

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ Шутко В. М.

« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171 «ЕЛЕКТРОНІКА»

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»

Тема: «Алгоритм стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат»

Виконавець

студент групи ЕС-238М

_____ Березівський Назарій Миколайович

Керівник

к.т.н., доцент

_____ Морозова Ірина Володимирівна

Консультант розділу

«Охорона праці»

_____ Якимець І.В.

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»

_____ Маджд С.М.

Нормоконтролер

_____ Сініцин Р.Б.

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра _____

Спеціальність, ОПП: 171 «Електроніка»,

«Електронні системи»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Шутко В.М.

« ___ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Березівського Назарія Миколайовича

1. Тема дипломної роботи : «Алгоритм стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат»

затверджена наказом ректора від « 09 » 09 2022 р. № 1351/ст

2. Термін виконання роботи (проекту): з 22.08.2022 р. по 17.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: теоретичний матеріал по принципу роботи алгоритмів стиснення відео, теоретичний матеріал по технології інтернет речей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Літературний огляд застосування методів стиснення цифрового відео. 2. Особливості моделювання алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат. 3. Практична реалізація алгоритму стиснення цифрового відео на базі швидкого перетворення Уолша – Адамара. 4. Безпека життєдіяльності; 5. Охорона праці.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

схеми, рисунки, таблиці.

6. Календарний план-графік

| № з/п | Завдання | Термін виконання | Підпис керівника |
|-------|--|-------------------------------|------------------|
| 1. | Вступ | 06.10.2022р. | |
| 2. | Обробка матеріалів за темою дипломної роботи. Інтернет-ресурси, підручники. | 16.10.2022р.- 30.10.2022р. | |
| 3. | Вивчення методів стиснення цифрового відео. | 1.11.2022р.- 10.11.2022р. | |
| 4. | Розробка програмної частини. Розробка управління системи. Вибір основних компонентів. | 11.11.2022р.- 30.11.2022р. | |
| 5. | Подання на кафедру. Усунення недоліків. Оформлення пояснювальної записки. Написання додаткових розділів. | 01.12.2022р.- 10.12.2022р. | |
| 6. | Електронна версія доповіді, ілюстративний матеріал доповіді. | 11.12.2022р.- 13.12.2022р. | |

7. Консультанти з окремих розділів

| Розділ | Консультант (посада, П.І.Б.) | Дата, підпис | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці | | | |
| Охорона навколишнього середовища | | | |

8. Дата видачі завдання: 22 серпня 2022 року

Керівник дипломної роботи _____

Морозова І.В.

Завдання прийняв до виконання _____

Березівський Н.М.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| РЕФЕРАТ..... | 3 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ..... | 5 |
| ВСТУП..... | 6 |
| РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО..... | 9 |
| 1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження..... | 9 |
| 1.2. Сучасні стандарти та технології стиснення цифрового відео..... | 11 |
| 1.3. Постановка задачі дослідження..... | 24 |
| Висновки за розділом 1..... | 24 |
| РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО З УРАХУВАННЯМ ПРОЦЕСОРНИХ ВИТРАТ..... | 26 |
| 2.1. Огляд існуючих програмних засобів для вирішення задачі..... | 26 |
| 2.2. Підходи до побудови ефективної системи стиснення відео..... | 39 |
| 2.3. Обґрунтування вибору алгоритму стиснення та його переваги..... | 49 |
| Висновки за розділом 2..... | 63 |
| РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО НА БАЗІ ШВИДКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ УОЛША - АДАМАРА..... | 65 |
| 3.1. Розробка алгоритму дискретного вейвлет-перетворення..... | 65 |
| 3.2. Процес кодування за допомогою перетворення Уолша-Адамара..... | 70 |
| 3.3. Аналіз результатів стиснення цифрового відео..... | 74 |
| Висновки за розділом 3..... | 75 |
| ВИСНОВКИ..... | 76 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 78 |
| ДОДАТКИ..... | 81 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ | |

- 4.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів
- 4.2. Організаційні та технічні заходи щодо виключення або зменшення рівня небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні
- 4.3. Розрахунок штучного освітлення
- 4.4. Забезпечення пожежної безпеки. Причини виникнення пожеж.
- 4.5. Інструкція з охорони праці під час роботи

Висновки

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

- 5.1 Природні та штучні джерела випромінювання
- 5.2 Основні характеристики випромінювання
- 5.3 Біологічна дія іонізуючого випромінювання
- 5.4 Методи захисту довкілля

Висновки

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Алгоритм стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат» складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, додатків.

Загальний обсяг роботи становить 80 сторінок. Список використаних джерел складається з 35 найменувань.

Мета дослідження – розробка та практична реалізації алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат.

Об’єкт дослідження – програмне забезпечення для стиснення відео з врахуванням процесорних витрат.

Предмет дослідження – способи та методи стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат.

Наукова новизна одержаних результатів: Результати дослідження пропонують альтернативний метод використання засобів системного програмування в процесі розробки алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат на базі швидкого перетворення Уолша-Адамара.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що дослідження ґрунтується на результатах поглибленого вивчення особливостей застосування штучного інтелекту під час проектування алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат.

У результаті роботи здійснена програмна реалізація методу швидкого перетворення Уолша-Адамара, що дозволить зменшити навантаження на процесор телефону під час роботи з відео і дасть можливість економити до 30-40% заряду батареї.

Ключові слова: ЦИФРОВЕ ВІДЕО, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕННЯ, КОДУВАННЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.

ABSTRACT

The diploma project on the topic "Digital video compression algorithm taking into account processing costs" consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of reference sources, appendices.

The total volume of work is 80 pages. The list of used sources consists of 35 items.

The purpose of the research is the development and practical implementation of a digital video compression algorithm taking into account processing costs.

The object of the study is software for video compression taking into account processing costs.

The subject of research is methods and methods of digital video compression taking into account processing costs.

Scientific novelty of the obtained results: The research results offer an alternative method of using system programming tools in the process of developing a digital video compression algorithm taking into account processing costs based on the fast Walsh-Hadamard transformation.

The practical significance of the obtained results is that the study is based on the results of an in-depth study of the features of the application of artificial intelligence during the design of the digital video compression algorithm, taking into account processor costs.

As a result of the work, a software implementation of the fast Walsh-Hadamard transformation method was carried out, which will reduce the load on the phone's processor when working with video and will make it possible to save up to 30-40% of the battery charge.

Keywords: DIGITAL VIDEO, IMAGE PROCESSING, CODING, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SOFTWARE, INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGIES.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління;

БД – база даних;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ІТ – інтелектуальні інформаційні технології;

ІС – інформаційна система;

ПК – персональний комп'ютер;

КМ – корпоративна (комп'ютерна) мережа;

ПЗ – програмне забезпечення;

ШНМ – штучна нейронна мережа.

ВСТУП

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день відбуваються значні трансформації відносно створення, зберігання та обробки візуальної інформації, що пов'язані із алгоритмами проектування найбільш універсальних методів стиснення відео.

Як відомо, сучасні відео файли займають багато місця. Нестиснуті 1080 HD відеозаписи займають близько 10,5 ГБ місця на 1 хв. відео, але можуть змінюватися залежно від частоти кадрів. У разі використання смартфона для зйомки відео, кадри 1080p зі стандартними 30 кад./сек займають 130 МБ на 1 хв. кадру, тоді як відео 4K займає 375 МБ місця на кожну хвилину фільму. Стиснення передбачає упаковку інформації про файл у менший простір. Це працює за допомогою двох різних видів стиснення: з втратами та без втрат.

Варто зазначити, що даний процес є наразі досить актуальним, оскільки обробка та передача великих обсягів цифрових відео ресурсів істотно впливає на швидкість передачі даних. Тобто швидкість уповільнюється, а це, в свою чергу, призводить до затримок при передачі та втрат частини інформації.

Крім того, пропускна здатність систем передачі даних не може зростати одночасно зі збільшенням кількості даних для передачі. Оцифровану інформацію можна зберігати безстроково, її можна нескінченно копіювати, змінювати та переміщати. Однак у цифрового носія все ж таки існує ліміт обсягу даних, який він може у собі містити. Чим вища якість даних, таких як відео, зображення чи аудіо – тим більше місця вони займають на запам'ятовуючих пристроях. Тому такі цифрові дані підлягають стисненню – зменшенню їх обсягу на носії за допомогою

різноманітних алгоритмів кодування. Стиснення є найбільш доцільним для візуальної інформації – зображень і тим паче відеороликів. Нестиснені відеофайли неможливо використовувати для публікацій у мережі інтернет, довготривалого зберігання у великих кількостях чи монтажу у відео-редакторах.

Отже, враховуючи вищевикладене, наше дослідження особливостей розробки ефективного алгоритму стиснення цифрового відео з врахуванням процесорним витрат є актуальним.

Мета дослідження - розробка та практична реалізації алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат.

Завдання дослідження:

1. розглянути теоретичні аспекти застосування методів стиснення цифрового відео;
2. охарактеризувати сучасні стандарти та технології стиснення цифрового відео;
4. визначити особливості моделювання алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат та обґрунтувати його вибір;
5. запропонувати план програмної реалізації алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат на базі перетворення Уолша-Адамара.

Об'єкт дослідження – програмне забезпечення для стиснення відео з врахуванням процесорних витрат.

Предмет дослідження – способи та методи стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат.

У роботі застосовуються такі загальнонаукові **методи дослідження** як

- методи системного аналізу,
- статистичний метод,
- аналіз наукової літератури,
- спостереження,

- абстрагування,
- узагальнення.

