором і крім того виникнення аналогічного погіршення роздільної спроможності за часом у відношенні до кольорових елементів відеозображення. Таким чином, матрична конструкція колірорізницевих елементів яка сформована точками розміщення яких не збігається з відліками яскравостей кожного з полів, причому для їх розрахунку застосовується інтерполяція за відліковими значенням певних рядків поля.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		84

Проведення інтерполяційних перетворень загалом створює певні ускладнення під час утворення потоку даних у відео форматі.

По аналогії з описаним вище, для форматної конструкції типу -4:2:0 (тут маємо погіршення колірної чіткості за вертикаллю однак існує поєднання колірнорізнцевих елементів з елементами яскравісних складових у зображенні) можна здійснити перехід з базового формату типу -4:2:2 проводячи послідовне відкидання певного колірнорізнцевого елемента за відповідним кожним 2-м рядком поля. Схема такого процесу проілюстрована на рис. 3.10.

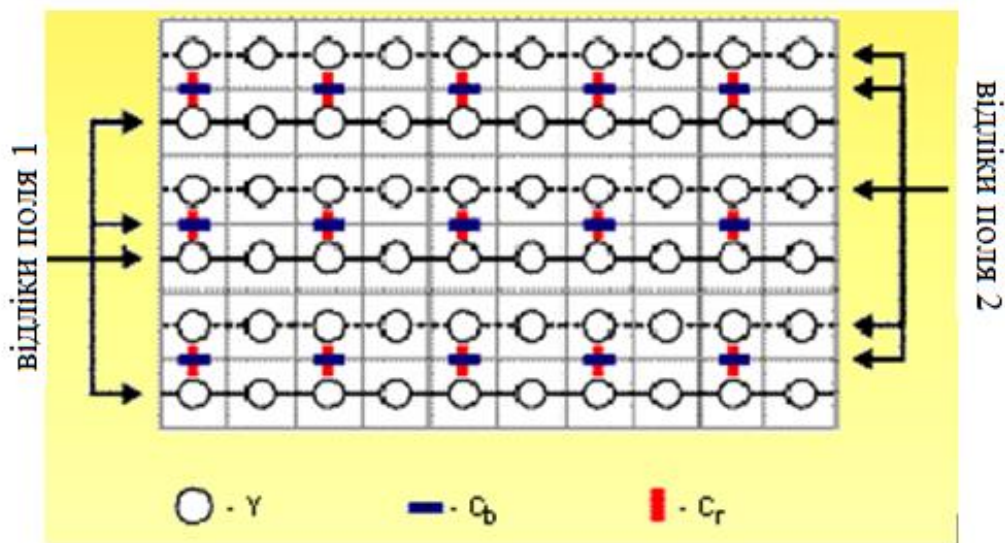


Рисунок. 3.10 - Формат здійснення дискретизації у співвідношенні 4:2:0 (MPEG_2)

Згідно до такого формату маємо схему коли за двома рядками кадру телезображення розміщено відліки «Y/Cr, Y, Y/Cr» і для наступних 2-х : «Y/Cb, Y, Y/Cb», далі аналогічно з почерговим відображенням. Така конструкція (4:2:0) притаманна колірнорізнцевим сигналам стандарту ДВ (рис. 3.11).

Проведемо розгляд ролі ДКсП в структурі синтезу макроблоків.

Концепція застосування ДКсП структурно при розгляді компонентів телезображення має блокову реалізацію. Таке перетворення здійснюється в структурі пікселів з розмірами елементів - 8·8, яку прийнято називати блоком ДКсП. Склад кожного блоку ДКсП утворений двома рядками поля телевізійног

кадру. В такий конфігурації непарні блокові рядки складаються з відліків які розміщено за рядками 1-го поля, тоді як парні утворені у рядках другого поля. Акцентуємо увагу на тому, що відлік номерів рядків розпочинають з 0-го, отже для верхнього рядка блоку ДКсП з номером -0 маємо формат утворення з пікселів 2-го або парного поля.

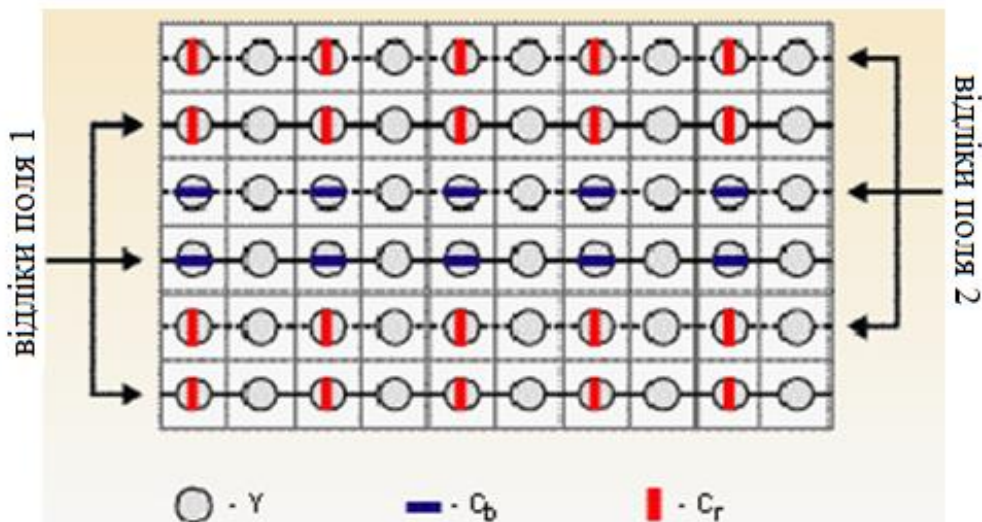


Рисунок. 3.11 - Формат здійснення дискретизації у співвідношенні 4:2:0 за умов поєднання колірорізнцевих сигналів із елементами яскравості

Якщо використовується формат дискретизації типу -4:1:1, формується набір відліків колірорізнцевих сигналів (8·8 елементів) який утворюється фрагментом кадру телевізійного зображення і який має висоту у вісім рядків і ширину з 32-х яскравостей пікселів, як показано схематично на рис. 3.12.

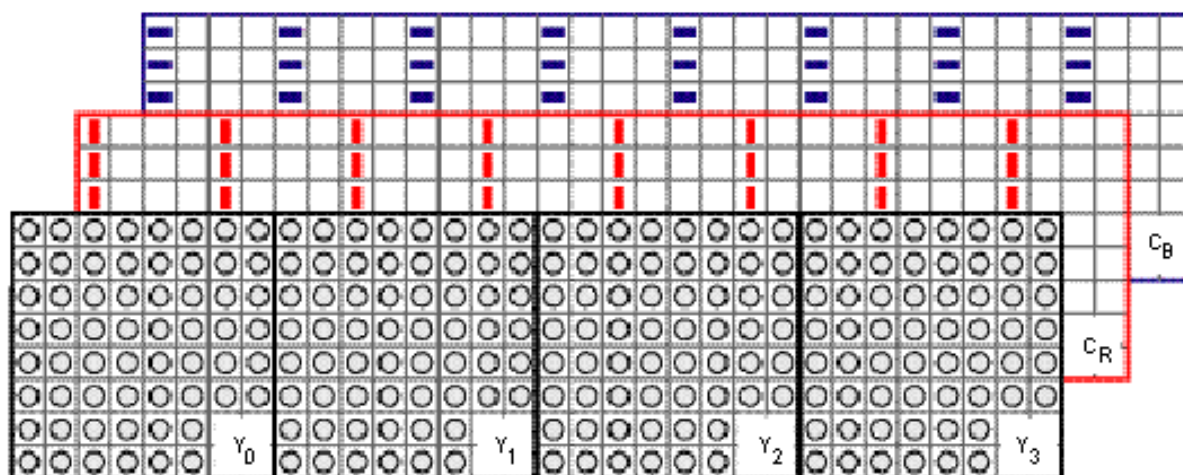


Рисунок. 3.12 – Схема утворення макроблоку для формату -4:1:1

його коефіцієнтів. Така оптимізація дозволяє 64-х піксельний фрагмент описати з застосуванням 5-ти коефіцієнтів ДКсП (розглядаємо випадок коли яскравість змінюється за горизонталлю стрибкоподібно на 100 складових рівнів квантування) (рис. 3.14). Для опису застосовуємо базис який утворено постійним рівнем -DC та 4-ма амплітудними складовими базисної функції ДКсП які характеризуються номерами, індексами для просторово-конфігурованих частот у горизонтальному спрямування: $f_h = 1,3,5,7$. За таких умов, коли яскравість за вертикальним напрямом ($f_v > 0$) є незмінною, можна прийняти, що амплітудні значення для базисних функцій індексів у просторових частотах дорівнюють 0.