Теоретично-інформаційну базу дослідження складають праці таких науковців, як Е. Айфічер, О. Артюхов, О. Бенілов, Д. Ватолін, Г. Вороновський, Р. Вудс, А. Дейч, І. Дрьомін, Л. Клименко, Д. Селомон, В. Семенюк, В. Соколов, Я. Річардсон та інших.

Наукова новизна одержаних результатів. Результати дослідження пропонують альтернативний метод використання засобів системного програмування в процесі розробки алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат на базі швидкого перетворення Уолша-Адамара.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що дослідження ґрунтується на результатах поглибленого вивчення особливостей застосування штучного інтелекту під час проектування алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат. У результаті роботи здійснена програмна реалізація методу швидкого перетворення Уолша-Адамара, що дозволить зменшити навантаження на процесор телефону під час роботи з відео і дасть можливість економити до 30-40% заряду батареї.

Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дипломної роботи складає 80 сторінок. Список використаних джерел нараховує 35 найменувань.

РОЗДІЛ 1.

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО

1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження

Цифрове відео є електронним уявленням рухомих візуальних образів як закодованих цифрових даних. Це відрізняється від аналогового відео, яке представляє рухомі візуальні образи у вигляді аналогових сигналів. Цифрове відео складається з серії цифрових зображень, що відображаються у швидкій послідовності [1].

Цифрове відео – це аудіо та відео, змішані разом для створення продукту. зібрані дані використовуються для створення відео, а не серії фотографій. Цифрове відео має багато переваг, таких як просте копіювання, багатоадресна передача, простота обміну та зберігання. Відео, записане на касету, використовується на комп'ютері на медіаплеєрі.

Цифрове відео складається з зображень, що швидко відображаються з частотою 15, 24, 30 та 60 кадрів за секунду. Є приказка «Малюнок коштує тисячі слів». Стосовно цифрового відео кажуть: «Відео є мільйоном таких слів, з'єднаних разом».

Цифрове відео було вперше комерційно представлено в 1986 з форматом Sony D1, який записував нестиснутий компонентний відеосигнал стандартної чіткості в

цифровій формі. На додаток до стиснених форматів популярні сьогодні стислі формати цифрового відео включають H.264 і MPEG-4. Сучасні стандарти міжз'єднань, що використовуються для відтворення цифрового відео, включають HDMI, DisplayPort, цифровий візуальний інтерфейс (DVI) та послідовний цифровий інтерфейс (SDI).

Цифрове відео можна копіювати та відтворювати без погіршення якості. Навпаки, при копіюванні аналогових джерел відбувається втрата генерації. Цифрове відео може зберігатися на цифрових носіях, таких як диски Blu-ray, в пам'яті комп'ютера або надсилатися через Інтернет кінцевим користувачам, які переглядають контент на екрані настільного комп'ютера або цифрового смарт-телевізора. Сьогодні цифровий відеоконтент, такий як телешоу та фільми, також включає звукову доріжку в цифровому форматі [12].

Формат кодування відео (або іноді формат стиснення відео) - це формат подання контенту для зберігання або передачі цифрового відеоконтенту (наприклад, у файлі даних або бітовому потоці). Зазвичай він використовує стандартизований алгоритм стиснення відео, найчастіше заснований на кодуванні з дискретним косинусним перетворенням (DCT) та компенсації руху.

Відповідне програмне забезпечення, прошивка або апаратна реалізація, здатна виконувати стиснення або розпакування з певного формату кодування відео, називається відеокодеком.

Деякі формати кодування відео задокументовані у докладній техніці, відомої як специфікація кодування відео. Деякі з таких специфікацій пишуться і затверджуються організаціями стандартизації як технічні стандарти і, таким чином, відомі як стандарт кодування відео. Термін "стандарт" також іноді використовується для стандартів де-факто, а також формальних стандартів.

Відеоконтент, закодований з використанням певного формату кодування відео, зазвичай поєднується з аудіопотоком (закодованим з використанням формату

кодування аудіо) всередині формату мультимедійного контейнера, такого як AVI, MP4, FLV, RealMedia або Matroska [8].

Таким чином, користувач зазвичай не має файлу H.264, а натомість має відеофайл .mp4, який являє собою контейнер MP4, що містить відео в кодуванні H.264, зазвичай поряд зі звуком в кодуванні AAC. Формати мультимедійних контейнерів можуть містити будь-який з різних форматів кодування відео; наприклад, формат контейнера MP4 може містити відео або MPEG-2 Part 2 або формат кодування відео H.264, серед іншого.

Іншим прикладом є вихідна специфікація для типу файлу WebM, в якій вказано формат контейнера (Matroska), а також те, який саме формат стиснення відео (VP8) та аудіо (Vorbis) використовується всередині контейнера Matroska, хоча сам формат контейнера Matroska може містити інші формати кодування відео (підтримка відео VP9 і аудіо Opus була пізніше додана в специфікацію WebM).

1.2. Сучасні стандарти та технології стиснення цифрового відео

У теорії інформації стиснення даних, вихідне кодування або зменшення швидкості передачі - це процес кодування інформації з використанням меншої кількості бітів, ніж вихідне уявлення.

Будь-яке конкретне стиск може бути або з втратами, або без втрат. Стиснення без втрат зменшує кількість бітів за рахунок виявлення та усунення статистичної надмірності. При стисканні без втрат інформація не втрачається. Стиснення із втратами зменшує біти, видаляючи непотрібну або менш важливу інформацію.

Зазвичай пристрій, що виконує стиснення даних, називають кодером, а пристрій, що виконує зворотний процес (розпаковування) - декодером.

Процес зменшення розміру даних часто називають стиском даних. У контексті передачі це називається вихідним кодуванням; кодування, яке виконується в джерелі даних перед їх збереженням або передачею.

Вихідне кодування не слід плутати з каналним кодуванням для виявлення та виправлення помилок або лінійним кодуванням, засобом перетворення даних у сигнал [6].

Стиснення корисне, тому що воно зменшує ресурси, необхідні для зберігання та передачі даних. Обчислювальні ресурси споживаються у процесах стискування та розпакування. Стиснення даних залежить від компромісу між складністю простору та часу. Наприклад, для схеми стиснення відео може знадобитися дороге обладнання, щоб відео розпаковувалося досить швидко, щоб його можна було переглядати під час розпакування, а можливість повного розпакування відео перед переглядом може бути незручною або вимагати додаткового сховища.

Розробка схем стиснення даних включає компроміс між різними факторами, включаючи ступінь стиснення, ступінь внесеного спотворення (при використанні стиснення даних з втратами), а також обчислювальні ресурси, необхідні для стиснення та розпакування даних.

Стиснення без втрат - це клас стиснення даних, який дозволяє повністю відновити вихідні дані зі стислих даних без втрати інформації. Стиснення без втрат можливе, оскільки більшість реальних даних демонструють статистичну надмірність. Стиснення з втратами, навпаки, дозволяє реконструювати тільки апроксимацію вихідних даних, хоча зазвичай зі значно покращеними коефіцієнтами стиснення (і, отже, зменшеними розмірами носія).

При використанні принципу сортування жоден алгоритм стиснення без втрат не може ефективно стиснути всі дані. Тому існує безліч різних алгоритмів, які розроблені або з урахуванням певного типу вхідних даних, або з конкретними припущеннями про те, які види надмірності можуть утримуватися в стиснутих

даних. Отже, коефіцієнти стиснення, як правило, вищі для документів та коду, що читаються людиною та машиною, порівняно з ентропійними двійковими даними (випадковими байтами) [13].

Стиснення даних без втрат використовується в багатьох програмах. Наприклад, він використовується у форматі файлу ZIP та в інструменті GNU gzip. Він також часто використовується як компонент у технологіях стиснення даних із втратами (наприклад, попередня обробка середнього та бічного стереозвуку без втрат кодувальниками MP3 та іншими кодувальниками звуку із втратами).

Стиснення без втрат використовується в тих випадках, коли важливо, щоб вихідні та розпаковані дані були ідентичними, або коли відхилення від вихідних даних були б несприятливими. Типовими прикладами є програми, текстові документи і вихідний код. Деякі формати файлів зображень, такі як PNG або GIF, використовують лише стиск без втрат, тоді як інші, такі як TIFF та MNG можуть використовувати методи стиснення як без втрат, так і з втратами.

Аудіоформати без втрат найчастіше використовуються для архівування або виробництва, в той час як менші аудіофайли із втратами зазвичай використовуються на портативних плеєрах та в інших випадках, коли простір для зберігання обмежений або точне відтворення звуку не потрібне.

Більшість програм стиснення без втрат послідовно виконують дві операції: на першому кроці створюється статистична модель для вхідних даних, а на другому кроці ця модель використовується для перетворення вхідних даних у бітові послідовності таким чином, що «імовірні» (тобто часто зустрічаються) дані вироблятиме більш короткий висновок, ніж «неймовірні» дані [28].

Основними алгоритмами кодування, що використовуються для створення бітових послідовностей, є кодування Хаффмана (також використовуване алгоритмом дефляції) та арифметичне кодування. Арифметичне кодування забезпечує ступінь стиснення, близьку до найкращої можливої для конкретної

статистичної моделі, яка визначається інформаційною ентропією, тоді як стиснення Хаффмана простіше і швидше, але дає погані результати для моделей, що мають справу з ймовірностями символів, близькими до 1.

Існує два основних способи побудови статистичних моделей: у статичній моделі дані аналізуються та створюється модель, потім ця модель зберігається зі стислими даними. Цей підхід простий і модульний, але має недолік, що полягає в тому, що сама модель може бути дорогою для зберігання, а також в тому, що вона вимагає використання однієї моделі для всіх даних, що стискаються і, таким чином, погано працює з файлами, що містять різноманітні дані [18].

Адаптивні моделі динамічно оновлюють модель у міру стиснення даних. І кодувальник, і декодер починають із тривіальної моделі, що призводить до поганого стиснення вихідних даних, але в міру того, як вони дізнаються більше про дані, продуктивність покращується. Більшість популярних типів стиснення, застосовуваних практично, зараз використовують адаптивні кодери.

Методи стиснення без втрат можна розділити на категорії залежно від типу даних, стиснення яких вони призначені. Хоча, в принципі, будь-який універсальний алгоритм стиснення без втрат (загальноцільовий означає, що вони можуть приймати будь-який бітовий рядок) можна використовувати для будь-якого типу даних, багато з них не можуть забезпечити значне стиснення даних, які не мають форми, для якої вони були призначені для стиснення. Багато методів стиснення без втрат, які використовуються для тексту, також досить добре працюють для індексованих зображень.

Інструмент аналізу стиснення – це додаток для Windows, який дозволяє кінцевим користувачам оцінювати характеристики продуктивності потокових реалізацій LZ4, Deflate, ZLIB, GZIP, BZIP2 та LZMA, використовуючи свої власні дані. Він проводить вимірювання та діаграми, за допомогою яких користувачі можуть порівнювати швидкість стиснення, швидкість розпакування та ступінь

стиснення різних методів стиснення, а також досліджувати, як рівень стиснення, розмір буфера та операції очищення впливають на результати [19].

Алгоритми стиснення даних без втрат (які не прикріплюють мітки ідентифікатора стиснення до своїх наборів вихідних даних) не можуть гарантувати стиснення всіх наборів вхідних даних. Іншими словами, для будь-якого алгоритму стиснення даних без втрат буде існувати набір вхідних даних, який не стає меншим при обробці алгоритмом, а для будь-якого алгоритму стиснення даних без втрат, що зменшує хоча б один файл, буде хоча б один файл, який він робить більше.

Більшість практичних алгоритмів стиснення надають засіб «втечі», який може відключити нормальне кодування для файлів, які стали б довгими після кодування. Теоретично потрібно лише один додатковий біт, щоб повідомити декодер, що нормальне кодування відключено для всього введення; проте більшість алгоритмів кодування використовують із цією метою щонайменше один повний байт (а зазвичай і більше одного). Наприклад, стиснуті файли deflate ніколи не повинні збільшуватися більш ніж на 5 байт на кожні 65535 байтів вхідних даних.

Алгоритми стиснення даних без втрат зазвичай використовують статистичну надмірність для подання даних без втрати інформації, тому процес є оборотним. Стиснення без втрат можливе, оскільки більшість реальних даних демонструють статистичну надмірність. Наприклад, зображення може мати області кольору, які не змінюються протягом кількох пікселів; замість кодування "червоний піксель, червоний піксель,..." дані можуть бути закодовані як "279 червоних пікселів". Це базовий приклад безперервного кодування; існує безліч схем зменшення розміру файлу за рахунок усунення надмірності.

Методи стиснення Лемпеля-Зіва (LZ) є одними із найпопулярніших алгоритмів для зберігання без втрат. [6] DEFLATE - це варіант LZ, оптимізований для швидкості декомпресії та коефіцієнта стиснення, але стиск може бути повільним. У середині 1980-х років, після роботи Террі Уелча, алгоритм Лемпеля-Зіва-Уелча

(LZW) швидко став кращим методом для більшості систем стиснення загального призначення. LZW використовується у зображеннях GIF, програмах, таких як PKZIP, та апаратних пристроях, таких як модеми.

Методи LZ використовують модель стиснення на основі таблиць, в якій записи таблиці замінюються рядками даних, що повторюються. Більшість методів LZ ця таблиця створюється динамічно з попередніх вхідних даних. Сама таблиця часто кодується методом Хаффмана [22].

Коди на основі граматики, подібні до цього, можуть надзвичайно ефективно стискати вхідні дані, що часто повторюються, наприклад, набір біологічних даних одного і того ж або близькоспоріднених видів, величезну колекцію документів з версіями, інтернет-архів.

Основне завдання кодів на основі граматики - побудова контекстно-вільна грамика, похідна від одного рядка. Інші практичні алгоритми стиснення граматики включають Sequitur та Re-Pair.

Найсильніші сучасні компресори без втрат використовують ймовірнісні моделі, такі як передбачення шляхом часткового збігу. Перетворення Берроуза-Уїлера також можна як непряму форму статистичного моделювання.

У подальшому уточненні прямого використання ймовірнісного моделювання статистичні оцінки можуть бути пов'язані з алгоритмом, званим арифметичним кодуванням.

Арифметичне кодування - це сучасніший метод кодування, що використовує математичні обчислення кінцевого автомата для створення рядка закодованих бітів із серії символів вхідних даних. Він може забезпечити чудове стиск у порівнянні з іншими методами, такими як більш відомий алгоритм Хаффмана [24].

Він використовує стан внутрішньої пам'яті, щоб уникнути необхідності виконувати однозначне зіставлення окремих вхідних символів з різними уявленнями,

що використовують цілу кількість бітів, і очищає внутрішню пам'ять тільки після кодування всього рядка даних.

Арифметичне кодування особливо добре застосовується до завдань адаптивного стиснення даних, де статистика варіюється і залежить від контексту, оскільки його можна легко поєднати з адаптивною моделлю розподілу ймовірностей вхідних даних. Раннім прикладом використання арифметичного кодування була необов'язкова (але не використовується) функція формату JPEG. Стандарт кодування зображення. З того часу він застосовувався в різних інших проектах, включаючи H.263, H.264/MPEG-4 AVC і HEVC для кодування відео.

Програмне забезпечення для архівування зазвичай має можливість регулювати «розмір словника», де більший розмір вимагає більше оперативної пам'яті під час стиснення та розпакування, але стискає сильніше, особливо при шаблонах, що повторюються, у вмісті файлів [33].

Наприкінці 1980-х цифрові зображення стали поширенішими, і з'явилися стандарти стиснення зображень без втрат. На початку 1990-х стали широко використовуватися методи стиснення з втратами. У цих схемах припустима деяка втрата інформації, оскільки видалення несуттєвих деталей може заощадити місце зберігання.

Існує відповідний компроміс між збереженням інформації та зменшенням розміру. Схеми стиснення даних із втратами розроблені на основі дослідження того, як люди сприймають дані, що розглядаються. Наприклад, людське око більш чутливе до незначних змін яскравості, ніж до змін кольору. Стиснення зображень у форматі JPEG працює частково за рахунок заокруглення несуттєвих бітів інформації.

Ряд популярних форматів стиснення використовують ці відмінності у сприйнятті, у тому числі психоакустика для звуку та психовізуальні ефекти для зображень та відео.

Більшість форм стиснення з втратами ґрунтуються на кодуванні з перетворенням, особливо на дискретному косинусному перетворенні (DCT). Вперше він був запропонований в 1972 Насіром Ахмедом, який потім розробив робочий алгоритм з Т. Натараджаном і К. Р. Рао в 1973 році, перш ніж представити його в січні 1974 року.

DCT є найбільш широко використовуваним методом стиснення з втратами, і використовується в мультимедійних форматах для зображень (таких як JPEG і HEIF), відео (таких як MPEG, AVC та HEVC) та аудіо (таких як MP3, AAC і Vorbis).

Стискання зображень із втратами використовується у цифрових камерах для збільшення обсягу пам'яті. Так само DVD, Blu-ray і потокове відео використовують формати кодування відео з втратами. Стиснення із втратами широко використовується у відео [20].

При стисненні звуку з втратами методи психоакустики використовуються видалення нечутних (чи менш чутних) компонентів звукового сигналу. Стиснення людської мови часто виконується за допомогою ще спеціалізованих методів; кодування промови виділяється як окрема дисципліна від стиснення звуку загального призначення. Кодування мови використовується в інтернет-телефонії, наприклад, стиснення звуку використовується для копіювання компакт-дисків і декодується аудіоплеєрами.

Стиснення з втратами може призвести до втрати генерації.

Двома ключовими методами стиснення відео, що використовуються у стандартах кодування відео, є дискретне косинусне перетворення (DCT) та компенсація руху (MC). Більшість стандартів відеокодування, таких як формати H.26x і MPEG зазвичай використовують відеокодування DCT з компенсацією руху (блочна компенсація руху).

Більшість відеокодеків використовуються разом з методами стиснення звуку для зберігання окремих, але потоків даних, що доповнюють один одного, у вигляді

одного комбінованого пакета з використанням так званих контейнерних форматів [26].

Міжкадрове стискання ускладнює редагування закодованого відеоряду. Одним із підкласів щодо простих форматів відеокодування є формати внутрішньокадрового відео, такі як DV, в яких кожен кадр відеопотоку стискається незалежно, без звернення до інших кадрів у потоці, і не робиться жодних спроб переваги кореляції між послідовними зображеннями в часі для кращого стиснення.

Одним з прикладів є Motion JPEG, що є просто послідовністю окремих зображень, стиснутих у форматі JPEG. Цей підхід є швидким і простим завдяки тому, що закодоване відео набагато більше, ніж формат кодування відео, що підтримує міжкадрове кодування.

Оскільки при міжкадровому стисканні дані копіюються з одного кадру до іншого, якщо вихідний кадр просто вирізається (або втрачається під час передачі), наступні кадри не можуть бути правильно відновлені. Робити «нарізки» у відео з внутрішньокадровим стиском під час редагування відео майже так само просто, як редагувати стисло відео: потрібно знайти початок і кінець кожного кадру і просто побити скопіювати кожен кадр, який потрібно зберегти, і відкинути кадри ніхто не хоче [18].