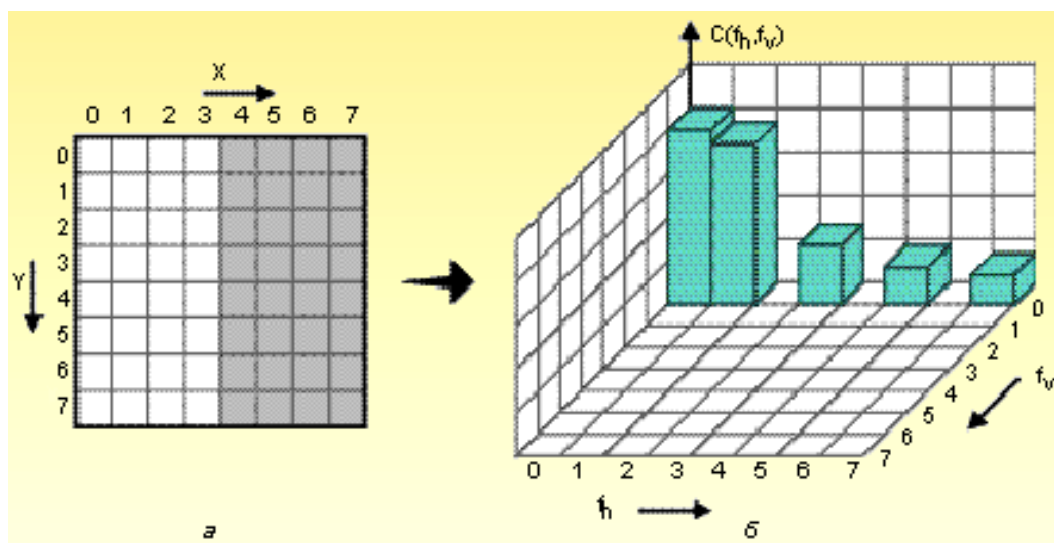


Рисунок 3.14 - Порядок проведення перетворення під час компресії відео: а - блок фіксованого зображення з ділянками різної яскравості; б – спектр частот (f_h , f_v – відповідно, просторові частоти горизонтального і вертикального спрямувань;

$C(f_h, f_v)$ - коефіцієнти ДКсП: 8-8-ДКсП

Розглянемо рис. 3.15, на якому 1-ша базис-функція ($f_h = 1$) одномірною ДКсП утворена в результаті дискретизації півперіоду косинусоїди яка зміщена ліворуч на пів інтервала дискретизації, як показано на рисунку. Для одновимірною ДКсП (для 8-ми пікселів) припадає 1-н період при дискретизації косинусоїди для базис-функцій з №2 (тут маємо $f_h = 2$) і півтори періоду у випадку застосування базисного розкладу за функцією №3 ($f_h = 3$) і аналогічно надалі. В результаті розкладу за базисними функціями ДКсП утворюється масив

та перетворення картинки на зображення, як показано на рис. 3.16. (кордон пересувається із швидкістю в 1-н піксель).

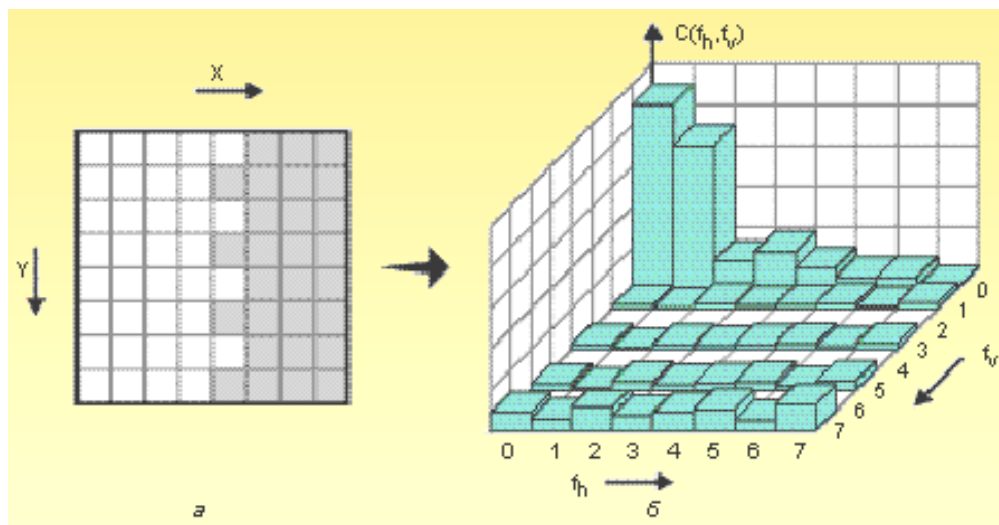


Рисунок. 3.16 – Порядок перетворень над динамічними зображеннями: а - блок динамічного зображення який містить неоднорідність у яскравості; б - спектр частот

Можна спостерігати ефект «зазубрювання» контуру і збільшення задіяних коефіцієнтів ДКсП для динаміки в порівнянні з статикою яка представлена рисунком 3.14. Загалом існує розв'язок проблеми реалізується за умов збереження внутрікадрової структури кодування. Алгоритм містить етап розбиття блоку елементів зображення (блок має формат 8 на 8 пікселів) на 2-ва субблоки які організовано через розміщення 4-х рядків які сформовано 8-ма пікселями. В такий конфігурації один субблок 4 по 8 – містить рядки першого поля, в інший, відповідно другого при розгляді телевізійного кадру (див. рисунок 3.16).

Далі, на послідуючих етапах відбувається додавання пікселів субблоків 4 по 8 з метою формування надблоку з утвореної суми полів, а також різниці для випадку формування різницевого блоку для 2-х полів. Сумарні та різницеві блоки утворення підлягають обробці за допомогою ДКсП в наступок чого формуються 2-ві матриці з 4 на 8 коефіцієнтів ДКсП (загальний об'єм утворених матриць утворений 64-ма коефіцієнтами).

Результатом рухів об'єктів у випадку їх опису матрицею 8 на 8 буде виникнення вже згаданого ефекту «зазубрювання» контурів і як наслідок підвищення кількості коефіцієнтів ДКсП. Така картина призводить до розмивання меж між чорною та білою складовими у піксельному блоці, суми декількох полів та в підсумку – виникнення меж кордону в різницевому блоці. З цією метою сукупність матричних коефіцієнтів ДКсП для блоків за конфігурацією 4 на 8 вміщують меншу кількість значущих коефіцієнтів в порівнянні з матрицею 8 на 8.

На рис. 3.17 наведена зворотна форма схеми яка застосовується при обробці даних.

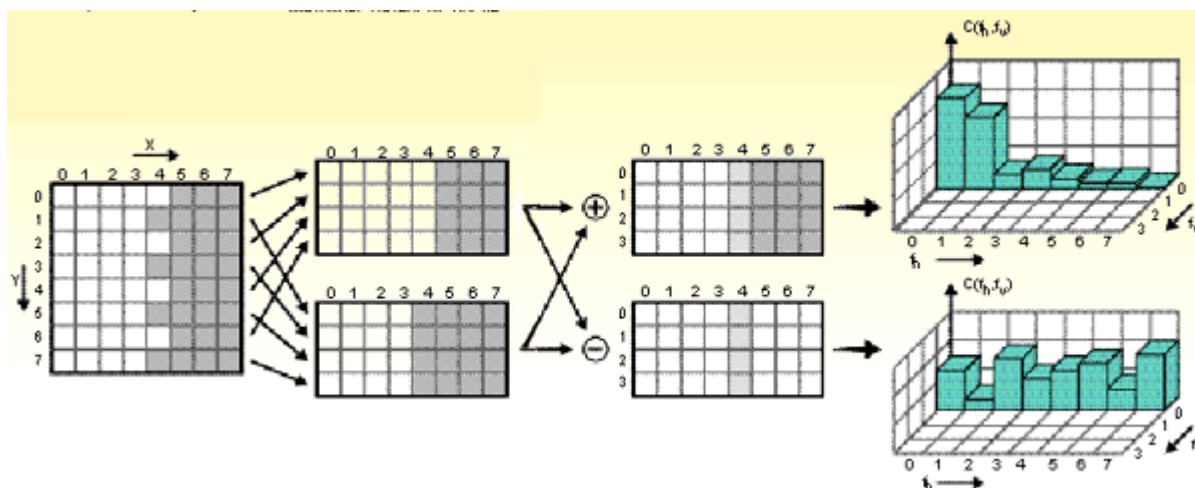


Рисунок 3.17 – Схема реалізації ДКсП типу 2-4-8

Як слідує з схеми, використання ЗДКсП до суми і різниці 2-х матриць ДКсП типу 4 на 8 вдається здійснити відновлення відлікових значень які формують парні (непарні) стрічки у первинному піксельному блоці.