Інша відмінність між внутрішньокадровим та міжкадровим стисненням полягає в тому, що в системах із внутрішньокадровим стисненням кожен кадр використовує однаковий обсяг даних. У більшості міжкадрових систем певні кадри (наприклад, I-кадри в MPEG-2) не дозволяється копіювати дані з інших кадрів, тому їм потрібно набагато більше даних, ніж іншим кадрам поблизу.

Можна створити комп'ютерний відеоредактор, який виявляє проблеми, що виникають під час редагування I-кадрів, коли вони потрібні іншим кадрам. Це дозволило використовувати для редагування нові формати, такі як HDV. Однак цей процес вимагає набагато більшої обчислювальної потужності, ніж редагування відео

з внутрішньокадровим стиском з тією самою якістю зображення. Але це стиснення не дуже ефективно для будь-якого аудіоформату.

Формат кодування відео може визначати необов'язкові обмеження для закодованого відео, які називаються профілями та рівнями. Можна мати декодер, який підтримує декодування тільки підмножини профілів і рівнів відеоформату, наприклад, щоб зробити програму/апаратне забезпечення декодера менше, простіше або швидше [14].

Профіль обмежує допустимі методи кодування. Наприклад, формат H.264 включає профілі базовий, основний і високий (та інші). У той час як P-фрагменти (які можна прогнозувати на основі попередніх фрагментів) підтримуються у всіх профілях, B-фрагменти (які можна прогнозувати на основі як попередніх, так і наступних фрагментів) підтримуються в основному та високому профілі, але не в базовому профілі.

Рівень – це обмеження на такі параметри, як максимальна роздільна здатність та швидкість передачі даних.

Таким чином, типовий метод стиснення полягає в кодуванні першого кадра за допомогою деякого алгоритму стиснення зображень і наступному кодуванні різниці першого кадра й наступних. Якщо черговий кадр сильно відрізняється від першого кадра послідовності, то його кодують повністю, і він стає першим кадром нової послідовності. Для збільшення ефективності усунення тимчасової надмірності використовується компенсація руху.

Розглянемо етапи процедури стиснення даних у загальному виді. Будь-який метод стиснення реалізує три основні етапи [8]:

- етап попередньої обробки (фільтрація шумів);
- основне перетворення;
- кодування й упакування компонент перетворення.

На другому етапі виконується перетворення вихідних даних з однієї форми вистави в іншу. Зокрема, при стисненні зображень залежно від виду алгоритму стиснення може бути виконаний перехід від вихідного зображення до наступних видів:

- матриці компонентів спектра (при спектральному перетворенні);
- набори коефіцієнтів перетворення (при фрактальному стисненні);
- опис об'єктів зображення (при стисненні з розпізнаванням).

Для різних сфер використання цифрового відео висувалися різні вимоги до стиснення, які привели до формування ряду стандартів стиснення для різних областей застосування [6]:

- для Isdn-відеоконференцій розроблений стандарт стиснення ITU H.
- для відеоконференцій у телефонних мережах - стандарт H.262 і стандарт H.263 для відеоконференцій у мережах ATM і по широкосмугових каналах;
- необхідність стиснення відеопослідовностей для зберігання на CD-ROM (з умовою забезпечення 1.2 Мбіт/с для відео-потoku й 256 кбіт/із для аудіо) привела до створення первісного стандарту ISO MPEG-1;
- для віщання й зберігання на DVD, з битрейтом від 2 до 15 Мбіт/із для відео й аудіо, був розроблений стандарт ISO MPEG-2;
- необхідність кодування окремих аудіо-візуальних об'єктів як природнього походження, так і синтезованих, привела до створення ISO MPEG-4 (цей стандарт містить у собі кілька частин, у яких розглядається, крім кодування відео, аудіокодування, кодування об'єктів, причому до відео ставляться частина 2 -ISO 14496-2 або MPEG-4 Part 2, і частина 10 - ISO 14496-10 або MPEG-4 Part 10);
- необхідність кодування метаданих, що описують властивості мультимедійних даних, привела до появи MPEG-7.

Базовий профіль націлений на кодування й декодування в реальному часі для мобільних обладнань. Він підтримує прогресивне розгорнення, використовує I- I- і P- Кадри, а також ентропійне кодування по методу CAVLC.

Основний профіль призначений в основному для використання в ширококомовленні. Він підтримує крізстркове й прогресивне розгорнення, використовує I- I-, P-, B -кадри, weighted prediction, а також ентропійне кодування за методами CAVLC і CABAC. Розширений профіль призначений для використання в засобах передачі, підданих помилкам - наприклад, у мобільних комунікаціях.

Профіль high 10 є розширенням попереднього профілю для 10 біт на відлік компонента зображення. Профіль high 4:2:2 підтримує формат YUV 4:2:2 і до 10 біт на відлік для цветоразностных компонент зображення; а профіль high 4:4:4 підтримує формат YUV 4:4:4 і до 12 біт на відлік цветоразностных компонент зображення. Крім цього він дозволяє використовувати режим кодування без втрат і пряме кодування RGB сигналу. Цей профіль призначений для кодування відео студійної якості [6].

Кодування здійснюється поблочно. При цьому спочатку проводиться пророкування отсчетов яркостной компоненти й цветоразностных компонент у просторовій і тимчасовій областях. Потім різниця між передвіщеними значеннями й реальними зазнає целочисленному перетворенню й квантується. Після цього результат стисненняється ентропійним кодером. Обробка кожного кадра ведеться в просторі YUV по блоках розміром 16×16 для яркостной компоненти (luma) і по 8×8 (для YUV 4:2:2) для цветоразностных компонент (chroma).

AVC/H.264 визначає два інструменти для кодування бітового потоку – контекстне адаптивне кодування зі змінною довжиною (Context-Adaptive Variable Length Coding, CAVLC) і контекстне адаптивне бінарне арифметичне кодування (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding, CABAC).

В CAVLC кількість коефіцієнтів, не рівних 0, кодується окремо від їхнього значення й положення у векторі. Після зигзаг-сканування коефіцієнтів перетворення більші значення коефіцієнтів, відповідні до низькочастотної складової, розташовуються на початку вектора, а менші (відповідні до високочастотної частини) – наприкінці. В робота методу CAVLC розглянута на наступному типовому векторі коефіцієнтів: 7 6 -2 0 -1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0.

Для передачі інформації про цей вектор використовується наступні дані.

1) Кількість ненульових коефіцієнтів (N) і кількість коефіцієнтів, рівних одиниці по абсолютній величині, що розташовуються після останнього ненульового елемента (T1). Для даного прикладу $T1 = 2$ (коефіцієнти -1 і 1), а $N = 5$ (коефіцієнти 7, 6, -2, -1, 1).

2) Закодовані значення коефіцієнтів. При цьому для ненульових елементів, рівних по абсолютній величині одиниці, необхідно зберігати тільки їх знак. Коефіцієнти кодуються у зворотному порядку, тобто першим закодованим коефіцієнтом у цьому випадку буде -2. Для кодування використовуються 6 таблиць VLC (Variable Length Codes, коди змінної довжини) Голомба. Для кодування першого коефіцієнта використовується стартова таблиця. Контекстна адаптивність алгоритму полягає в можливості перемінити таблицю для кодування кожного наступного коефіцієнта залежно від попередніх коефіцієнтів.

3) Інформація про знаки. Для кодування знака використовується один біт. Для кодування одиничних коефіцієнтів крім цього біта ніякої іншої інформації не потрібно, а для інших коефіцієнтів знаковий біт включається в коди Голомба. Місцезнаходження кожного ненульового коефіцієнта кодується шляхом вказівки позицій нулів перед останнім ненульовим коефіцієнтом. Ця інформація розбивається на 2 частині [3]:

3.1) Загальна кількість нулів. Це число визначає кількість нулів між останнім ненульовим коефіцієнтом вектора і його початковим елементом. Для даного прикладу це число рівне 3.

Тому що вже відомо, що число ненульових коефіцієнтів у векторі (N) рівно 5, те це число повинне бути в межах $[0,11]$. Для N у межах від 1 до 15 доступно 15 таблиць. N, рівне 16, означає, що у векторі немає нульових коефіцієнтів.

3.2) Розташування нулів у векторі. У даному прикладі потрібно позначити положення 3 нулів. Спочатку кодується кількість нулів перед останнім ненульовим коефіцієнтом (у прикладі - 2).

Це число повинне перебуває в межах $[0,3]$, тому використовується відповідна таблиця VLC. Залишилося закодувати положення останнього нуля. Кількість нулів перед передостаннім ненульовим коефіцієнтом повинне бути в межах $[0,1]$. У прикладі це число рівне 1. Більше нулів ні, тому кодування закінчується.

Отже, ефективність кодування може бути підвищена шляхом використання контекстно-адаптивного двійкового арифметичного кодування (САВАС). Використання арифметичного кодування допускає використання нецілої кількості біт на символ алфавіту, що особливо добре для символів з імовірністю більше 0,5. Важливою особливістю САВАС є контекстне моделювання.

Статистичні дані про вже закодовані символи використовуються для оцінки ймовірностей символів. Ці дані використовуються для перемикавання між декількома моделями для оцінки ймовірності. В H.264/AVC арифметичний кодер являє собою сукупність процедур низької складності, у яких відсутні операції множення. Процедури містять у собі зрушення й звертання до таблиць. Використання САВАС дозволяє зменшити в середньому битрейт на 10--15%.

1.3. Постановка задачі дослідження

Метою є розробка та практична реалізації алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат на базі методу швидкого перетворення Уолша-Адамара.

Ставимо перед собою такі завдання:

1. розглянути теоретичні аспекти застосування методів стиснення цифрового відео;
2. охарактеризувати сучасні стандарти та технології стиснення цифрового відео;
4. визначити особливості моделювання алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат та обґрунтувати його вибір;
5. запропонувати план програмної реалізації алгоритму стиснення цифрового відео з урахуванням процесорних витрат на базі перетворення Уолша-Адамара.

Висновки за розділом 1

Підсумовуючи перший розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Визначено, що цифрове відео можна копіювати та відтворювати без погіршення якості. Навпаки, при копіюванні аналогових джерел відбувається втрата генерації. Цифрове відео може зберігатися на цифрових носіях, таких як диски Blu-ray, в пам'яті комп'ютера або надсилатися через Інтернет кінцевим користувачам.
2. Охарактеризовано сучасні стандарти та технології стиснення цифрового відео. Формат кодування відео (або іноді формат стиснення відео) - це формат подання контенту для зберігання або передачі цифрового відеоконтенту. Зазвичай він використовує стандартизований алгоритм стиснення відео, найчастіше заснований на кодуванні з дискретним косинусним перетворенням (DCT) та компенсації руху.
3. Сформульовано задачі дослідження.

РОЗДІЛ 2.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО З УРАХУВАННЯМ ПРОЦЕСОРНИХ ВИТРАТ

2.1. Огляд існуючих програмних засобів для вирішення задачі

Розглянемо основні інструменти, що дозволяють стиснути відео, тим самим знизивши розмір файлу.

Як правило, подібна функція є в програмах-конвертерах, які дозволяють не тільки перетворювати формат відео, але і стискати файл без істотної зміни в якості.

1. Format Factor (рис. 2.1).

Format Factory - безкоштовна програма для конвертації мультимедійних файлів. Програма може конвертувати відео-, аудіо- та графічні файли, а також DVD у відеофайли, CD в аудіо файли. Перекладає файли MP4 у формати iPod/iPhone/PSP/BlackBerry, підтримує RMVB.

Можливості програми [6]:

- Конвертування популярних форматів відео, аудіо та зображень;
- Мікшування роликів: об'єднання кількох відеофайлів, заміна аудіодоріжки
- Відновлення пошкоджених відео- та аудіофайлів;
- Оптимізація розмірів мультимедійних файлів;
- Підтримка мультимедійних форматів iPhone та iPod;
- Обробка зображень: збільшення, зменшення, поворот, підпис;
- Копіювання DVD-диска в інші формати;
- Підтримка 66 мов.

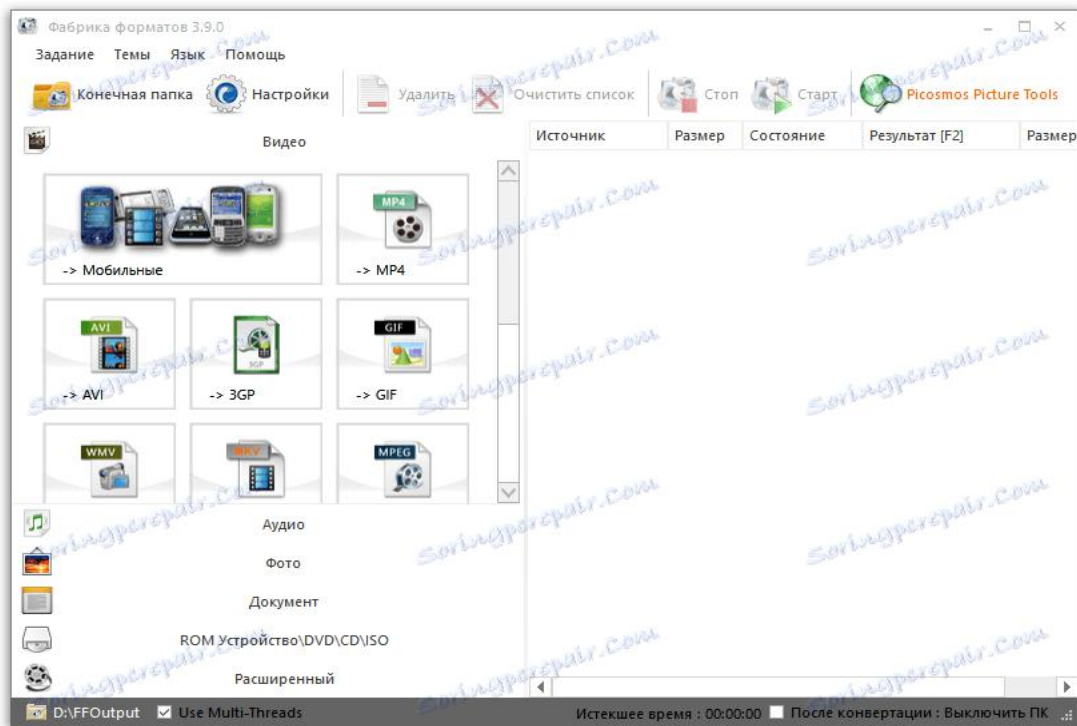


Рис. 2.1 – Зовнішній вигляд програми Format Factory

2. Freemake Video Converter (рис. 2.2).

Freemake Video Converter - це умовно-безкоштовний конвертер відео із закритим вихідним кодом для Windows, розроблений "Ellora Assets Corporation". Утиліта призначена для конвертування відео між форматами, пропалювання та ріпінгу DVD, пропалювання Blu-ray, створення слайд-шоу фотографій та музичних візуалізацій, конвертування онлайн-відео та завантаження файлів на YouTube.

Можливості:

Freemake Video Converter може імпортувати більшість популярних відео/аудіо/графічних форматів, і виводити їх у AVI, MP4, WMV, Matroska, SWF, 3GP, DVD, Blu-Ray, MP3. Ця програма може здійснити відео підтримку для різних мультимедійних пристроїв, таких як iPod, iPhone, iPad, Xbox, Sony PlayStation,

Blackberry, Android та інших. Конвертер здатний виконати DVD пропалення, конвертування відео/фотографій/музики на DVD-відео [8].

Freemake Video Converter надає прості завдання для редагування відео, такі як різання, поворот, переверт, об'єднання декількох відео фрагментів в один файл, а також створювати слайд-шоу фотографій з музикою, що супроводжується. Користувачі мають можливість завантажувати створені файли за допомогою Freemake Video Converter на YouTube.

Інтерфейс користувача Freemake Video Converter заснований на «Windows Presentation Foundation technology». Freemake Video Converter (від версії 1.2.0 або пізнішої) підтримує NVIDIA CUDA technology для кодування відео H.264.

Бета-версія 2.2.0.5 підтримує прискорення конвертації за допомогою технології DXVA.

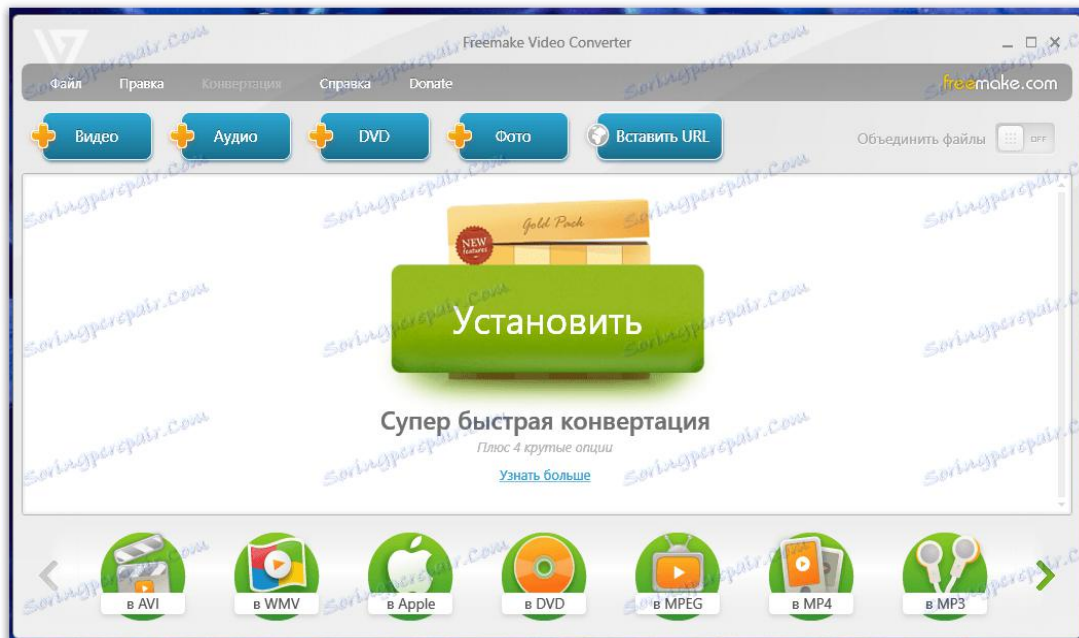


Рис. 2.2 - Зовнішній вигляд програми Freemake Video Converter

3. Movavi Video Converter (рис. 2.3).

Movavi Video Converter – потужна програма для конвертування відео, аудіоформатів та зображень. Має ручний та автоматичний режим роботи, містить пресети для форматування під популярні пристрої, а також функції редагування відео або окремих фрагментів відео перед перетворенням. Популярна завдяки високій швидкості роботи та легкості в управлінні.

Можливості Movavi Video Converter:

Загальні [12]:

- Кодування відео у будь-який популярний формат;
- Автоматичний вибір налаштувань під мобільні пристрої;
- Ручний режим редагування профілю конвертації відео;
- Робота з аудіо у затребуваних форматах, включаючи flac, wma, mp3;
- Пакетна конвертація зображень;
- Вивантаження результату на жорсткий диск, відеохостинг або профіль соціальної мережі.