Опис схеми проведення ДКсП має певні аналогії з ДІ-КМ. Однак, тут замість одного поля використовується передача сумарного сигналу 2-х полів, тоді як замість другого передається різницевий сигнал які може інтерпретуватись формою полки передбачення. Тоді, у випадку однакового значення двох полів різниця трансформується і нуль і відбувається стиснення загального об'єму записаних даних. Тут потрібно врахувати, що існує розділення

часовим інтервалом у пів періоду кадру для сигналів двох полів які різними утворено точками простору для телевізійного кадру.

У відповідності до схемних перетворень представлених на рис. 3.17 можна говорити за умову наявності зворотного перетворення у випадку відсутності нелінійних трансформацій над коефіцієнтами ДКсП.

Важливо також наголосити, що результати розрахунку показали, що ДКсП форми 2-4-8 (рис. 3.17) доцільно застосовувати за наявності істотної відмінності сигналів які відносяться до двох полів, отже практично – до телевізійних зображень які містять динамічні події.

3.6 Програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG

Проведемо розрахунок компресії відеоінформації за допомогою алгоритму JPEG.

1) Представимо відеозображення у матричному виді розміром $M \cdot M$ елементів, де у вигляді елементів буде виступати колір і яскравість пікселів. Комплектацію матриці значеннями будемо проводити в наступному порядку:

- проводимо процедури ДКсП;
- здійснюємо процес квантування;
- здійснюємо процес вторинної компресії.

Ступінь компресії у випадку JPEG коригується розміщення низькочастотних елементів, утворених в матриці коефіцієнтів в результаті трансформації початкової при ДКсП, ліворуч у верхньому куті, тоді як праворуч знизу розміщуються високочастотні елементи. Така конфігурація у розміщення елементів обумовлюється тим, що більшості зображень утворюється низькочастотними компонентами, а високочастотними можна знехтувати. Процес знехтування високочастотними компонентами шляхом їх відкидання пов'язаний з округленням частотних коефіцієнтів, коли низькочастотні елементи дислокуються ліворуч у верхньому куті матриці.

Відбувається кодування значень матриці з врахуванням нульових повторень. Такий порядок обробки призводить до компресії графічного зображення з ефективністю у 90% із мінімальною втратою зображення на етапі заокруглення.

2) Застосування ДКсП

Застосування ДКсП дозволить здійснити перехід від просторової форми інтерпретації відеозображення до його спектральної форми – пряме перетворення і назад – зворотне.

Формуємо матрицю ДКсП та використовуємо форму:

Тоді на першому етапі слід створити ДКП матрицю, використовуючи таку формулу (3.10):

$$DCT_{ij} = 1/\sqrt{N}, \text{ если } i=0$$

$$DCT_{ij} = \sqrt{2/N} * \cos[(2j+1)*i*3.14/2N], \text{ если } i > 0$$

$$N = 8, \quad 0 < i < 7, \quad 0 < j < 7$$

За результатами програмного розрахунку отримаємо:

$$DCT = \begin{bmatrix} |.353553 & .353553 & .353553 & .353553 & .353553 & .353553 & .353553 & .353553| \\ |.490393 & .415818 & .277992 & .097887 & -.097106 & -.277329 & -.415375 & -.490246| \\ |.461978 & .191618 & -.190882 & -.461673 & -.462282 & -.192353 & .190145 & .461366| \\ |.414818 & -.097106 & -.490246 & -.278653 & .276667 & .490710 & .099448 & -.414486| \\ |.353694 & -.353131 & -.354256 & .352567 & .354819 & -.352001 & -.355378 & .351435| \\ |.277992 & -.490246 & .096324 & .416700 & -.414486 & -.100228 & .491013 & -.274673| \\ |.191618 & -.462282 & .461366 & -.189409 & -.193822 & .463187 & -.460440 & .187195| \\ |.097887 & -.278653 & .416700 & -.490862 & .489771 & -.413593 & .274008 & -.092414| \end{bmatrix}$$

Піддаємо компресії фрагмент зображення наступної конфігурації:

$$IMG = \begin{bmatrix} | 95 & 88 & 88 & 87 & 95 & 88 & 95 & 95 | \\ |143 & 144 & 151 & 151 & 153 & 170 & 183 & 181| \\ |153 & 151 & 162 & 166 & 162 & 151 & 126 & 117| \\ |143 & 144 & 133 & 130 & 143 & 153 & 159 & 175| \\ |123 & 112 & 116 & 130 & 143 & 147 & 162 & 189| \\ |133 & 151 & 162 & 166 & 170 & 188 & 166 & 128| \\ |160 & 168 & 166 & 159 & 135 & 101 & 93 & 98| \\ |154 & 155 & 153 & 144 & 126 & 106 & 118 & 133| \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{r}
 | -33 \ -40 \ -40 \ -41 \ -33 \ -40 \ -33 \ -33 | \\
 | 15 \ 16 \ 23 \ 23 \ 25 \ 42 \ 55 \ 53 | \\
 | 25 \ 23 \ 34 \ 38 \ 34 \ 23 \ -2 \ -11 | \\
 \text{IMG} = | 15 \ 16 \ 5 \ 2 \ 15 \ 25 \ 31 \ 47 | \\
 | -5 \ -16 \ -12 \ 2 \ 15 \ 19 \ 34 \ 61 | \\
 | 5 \ 23 \ 34 \ 38 \ 42 \ 60 \ 38 \ 0 | \\
 | 32 \ 40 \ 38 \ 31 \ 7 \ -27 \ -35 \ -30 | \\
 | 26 \ 27 \ 25 \ 16 \ -2 \ -22 \ -10 \ 5 |
 \end{array}$$

Проводимо розрахунок ДКсП:

$$\text{ДКсП: } \text{RES} * \text{IMG} * \text{DCT}$$

Обраховуємо проміжну матрицю ДКсП:

$$\text{TMP} = \text{IMG} * \text{DCT}$$

$$\begin{array}{r}
 | -103 \ -3 \ 1 \ 2 \ 4 \ 0 \ -1 \ 5 | \\
 | 89 \ -40 \ 12 \ -2 \ -7 \ 5 \ 1 \ 0 | \\
 | 57 \ 31 \ -30 \ 6 \ 2 \ 0 \ 5 \ 0 | \\
 \text{TMP} = | 55 \ -28 \ 24 \ 1 \ 0 \ -8 \ 0 \ 0 | \\
 | 32 \ -60 \ 18 \ -1 \ 14 \ 0 \ -8 \ 1 | \\
 | 84 \ -11 \ -37 \ 17 \ -24 \ 4 \ 0 \ -4 | \\
 | 19 \ 81 \ -16 \ -20 \ 8 \ -3 \ 4 \ 0 | \\
 | 22 \ 40 \ 11 \ -22 \ 8 \ 0 \ -3 \ 2 |
 \end{array}$$

Множимо проміжну матрицю на ДКсП: $\text{RES} = \text{TMP} \cdot \text{DCT}$

$$\begin{array}{r}
 | 91 \ 3 \ -5 \ -6 \ 2 \ 0 \ 1 | \\
 | -38 \ -57 \ 9 \ 17 \ -2 \ 2 \ 2 | \\
 | -80 \ 58 \ 0 \ -18 \ 4 \ 3 \ 4 | \\
 \text{RES} = | -52 \ -36 \ -11 \ 13 \ -9 \ 3 \ 0 | \\
 | -86 \ -40 \ 44 \ -7 \ 17 \ -6 \ 4 | \\
 | -62 \ 64 \ -13 \ -1 \ 3 \ -8 \ 0 | \\
 | -16 \ 14 \ -35 \ 17 \ -11 \ 2 \ -1 | \\
 | -53 \ 32 \ -9 \ -8 \ 22 \ 0 \ 2 |
 \end{array}$$