Обробка відео:

- Корекція контрасту, яскравості, насиченості, шуму, балансу по білому в ручному та авто режимі;
- Стабілізація зображення, знятого на камеру – нейтралізація тряски;
- Заміна, додавання, редагування аудіодоріжки;
- Додавання субтитрів .srt, .ass, .ssa;
- Вбудовування водяного знака у вигляді тексту чи зображення;
- Кадрування, поворот зображення, обрізання ролика (довжини).

Додаткові можливості відеоконвертера Movavi:

- Створення GIF файлів та скріншотів кадрів, аватарок для соціальних мереж;
- Точне налаштування звуку під час кодування кліпів або музичних файлів;
- Вилучення аудіо з відео, нарізка на рінгтон iPad, iPhone, Android;

- Оптимізація контенту під вимоги соцмереж та відеосховищ;
- Вбудований майстер завантаження файлів у мережу.

Переваги:

- Легке, просте та зрозуміле меню, мова інтерфейсу російська;
- Можливість перекодування в режимі superspeed - швидкість конвертації у 85 разів вища, ніж у деяких аналогів;
- Підтримка технологій Intel Media Cuda, Nvidia Cuda;
- Висока якість вихідного контенту як при ручному налаштуванні так і в автомобільному режимі;
- Підтримка Full HD; 4k Ultra HD;
- Безліч пресетів під смартфони і планшети, включаючи Google Nexus, HTC, LG, Samsung, електронні книги Amazon Kindle.
- Просунутий інструментарій попередньої обробки відео;
- Робота з дисками DVD, аудіо CD (імпорт та експорт);
- Наявність пакетного режиму кодування кількох відео в Movavi Video Converter Free.

Недоліки:

- Мінімальний період тестування перед придбанням ліцензії;
- Вильоти під час роботи з пошкодженими відео.

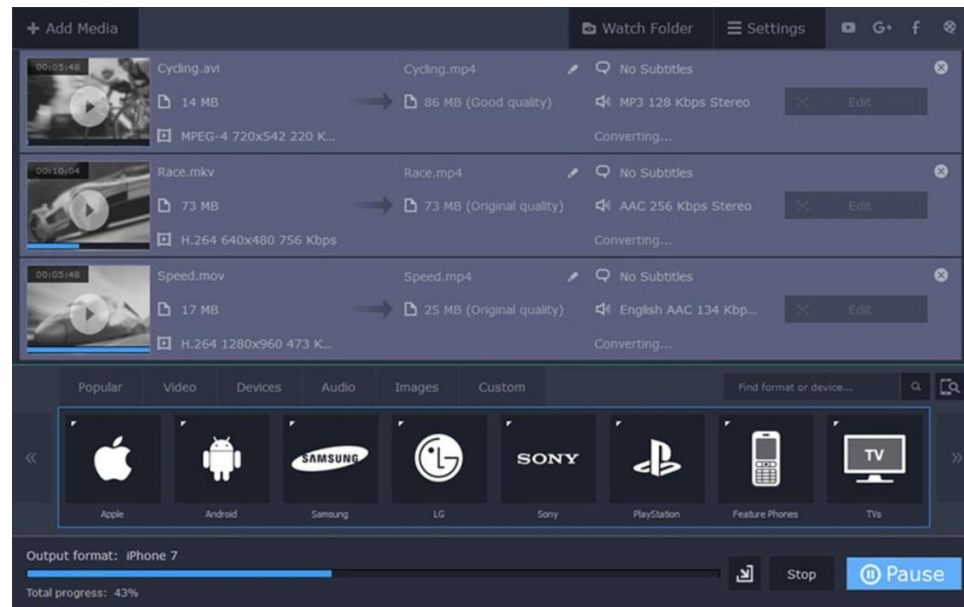


Рис. 2.3 - Зовнішній вигляд програми Movavi Video Converter

4. MediaCoder (рис. 2.4).

MediaCoder - транскодувальник аудіо та відео для Windows, розроблений Стенлі Хуангом (англ. Stanley Huang), який використовує різні аудіо та відео кодеки та інструменти для перетворення різних аудіо та відео форматів за підтримки технології CUDA. У загальні цілі програми включається стиснення даних, конвертування файлів та вилучення звуку із відео файлів.

Підтримувані формати:

MP3, Ogg Vorbis, AAC, AAC+, AAC+V2, Musepack, WMA, RealAudio, Dirac, Speex, AMR, mp3PRO, Opus, FLAC, WavPack, Monkey's Audio, OptimFROG, Apple Lossless, WMA Lossless, WAV/PCM, H.264, H.265 (experimental), VP8, VP9, Xvid, DivX, MPEG 1/2/4, H.263, Flash Video, 3ivx, RealVideo, Windows Media, Theora, AVI, MPEG-2/VOB, Matroska, MP4, RealMedia, ASF/WMV, QuickTime, Ogg Media, CD, VCD, DVD, Cue sheet.

При цьому програма надає розширені можливості для роботи з відео, дозволяючи якісно стискати розмір відео, не сильно зменшуючи його якість.

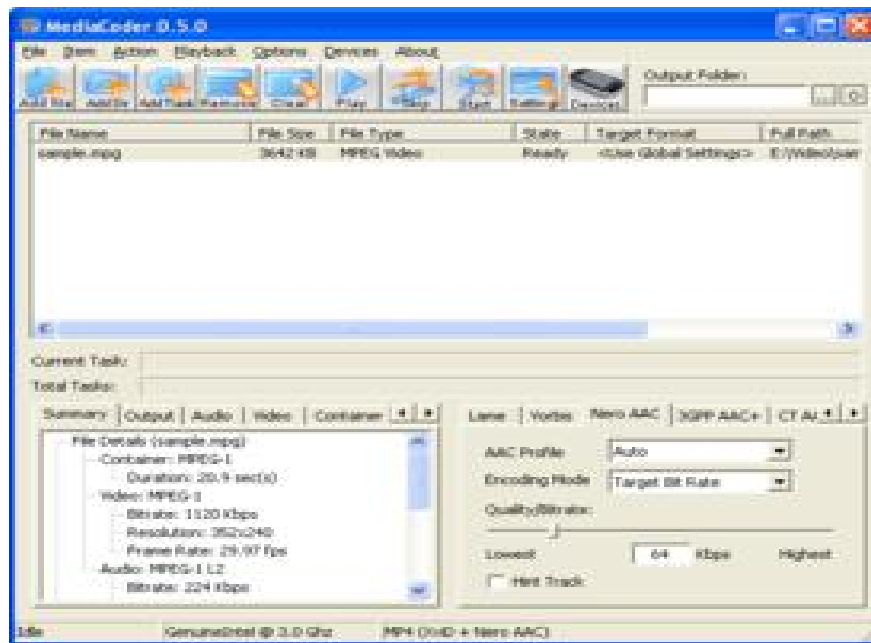


Рис. 2.4 - Зовнішній вигляд програми MediaCoder

5. Xilisoft Video Converter (рис. 2.5).

Xilisoft Video Converter – потужний, універсальний відео конвертер. Підтримує більшість популярних відео форматів, включаючи DVD, VCD, SVCD, MOV, RM, AVI, MPEG, MPEG1, MPEG2, MPEG4, WMV, 3GP, h264 і т.д. Є можливість конвертування в iPod і PSP відео. Крім того, Xilisoft Video Converter дозволяє легко виймати аудіо з відео з подальшим конвертуванням в MP2, MP3, AC3, RA, M4A, OGG, AAC та інші формати [27].

Підтримка h264, PSP MPEG4 AVC, пакетний режим конвертування, попередній перегляд у вбудованому програвачі, вибір та налаштування аудіо та відео кодеків, налаштування параметрів конвертування, простий та зручний інтерфейс.

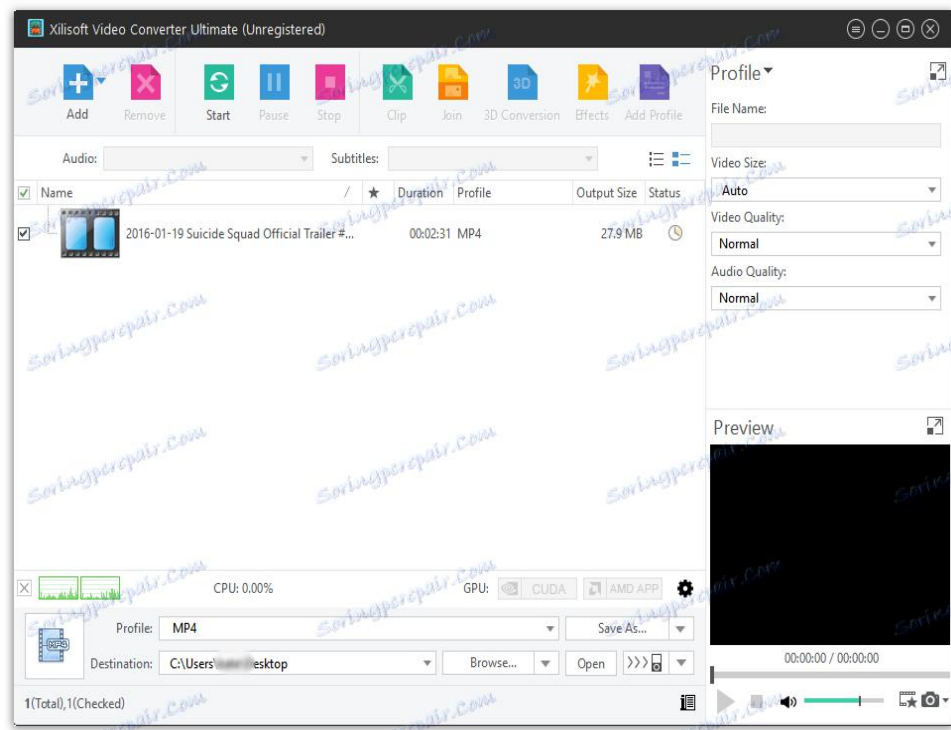


Рис. 2.5 - Зовнішній вигляд програми Xilisoft Video Converter

6. Any Video Converter Free (рис. 2.6).

Відмінний конвертер відео, що надає користувачам широкий спектр налаштувань. Крім функції стиснення відео, тут є можливість «підігнати» формат і розмір відео для конкретного мобільного пристрою, що дозволяє набагато якісніше знизити розмір файлу, якщо ви плануєте переглядати відео на невеликому екрані. Можна конвертувати відео між будь-якими форматами безкоштовно. Any Video Converter розроблений без обмежень та без будь-яких витрат. Це дозволяє легко конвертувати будь-які відеофайли в будь-який формат безкоштовно. Підтримувані відеовходи: MP4, MPEG, VOB, WMV, H264, H265, 3GP, 3G2, MKV, MOD, M2TS, RMVB, AVI, MOV, FLV, F4V, DVR-MS, TOD, DV, MXF, OGG, WEBM, будь-який формат відео 4K.