3) Проводимо квантування

Поточний етап пов'язаний з розрахунком матриці квантування із застосуванням псевдокоду:

```
for i:=0 to 8 do
  for j:=0 to 8 do
    Q[i,j] = 1+((1+i+j)*q);
```

де q – буде визначати значення коефіцієнту якості який обумовлює ступінь втрат якості компресованого зображення. Обираємо $q = 2$ та формуємо матрицю

```
Q =
| 3  5  7  9 11 13 15 17|
| 5  7  9 11 13 15 17 19|
| 7  9 11 13 15 17 19 21|
| 9 11 13 15 17 19 21 23|
|11 13 15 17 19 21 23 25|
|13 15 17 19 21 23 25 27|
|15 17 19 21 23 25 27 29|
|17 19 21 23 25 27 29 31|
```

Проводимо ділення чисел в матриці квантування на відповідні числа у матриці RES, будемо мати:

```
A =
| 30  0  0  0  0  0  0  0|
| -7  8  1  1  0  0  0  0|
| -11 6  0  1  0  0  0  0|
| -5  -3  0  0  0  0  0  0|
| -7  -3  2  0  0  0  0  0|
| -4  4  0  0  0  0  0  0|
| -1  0  1  0  0  0  0  0|
| -3  1  0  0  0  0  0  0|
```

Вид матриці дозволяє встановити наявність великої кількості нульових позицій. Тоді використаємо наступний порядок для отримання максимально довгої нульової послідовності.

1	2	6	7	15	16	28	29
3	5	8	14	17	27	30	43
4	9	13	18	26	31	42	44
10	12	19	25	32	41	45	54
11	20	24	33	40	46	53	55
21	23	34	39	47	52	56	61
22	35	38	48	51	57	60	62
36	37	49	50	58	59	63	64

Отже, отримаємо:

```
300-7-1180016-5-7-30100010-3-4-1420000
0000000-31100000000000000000000000000000
```

4) Розрахунок вторинного етапу стиснення

Застосовуємо для вторинного етапу стиснення метод кодування Хаффмана [34]. Особливість методу полягає у статичному стисненні при зменшенні довжини кодового слова для окремих символів алфавіту. Кодування за Хаффманом є оптимальним для випадку коли імовірності появи символів в даних є цілими від’ємними ступенями двійки.

Формуємо код наступним чином [35]:

1 Здійснюємо розміщення усіх символів алфавіту в порядку збільшення або зменшення імовірностей їх появи в даних.

2 Здійснюємо об’єднання кількох символів які характеризуються найменшою імовірністю появи для утворення складового символу з імовірністю яка дорівнює сумі імовірностей які використано для його утворення. Будуємо

дерево з вузловою сумарною імовірністю отриманою з вузлів які розміщено нижче.

3 Відслідковуємо шлях до кожного листка дерева із врахуванням напрямлення до вузлів (праворуч - 1, ліворуч - 0).

Побудова дерева

A	B	C	D	E
10	5	8	13	10
B	C	A	E	D
5	8	10	10	13
A	E	BC	D	
10	10	13	13	
BC	D	AE		
13	13	20		
AE	BCD			
20	26			
AEB	CD			
46				

На рис. 3.18 представлено побудована дерево:

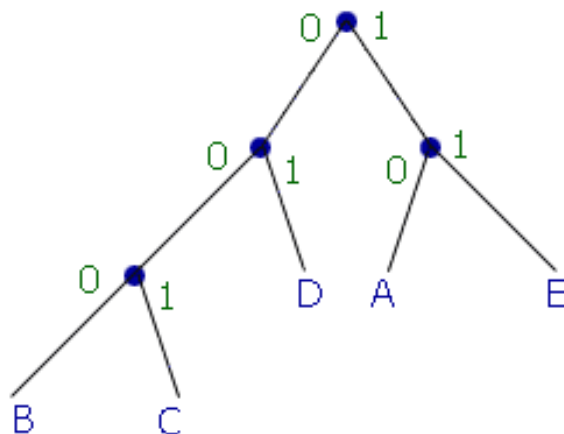


Рисунок 3.18 – Побудоване методом Хаффмана кодувальне дерево

Таким чином, для представлення символу «d» у байтовій формі при компресії символ буде складатись з двох байтів (0 і 1).

Висновки до третього розділу

Розділ містить опис етапів розробки та розрахунку методик відеокомпресії зображень. Описано якісні показники зображень. Сформовано загальні вимоги до проектування системи стиснення відеозображень, головною з яких є вимога вибору такої методики яка в кінцевому випадку повинна завдати мінімальних, найменш істотних спотворень. Формалізовано порядок застосування методик І-КМ та ДІ-КМ при кодуванні відеозображень. Сформовано структурну схему кодування з використанням перетворення компресії відеозображень. Розглянемо етапи квантування трансформантів при відеокомпресії зображень. Описано алгоритм дискретного косинусного перетворення для проведення компресії відеозображень. Описано принципи перетворень над зображеннями у форматі JPEG. Проведено розрахунок компресії відеозображень JPEG. Здійснено розрахунок та опис принципів компресії інформації за методикою MPEG2. Проведено програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		98

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційному проекті проведений аналіз та розрахунок методів компресії відеозображень за стандартами JPEG і MPEG. Основною метою компресії даних за розглянутими форматами є компандування інформації (компресія і декомпресія) з метою розміщення її на зовнішньому накопичувачі чи передачі по мережам телекомунікацій.

В процесі розрахунку процедур компандування визначено, що комбінації кодів які застосовуються для опису нульових послідовностей та TP обумовлені значною нерівномірністю імовірності їх появи. Таким чином стандарт JPEG вимагає проведення процедур додаткової компресії з використанням Хаффманівської методики кодування елементів.

Алгоритм JPEG знаходить застосування для монохромних зображень. При описі кольорових зображень застосовують використовується R-G-B-формат. Кожна з компонент використовує квантувальні таблиці і ентропійне кодування в залежності від статистичних параметрів відповідних складових зображень. Під час процедур стиснення і декомпресії виконується перемикання таблиць із врахуванням специфіки компонентів які підлягають обробці.

Розглянуто концепції роботи кодеру відеозображень групи MPEG_2. В основі процесів компандування відозображень лежить апарат ДКсП.

Представлено програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Barz H. W. Introduction. Multimedia Networks: Protocols, Design and Applications / H. W. Barz, A. G. Bassett. - Wiley, 2016. - P.1-6.
- 2 Furht B. Video and Image Processing in Multimedia Systems / B. Furht, S. W. Smoliar, H. J. Zhang. – New York.: Springer Science+Business Media, LLC, 2020. – 376 p.
- 3 Parhi K. K. Digital Signal Processing for Multimedia Systems / K. K. Parhi, T. Nishitami. – Danvers : Taylor & Francis CRC Press, 2018. – 698 p.
- 4 Barakabitze A. Multimedia Streaming Services Delivery in 2030 and Beyond Networks. / A. Barakabitze, A. Hines // Multimedia Streaming in SDN/NFV and 5G Networks: Machine Learning for Managing Big Data Streaming. – IEEE Press, 2023. - P.203-220.
- 5 Бережна О. Б. Принципи побудови адаптивного інтерфейсу мультимедійних додатків / О. Б. Бережна // Поліграфія і видавнича справа. – 2022. – № 1 (83). – С. 80-87.
- 6 Rao K.R. 15 JPEG Systems / K.R. Rao, H. O. Domínguez, S. Subbarayappa // JPEG Series. – Gistrup : River Publishers, 2021. - P.277-278.
- 7 Hudson G. JPEG-1 standard 25 years: past, present, and future reasons for a success / G. Hudson, A. Léger, B. Niss, I. Sebestyén, J. Vaaben // Journal of Electronic Imaging. – 2018. - Vol.27, Iss.4. – P. 040901.
- 8 Pereira F. C. N. The MPEG-4 Book / F. C. N. Pereira, T. Ebrahimi. – New Jersey : Prentice Hall PRT, 2019. – P. 810.
- 9 Пархоменко В.Л. Основи телебачення та радіомовлення / В.Л. Пархоменко. – Київ : ДУТ, 2017. – 548 с.
- 10 Комп'ютер для відеомонтажу. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfpzl>. – Назва з екрану.
- 11 Пушкар О. І. Мультимедійне видавництво : навчальний посібник для студентів спеціальності "Технології електронних мультимедійних видань"/ О. І. Пушкар, О. С. Завгородня. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 204 с.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		100

12 Солтис І.В. Мультимедійні технології в методичному забезпеченні навчального процесу у вищій школі / І.В. Солтис, О.В. Дуболазов. - Чернівці: Чернівецький нац. унт, 2022. – 62 с.

13 Опрацювання графічної інформації: навчальний посібник / І.В. Солтис, О.В. Дуболазов., Р.М. Бесага. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-тет, 2022, 110 с.

14 Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. навч. посібник. – Київ : Центр учбової літератури, 2012. – 240 с.

15 Frame Grabber. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/hfqqx>. – Назва з екрану.

16 DataPath VisionRGB-E2s. – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://surl.li/hfrnw>. – Назва з екрану.

17 McKee D. Rewriting History. Adoptee Documentaries as a Site of Truth-Telling / D. McKee // The Routledge Companion to Asian American Media. – Routledge, 2017. - 280 p.

18 Dumas J-G. Information Theory and Compression / J-G. Dumas, J-L. Roch, E. Tannier, S. Varretten // Foundations of Coding: Compression, Encryption, Error Correction. – Wiley, 2015, pp.99-135.

19 Ji R. Learning-based Visual Compression / R. Ji, L. J. Karam. - Boston — Delft : Now Foundations and Trends, 2023, 112 p.

20 Yang R. Enhancing Quality for HEVC Compressed Videos / R. Yang, M. Xu, T. Liu, Z. Wang, Z. Guan // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2019. - Vol. 29, Iss. 7. – P. 2039–2054.

21 Domínguez H. O. Versatile Video Coding Latest Advances in Video Coding Standards / H. O. Domínguez, K. R. Rao // Versatile Video Coding: Latest Advances in Video Coding Standards. - River Publishers, 2018, pp. i-xxx.

22 Fleet P. J. V. The JPEG2000 image compression standard / P. J. V. Fleet. - Discrete Wavelet Transformations: An Elementary Approach with Applications, Wiley, 2019, P.525-545.

23 Rao K.R. 3 The Discrete Cosine and Sine Transforms / K.R. Rao, H. O. Domínguez, S. Subbarayappa. - JPEG Series, River Publishers, 2021, P.49-65.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		101

24 Kees A. Codes for Mass Data Storage Systems / A. Kees. – Eindhoven : Shannon Foundation Publishers, 2004. – P. 234.

25 Hanzo L. Fractal Image Codecs / L. Hanzo, P. Cherriman, J. Streit. - Video Compression and Communications: From Basics to H.261, H.263, H.264, MPEG4 for DVB and HSDPA-Style Adaptive Turbo-Transceivers, IEEE, 2018, pp.19-34.

26 Лавер В.О. Моделювання та обробка відеозображень: навч.-метод. посіб. / В.О. Лавер. – Ужгород : ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. – 51 с.

27 Industrial machine vision. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfucw>. – Назва з екрану.

28 Video random-access-memory. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfudx>. - Назва з екрану.

29 Відеокарти GeForce RTX 3060. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfugx>. - Назва з екрану.

30 Звукові карти. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfuii>. - Назва з екрану.

31 Donati S. Image Detectors / S. Donati. - Photodetectors: Devices, Circuits and Applications, IEEE, 2021, P.347-394.

32 Жлуктенко В. І. Теорія ймовірностей і математична статистика. У 2 ч. – Ч. II. Математична статистика / В. І. Жлуктенко, С. І. Наконечний, С. С. Савіна. – К. : КНЕУ, 2001. – 336 с.

33 Студійні параметри кодування цифрового телебачення для стандартного 4:3 та широкоекранного 16:9 форматів. Рекомендація MCE-R BT.601-6 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://surl.li/hfuys>. - Назва з екрану.

34 Шинкарук О. М. Основи функціонування багатоканальних систем передачі інформації:[навч. посібник] / О. М. Шинкарук, Ю.М. Бойко, І.І. Чесановський. - Хмельницький: ХНУ. – 2011. – 231 с.

35 Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинін, С. В. Толюпа. – Київ : Логос, 2018. – 227 с.

					КПТР.2020056.01.06 ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		102

Додаток А
(довідковий)

Програма обробки відеозображень (Images Processing)

```
>> I=imread('forest.tif'); %Читання зображення з %файлу
>> IC=imcrop(I,[50 100 40 60]); %Виріз фрагмента з вказівкою координат його
    початку і розмірів

>>imshow(I),figure(2),imshow(IC) %відображення повного і
    % усіченого зображення

>> J=imnoise(I,'gaussian',0,0.05); %вплив на
    %зображення гаусівської перешкоди
    %з нульовим середнім і нормованої
    %середнеквадратичним відхиленням
    %рівним 0.05

>> figure(3),imshow(J) % зображення на екрані
    % зашумленого зображення

>> M=medfilt2(J); % медіанна фільтрація
. >> W=wiener2(J,[3 3]); % Вінеровська фільтрація
>> figure(4), imshow(M),figure(5),imshow(W)
>> figure(6),imhist(I),figure(7),imhist(IC); % Одержання
    % і відображення на екрані
    %гістограм повного і
    %усіченого зображень

    >> BWs=edge(I,'sobel'); % виділення контурів с-
    %використанням операторів
    >>BWp=edge(I,'prewitt'); % Собела і Превіта
    >> figure(1) , imshow(PWs),figure(2),imshow(PWp)
    %відображення гістограмм.
```

Хмельницький національний університет

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Кваліфікаційний проєкт

Мультимедійний відеокомпресор



Виконав: студент гр. ТР2с-20-1
Малаш Максим Олександрович

Керівник: д.т.н., професор
Бойко Юлій Миколайович

Метою кваліфікаційного проєкту є проектування мультимедійного компресору даних на основі стандартів стиснення рухомих та нерухомих зображень MPEG та JPEG.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- здійснити аналітичний огляд літературних джерел по темі компресії/декомпресії відео від час обробки інформації у мультимедійних додатках;
- провести вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеофайлів;
- розглянути методику перетворень у відеозображеннях;
- виконати розробку та розрахунок методик відеокомпресії зображень (форматів JPEG/MPEG), з використанням базисних функцій дискретного косинусного перетворення (ДКсП), кодування з перетворенням, кодування за Хаффманом.

Під компресією відео розуміють технологію цифрової компресії відеосигналу, що дозволяє скоротити кількість даних які використовуються для представлення відеопотоку. Стиснення відео дозволяє ефективно зменшувати потік необхідний для передачі відео каналами радіомовлення, зменшувати простір необхідний для зберігання даних на носії.

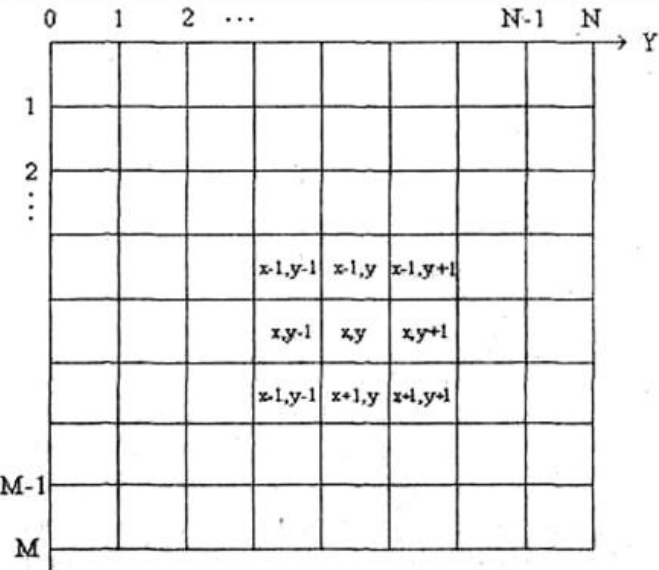


Рисунок 1 – Модель подання складових зображення на основі матричної форми

$$m_f = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) = \sum_{i=0}^{255} P_i u_i \quad (1)$$

$$q_f = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - m_f]^2 \quad (2)$$

$$H = - \sum_{g=0}^{G-1} [P_f(g) \log_2 P_f(g)] \quad (3)$$

$$NS_4(x, y) = \{(x - 1, y), (x + 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\} \quad (4)$$

$$NS_8(x, y) = \{(x - 1, y + 1), (x - 1, y), (x - 1, y - 1), (x, y + 1), (x, y - 1), (x + 1, y + 1), (x + 1, y), (x + 1, y - 1)\} \quad (5)$$