При ідентичному рівні візуальної якості HEVC дозволяє стискати відео у файл, який приблизно вдвічі менший (або вдвічі менший за бітрейт) AVC. При стисненні

того ж розміру файлу або швидкості передачі даних, що і AVC, HEVC забезпечує значно кращу візуальну якість [17].

Він також підтримує розширення можливостей перетворення за допомогою графічного процесора відеокарти AMD та процесора графічної карти Intel.

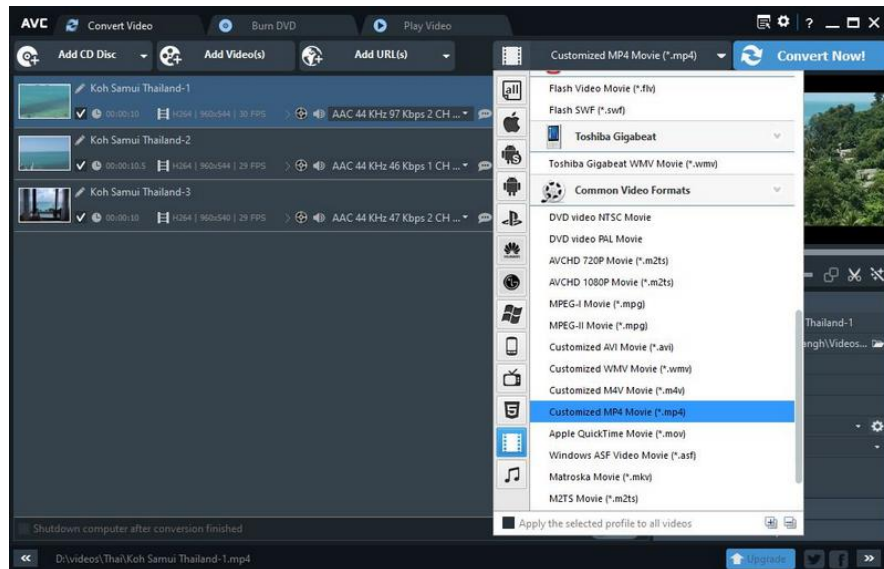


Рис. 2.6 - Зовнішній вигляд програми Any Video Converter Free

7. Hamster Free Video Converter (рис. 2.7).

Hamster Free Video Converter - це безкоштовна програма для перетворення відео, яка дозволить без проблем конвертувати будь-яке відео в інший формат. Можна обрати формат виводу або пристрій, на якому ви його відтворюватимете: iPod, iPad, iPhone, PS3, PSP, Blackberry, xBox, Zune, більше 200 пристроїв; Список підтримуваних форматів дуже великий, включаючи 3GP, MP3, MP4, AVI, MPG, WMV, MPEG, FLV, HD, DVD, M2TS .

Використовувати програму дуже просто, потрібно лише перетягнути файл, який потрібно конвертувати та обрати вихідний формат. Залишається дочекатися завершення процесу конвертації. Його інтерфейс дуже інтуїтивно зрозумілий і він допоможе користувачу протягом усього процесу [32].

Hamster Free Video Converter – дуже хороша утиліта для конвертації. Він дуже інтуїтивно зрозумілий, потужний, підтримує безліч форматів та дає дуже добрі результати. Не сумнівайтеся, якщо вам потрібно конвертувати будь-яке відео, і ви не хочете витратити гроші, це ваш вибір.



Рис. 2.7 - Зовнішній вигляд програми Free Video Converter

8. iWisoft Free Video Converter (рис. 2.8).

iWisoft Free Video Converter - потужний, безкоштовний та зручний у роботі інструмент для конвертування аудіо та відео файлів. Підтримує всі популярні аудіо/відео формати, а також містить велику кількість пресетів, під час яких можна легко конвертувати відео для відтворення на iPod, iPhone, PSP, Zune та інших цифрових пристроях.

Крім цього iWisoft Free Video Converter оснащений вбудованим відеоредактором, за допомогою якого можна додавати спецефекти, обрізати/об'єднувати відео файли, додавати в них субтитри та багато іншого.

Основні можливості [30]:

- Підтримка найпопулярніших відео форматів (AVI, MPEG, WMV, DivX, XviD, MP4, H.264/AVC, FLV, MKV, RM, 3GP, 3G2, MOV);
- Підтримка найпопулярніших аудіо форматів (MP3, MP2, WMA, WAV, OGG, M4A, AC3, AAC, RA, APE, FLAC, AIFF, MPA);
- Вилучення аудіо у форматі AAC, AC3, MP3, MP2, OGG, RA, WAV, WMA, M4A;
- Конвертування відео для подальшого відтворення на iPod, iPhone, Apple TV, PSP, PS3, Xbox 360, Wii, Pocket PC, Blackberry та ін;
- Можливість різати та клеїти відеофайли;
- Містить готові пресети конвертування;
- Можливість створення профілів користувача;
- Підтримка .SRT субтитрів;
- Пакетне оброблення файлів;
- Вбудований відеоредактор;
- Попередній перегляд доданих спецефектів;
- Автоматичне вимкнення комп'ютера після завершення роботи.

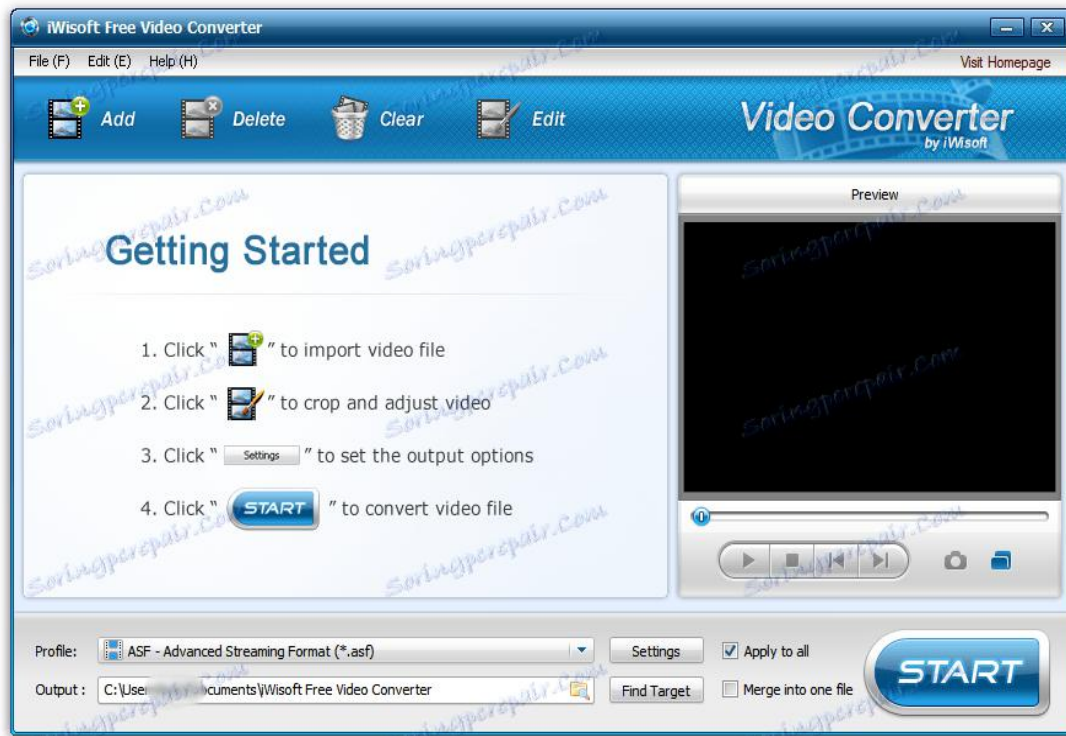


Рис. 2.8 - Зовнішній вигляд програми iWisoft Free Video Converter

9. AutoGK (рис. 2.9).

AutoGK (Auto Gordian Knot) – потужний та простий у використанні пакет програм, призначений для створення копій DVD-дисків у форматах AVI, DivX та XViD. До складу цієї збірки входять такі компоненти:

- VirtualDubMod.
- AviSynth & AviSynth Filters.
- DGMPGDec.
- VobSub.
- XviD.
- Auto Gordian Knot.

Весь процес перекодування DVD детально розписаний у документації, що супроводжує дистрибутив. За допомогою цього пакета можна виставляти роздільну

здатність, знімати захист із DVD файлів, вибирати якість звуку, додавати субтитри, автоматично враховувати розмір одержуваного файлу. Можна вмістити фільм на 1 CD або виставити довільний розмір отриманого файлу DivX/XviD. Передбачена можливість роботи одразу з кількома фільмами у порядку черги.