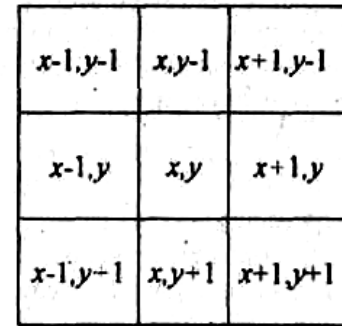
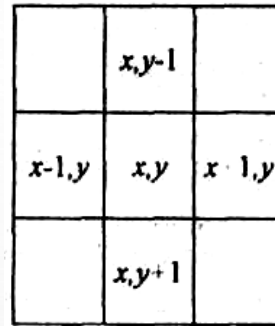


Рисунок 2 – Матричне представлення опорних значень точок за допомогою моделі околиць: а – 4-х точкова; б – 8-ми точкова модель околиць

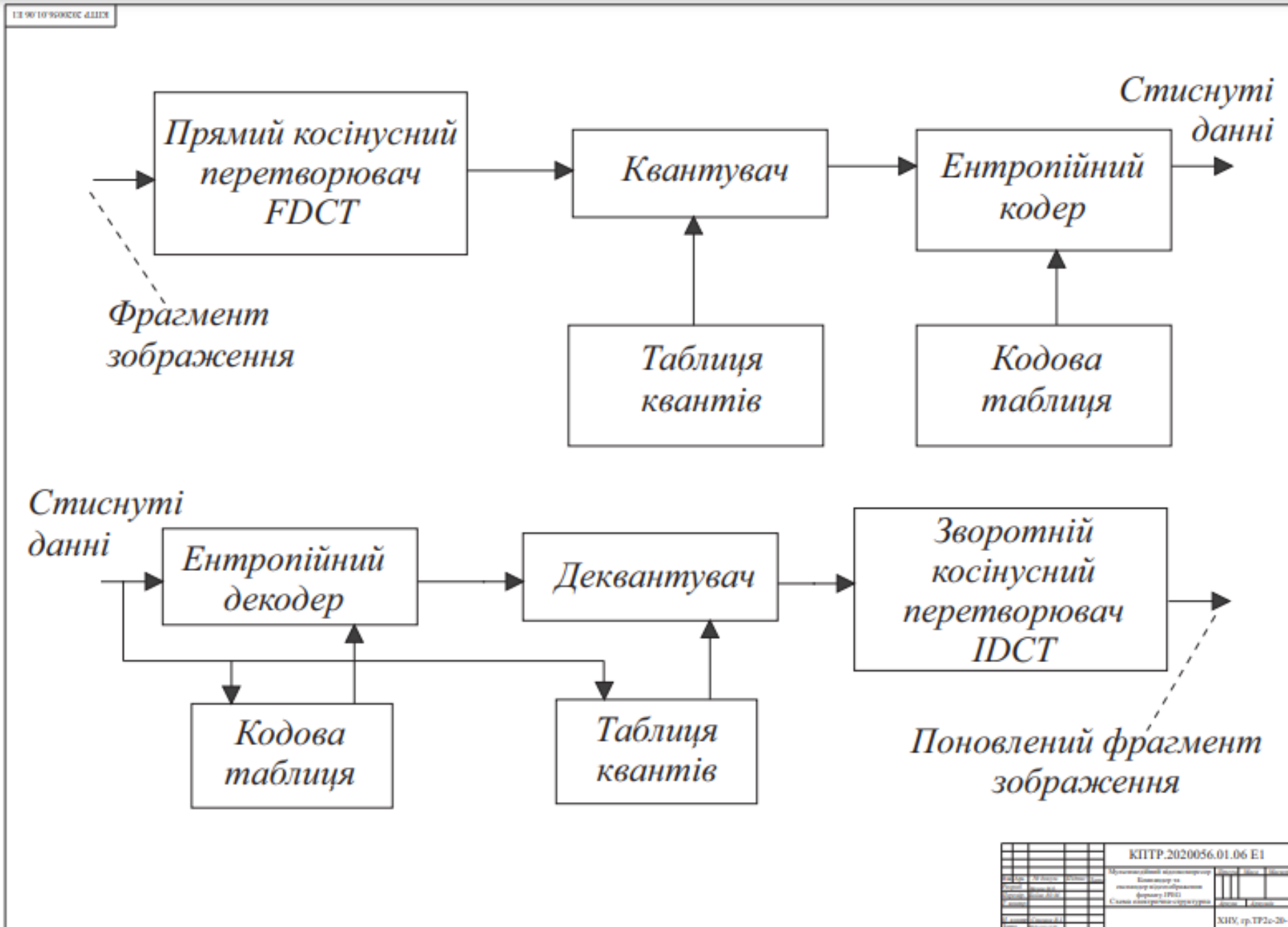
$$f'(x, y) = \sum_{(i, j) \in NS(x, y)} f(x, y) h(i, j) \quad (6) \quad f'(x, y) = (G - 1) \left[\frac{f(x, y)}{G - 1} \right]^r \quad (7)$$

$$v_1 = (G - 1) \frac{u^r}{S^{r-1}} \quad \text{для } 0 \leq u \leq S \quad (8)$$

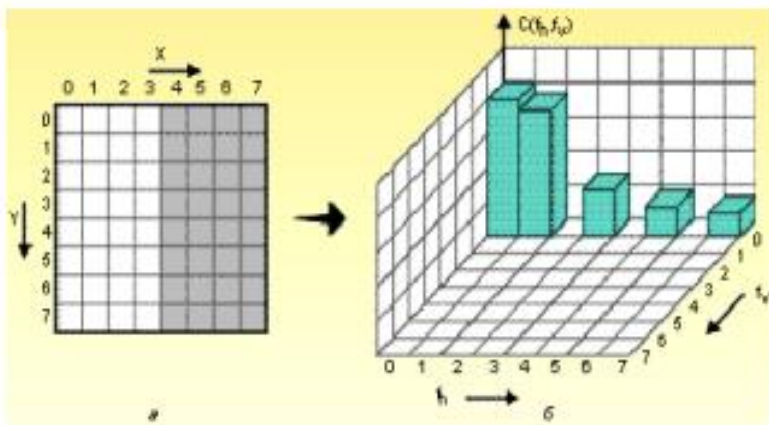
$$v_2 = (G - 1) \left[\frac{(1-u)^r}{(1-S)^{r-1}} \right] \quad \text{для } S \leq u \leq 1$$

$$F(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i) C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N} \quad (9)$$

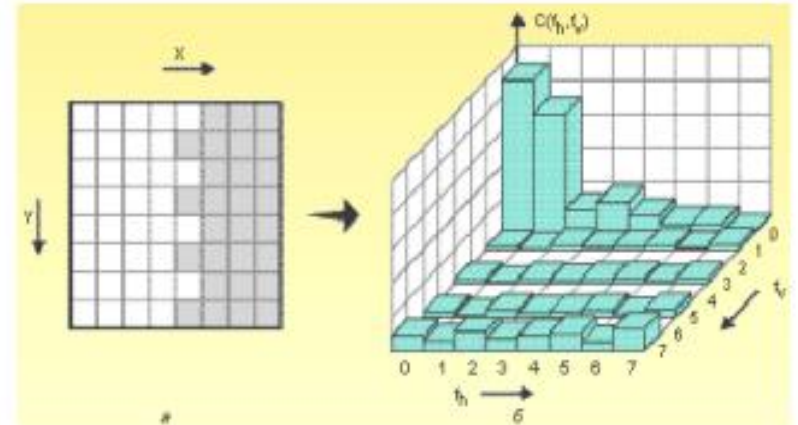
$$f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i) C(j) F(i, j) \cos \frac{(2x+1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{2N}$$



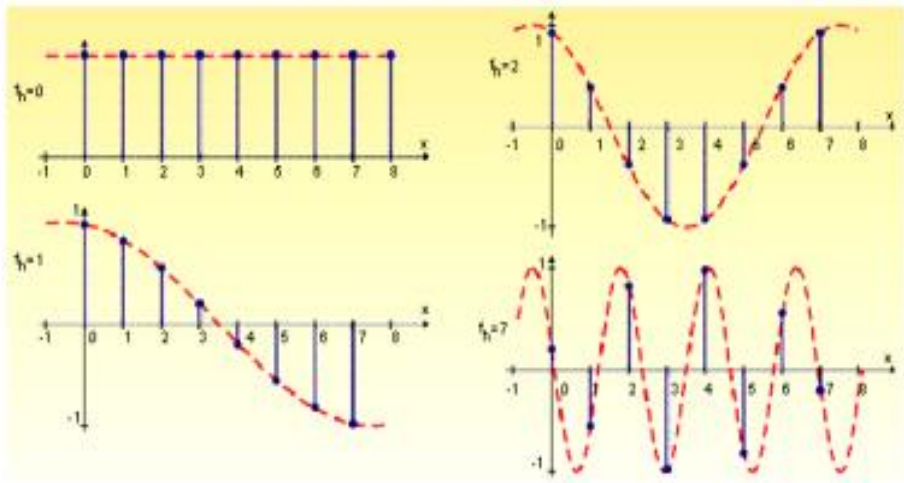
Процеси перетворення при стисненні даних формату MPEG



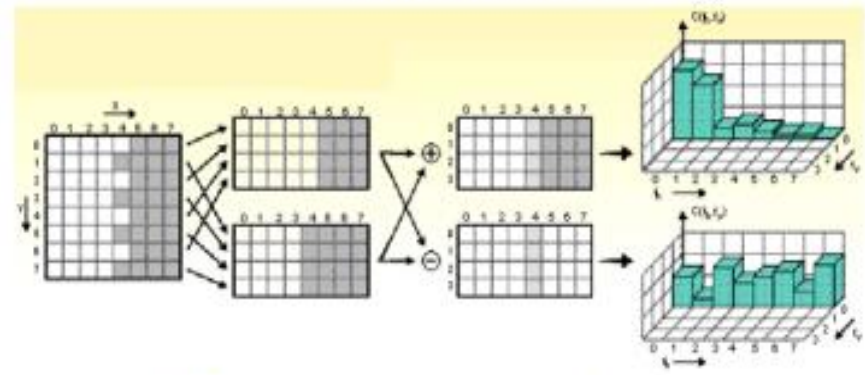
Перетворення при стисненні даних:
 а- блок статичного зображення з препадом яскравості;
 б - частотний спектр



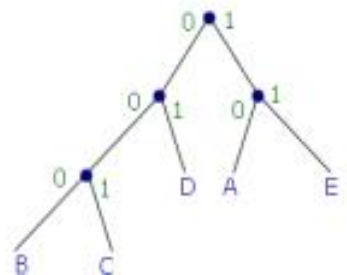
Структура динамічного зображення:
 а- блок динамічного зображення;
 б - частотний спектр



Базисні функції ДКП



Обробка зображення зворотним ДКП



Кодове дерево побудоване за Хаффманом

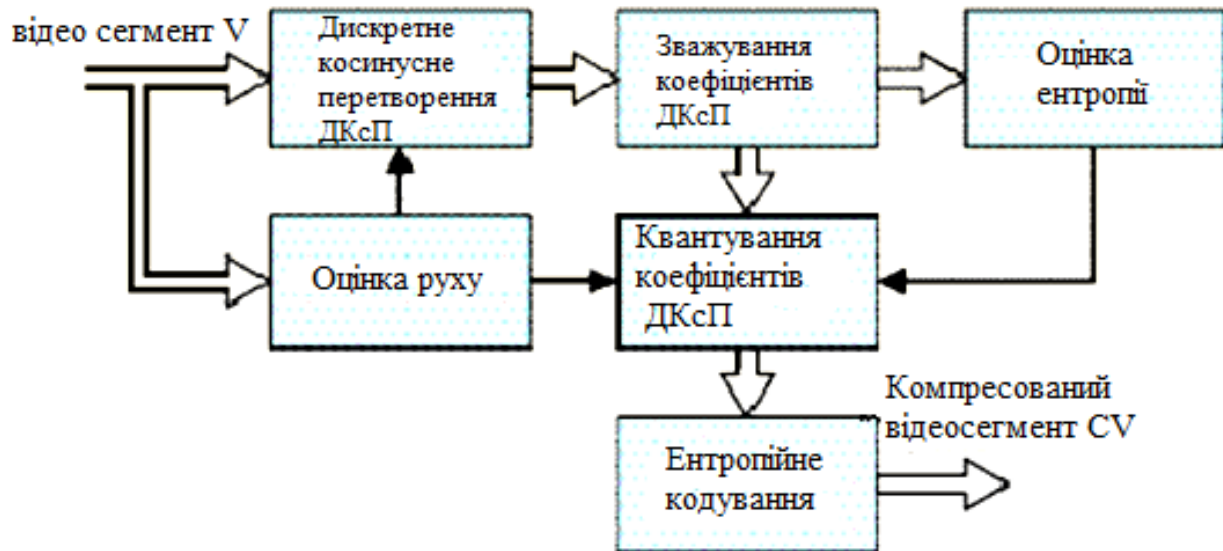


Рисунок 3 – Структурна схема здійснення ентропійного кодування коефіцієнтів ДКсП

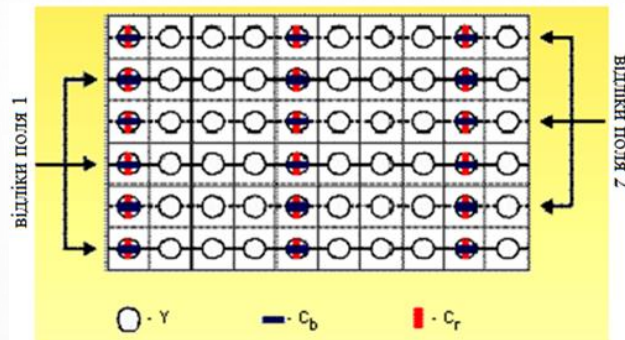


Рисунок 4 – Формат здійснення дискретизації у співвідношенні 4:1:1

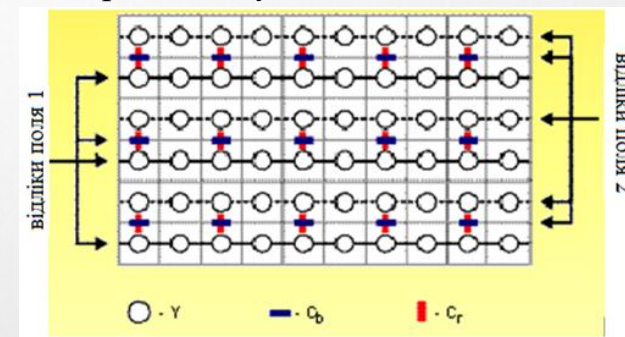


Рисунок. 5 - Формат здійснення дискретизації у співвідношенні 4:2:0 (MPEG_2)

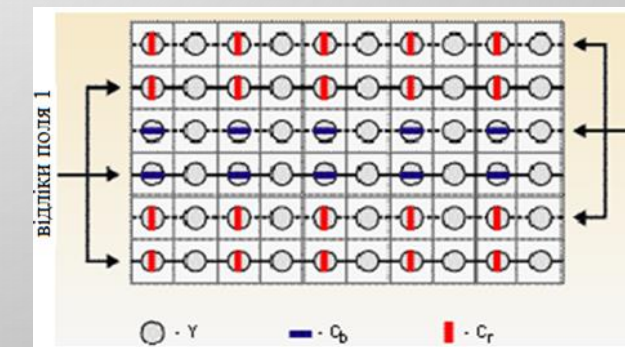


Рисунок. 6 – Схема 4:2:0 за умов поєднання колірорізницевого сигналу із елементами яскравості

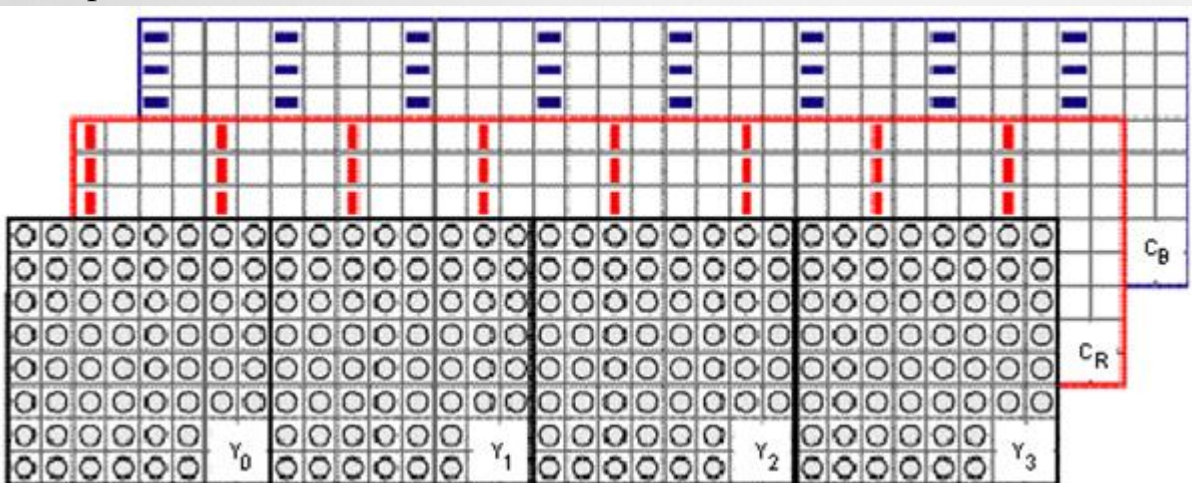


Рисунок. 7 – Схема утворення макроблоку для формату - 4:1:1

В кваліфікаційному проекті проведений аналіз та розрахунок методів компресії відеозображень за стандартами JPEG і MPEG. Основною метою компресії даних за розглянутими форматами є компандування інформації (компресія і декомпресія) з метою розміщення її на зовнішньому накопичувачі чи передачі по мережам телекомунікацій.

В процесі розрахунку процедур компандування визначено, що комбінації кодів які застосовуються для опису нульових послідовностей та TP обумовлені значною нерівномірністю імовірності їх появи. Таким чином стандарт JPEG вимагає проведення процедур додаткової компресії з використанням Хаффманівської методики кодування елементів.

Алгоритм JPEG знаходить застосовування для монохромних зображень. При описі кольорових зображень застосовують використовується R-G-B-формат. Кожна з компонент використовує квантувальні таблиці і ентропійне кодування в залежності від статистичних параметрів відповідних складових зображень. Під час процедур стиснення і декомпресії виконується перемикання таблиць із врахуванням специфіки компонентів які підлягають обробці.

Розглянуто концепції роботи кодеру відеозображень групи MPEG-2. В основі процесів компандування відеозображень лежить апарат ДКсП.

Представлено програмний розрахунок компресії відеоінформації за алгоритмом JPEG.

Відгук на кваліфікаційний проєкт «Мультимедійний відеокомпресор»

студента групи TP2c-20-1 Максима МАЛАША

Кваліфікаційний проєкт студента М. МАЛАША присвячена дослідженню та розрахунку методів стиснення/розгортання даних, що дозволяють стискати інформацію перед записом на зовнішній пристрій, а потім зчитувати і розгортати в реальному режимі часу при виведенні на екран для різних мультимедійних додатків. Основна увага в проєкті приділена алгоритмам стиснення рухомих та нерухомих відеозображень, особливість компресії яких основана на тому, що звичайно наступний кадр відрізняється від попереднього лише деякими деталями, тому, узявши якийсь кадр за базовий, для наступних можна зберігати тільки відносні зміни. В основі найбільш ефективних алгоритмів стиснення лежать різні адаптивні варіанти: DCT (Discrete Cosine Transform, дискретне косинус-перетворення), DPCM (Differential Pulse Code Modulation, різницева імпульсно-кодова модуляція), а також фрактальні методи.

В ході виконання кваліфікаційного проєкту був проведений аналіз методів компандування відображень, досліджено процеси здійснення процедур компресії та декомпресії відеозображень. Визначена послідовність обробки рухомих та нерухомих зображень, досліджено особливості застосування базисного дискретного косинусного перетворення для реалізації процедур компресії відеоінформації. Окремо, пророблено питання використання ефективного кодування в стандартах JPEG, MPEG, зокрема особливості ентропійного кодування, принципи використання процедур ефективного кодування за Хаффманом.

Під час виконання кваліфікаційного проєкту студент МАЛАШ М. показав себе грамотним спеціалістом який набув фахові компетенції. Кваліфікаційний проєкт виконаний на високому технічному рівні, а студент М. МАЛАШ заслуговує оцінки «*відмінно*».

Професор кафедри ТМІТ



Юлій БОЙКО

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Дипломник Малаши Максим ОлександровичТема Мультимедійний відеоконверсорСпеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Обсяг дипломного проекту(роботи)

Кількість листів креслень 5; кількість сторінок записки 102

1. Короткий зміст проекту(роботи) та прийнятих рішень Розглянуто концепції у обробленні відеозображень. Описано засоби миті процесу у побудові системи обробки відео. Здійснено вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеобрайлів. Описано механізми утворення керування у відеозображеннях для музичних медіафайлів за допомогою.

2. Висновок про відповідність проекту(роботи) дипломному завданню Кваліфікаційній частині проекту. Відповідає завданню на проектування

3. Характеристика виконання кожного розділу проекту(роботи), ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі проекту проведено аналіз медіа файлів відеофайлів

у двох різних рівнях здійснено вибір та обґрунтування структурної схеми блоку обробки відеобрайлів, розглянуто приклади обробки відеобрайлів з використанням коментарів нах даних, описано механізми утворення керування у відеозображеннях. Другий розділ роботи присвячено розробці алгоритму керування відеозображеннями за допомогою спеціального програмного забезпечення. Описано алгоритми утворення керування за допомогою файлів MP3, MP4, а також розробку коментарів відеозображення.

4. Позитивні сторони проекту(роботи) Протипісний алгоритм утворення керування коментарями відеозображеннями за допомогою файлів MP3 та MP4 за допомогою програмного

Завідувачу кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних технологій ХНУ
Підченку Сергію Костянтиновичу
здобувача вищої освіти, студента Малаша
Максима Олександровича, факультету
інформаційних технологій, 3-го курсу, група
ТР2с-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу мого кваліфікаційного проекту виконаного за темою «Мультимедійний відеокомпресор» для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

30.05.2023

дата



підпис

Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

ID перевірки:
1015268879

Дата перевірки:
26.05.2023 11:37:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
26.05.2023 12:03:05 EEST

ID користувача:
100005657

Назва документа: Малаш_TP2с-20-1

Кількість сторінок: 104 Кількість слів: 20038 Кількість символів: 155519 Розмір файлу: 3.13 MB ID файлу: 1014942851

3.83% Схожість

Найбільша схожість: 1.54% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011270318)

2.69% Джерела з Інтернету

371

Сторінка 106

2.97% Джерела з Бібліотеки

148

Сторінка 108

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

27

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 0.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 12%

ID: 114048 Название: Мультимедійний відеокомпресор Добавлено в БД: 2023-05-26 Авторы: Малаш Максим Олександрович Руководители: Бойко Юлій Миколайович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	122046	1849	857 (1%)	15 (1%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

**РІШЕННЯ КАФЕДРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЄКТУ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: **Мультимедійний відеокомпресор**

Автор: **Малаш М.О.**

Спеціальність: **172 Телекомунікації та радіотехніка**

Науковий керівник: **д.т.н., професор Бойко Ю.М.**

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріплення запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	-

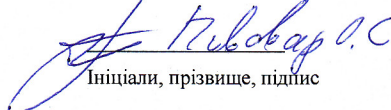
Підтвердження: Виявлені запозичення не є плагіатом так як відносяться до термінологічних та загальноживаних типових фраз і складають 3.83%

02.06.2023

Дата

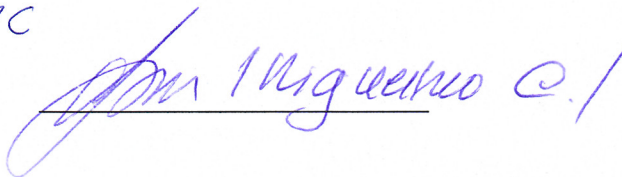
Члени комісії:  **Стецюк В.І.**

Ініціали, прізвище, підпис

 **Кубовар О.С.**

Ініціали, прізвище, підпис


Підпис керівника

 **Мигушко О.І.**