AutoGK дозволяє використовувати як джерело DVD, MPEG2 або потокове відео, а як вихід видає XviD або DivX формату. Вміє працювати з AC3, DTS, PCM, MPА, СВR MP3 та VBR MP3. Крім того, є всі необхідні налаштування та можливості для створення копій, що задовольняють вашим запитам.

Даний інструмент, на відміну від усіх програм, розглянутих у статті, дозволяє лише конвертувати DVD в формат AVI [22].

Більшість DVD-фільмів мають дуже великий розмір, тому в даній програмі і передбачена функція стиснення відео, дозволяючи отримати AVI-файл, який значно менше свого джерела.

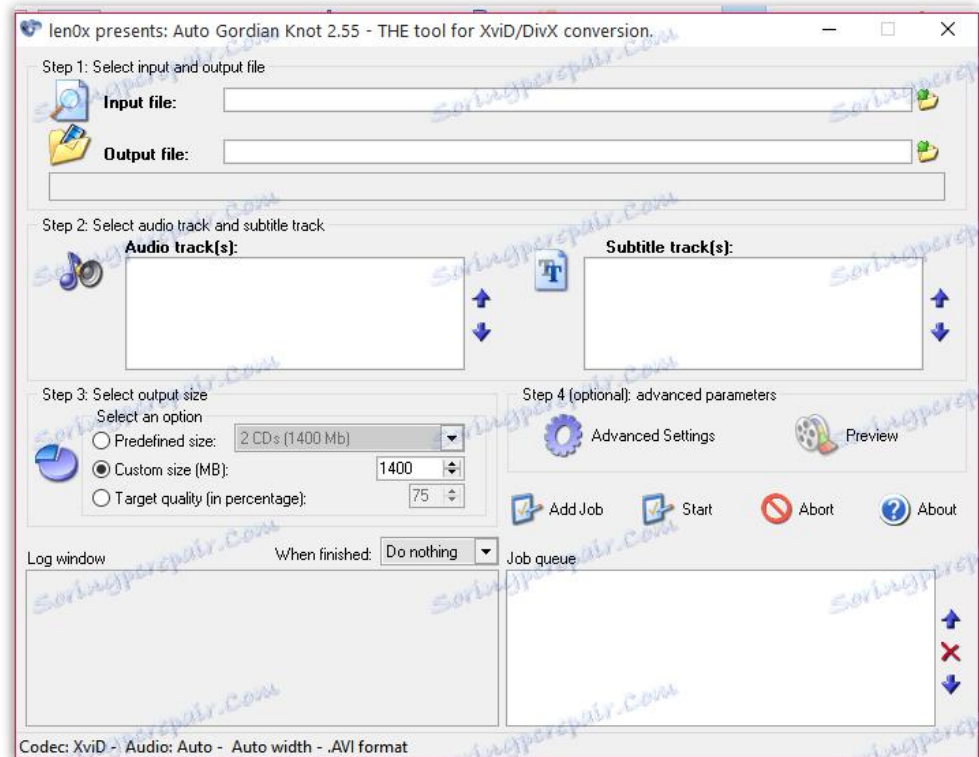


Рис. 2.9 - Зовнішній вигляд програми AutoGK

10. Nero Recode (2.10).

Мультимедійний пакет Nero включає кілька самостійних програм, що дозволяють працювати з фотографіями, аудіо та відео, синхронізувати медіафайли з мобільними пристроями, здійснювати резервне копіювання даних, клонувати та записувати оптичні диски, а також виконувати багато інших повсякденних завдань. У максимальній редакції Platinum Suite доступні такі програми.

Nero Recode - програма для конвертації аудіо та відео з одного формату в інший. Підтримує функцію імпортування та перетворення відеофайлів для DVD, AVCHD та Blu-ray дисків, а також можливість перенесення музики з Audio CD на мобільні пристрої. Nero працює на платформі Microsoft Windows та підтримує всі популярні типи CD, DVD та Blu-ray дисків. Програмний пакет використовує кілька власних файлових форматів, одним із яких є образ диска NRG (Nero CD/DVD Image File). Програма підтримує поширені формати растрової графіки, аудіо та відео, у тому числі BMP, JPEG, PNG, MP4, MKV, AVI, MOV, VOB, MPEG, DIVX, WMV, FLV, AC3, MP3, CDA, OGG, WAV, MKA, WMA та інші.

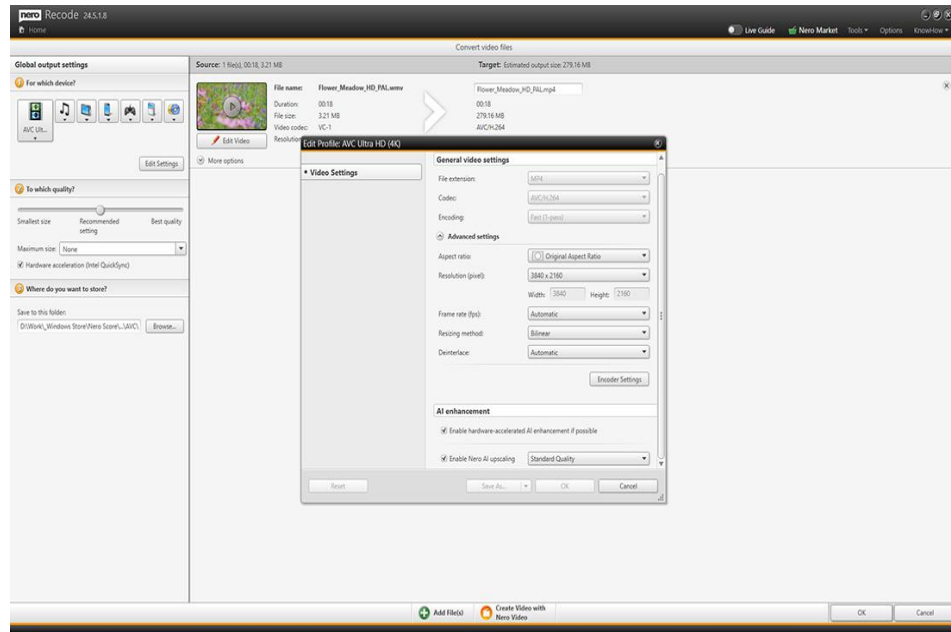


Рис. 2.10 - Зовнішній вигляд програми Nero Recode

2.2. Підходи до побудови ефективної системи стиснення відео

Порівняльну характеристику сучасних стандартів кодування представимо у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Порівняння сучасних стандартів кодування

| Назва | Роки | Розд. здатність і потік | Аудіо | Застосування |
|--------|------|--------------------------------------|-------|---|
| MPEG-1 | 1992 | 352x240x30, 352x288x25, Мбіт/с | 1.5 | MPEG-1 LayerII VideoCD першого покоління |

| | | | | |
|----------------------------|---------------|---|--|---|
| H.261 | 1993 | 352x288x30, 176x144x30, 0,04-2 Мбіт/с (р*64 Кбіт/с, де р від 1 до 30) | | Апаратно реалізовані кодеки, відеоконференції |
| MPEG -2 | 1995 | Універсальний, 3-15 Мбіт/с | MPEG-1 Layer II, Dolby Digital 5.1, DTS | DVD |
| H.263 | 1998 | sub-QCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF і налаштовані окремо | Підтримується | Апаратно реалізовані кодеки, відеотелефони, відеоконференції |
| MPEG -3 не прийнятий | 1993- 1995 | Телебачення високої чіткості, 20-40 Мбіт/с | | HDTV |
| MPEG -4 | 1999 | Універсальний, 0,0048-20 Мбіт/с | MPEG-1 Layer II, MPEG-1 Layer III, Dolby Digital 5.1, DTS | VideoCD другого покоління |

Базовими технологіями стиснення відеоданих є [34]:

- І-кадри - кадри, стиснуті незалежно від інших кадрів (I-Intra pictures);
- Р-кадри - стиснуті з використанням посилання на одне зображення (P-Predicted);
- В-кадри- стиснуті з використанням посилання на два зображення (B-Bidirection);

- DC-кадри - незалежно стиснуті з великою втратою якості (використаються тільки при швидкому пошуку).
- I-кадри забезпечують можливість довільного доступу до будь-якого кадру, будучи своєрідними вхідними точками у потік даних для декодера.
- P-кадри використовують при архівації посилання на один I- або P-кадр, підвищуючи тим самим ступінь стиснення фільму у цілому.
- B-кадри, використовуючи посилання на два кадри, які перебувають попереду і позаду, забезпечують максимальний рівень стиснення. Самі у якості посилання використовуватися не можуть.

Загальна схема алгоритму стиснення відео виглядає наступним чином:

1. Підготовка макроблоків. Для кожного макроблоку визначається, яким чином він буде стиснутий.

В I-кадрах всі макроблоки стискаються незалежно.

У P-кадрах блок або стискається незалежно, або являє собою різницю з одному з макроблоків у попередньому опорному кадрі, на який посилається P-кадр.

2. Переведення макроблоку в колірний простір YUV. Одержання потрібної кількості матриць 8×8 .

3. Для P- і B-блоків обчислюється різниця з відповідним макроблоком в опорному кадрі.

4. ДКП.

5. Квантування.

6. Зигзаг-сканування.

7. Групове кодування.

8. Кодування Хаффмана.

При декодуванні весь конвеєр повторюється для зворотних перетворень, починаючи з кінця.

Процес використання векторів зсувів блоків представимо на рис. 2.11.

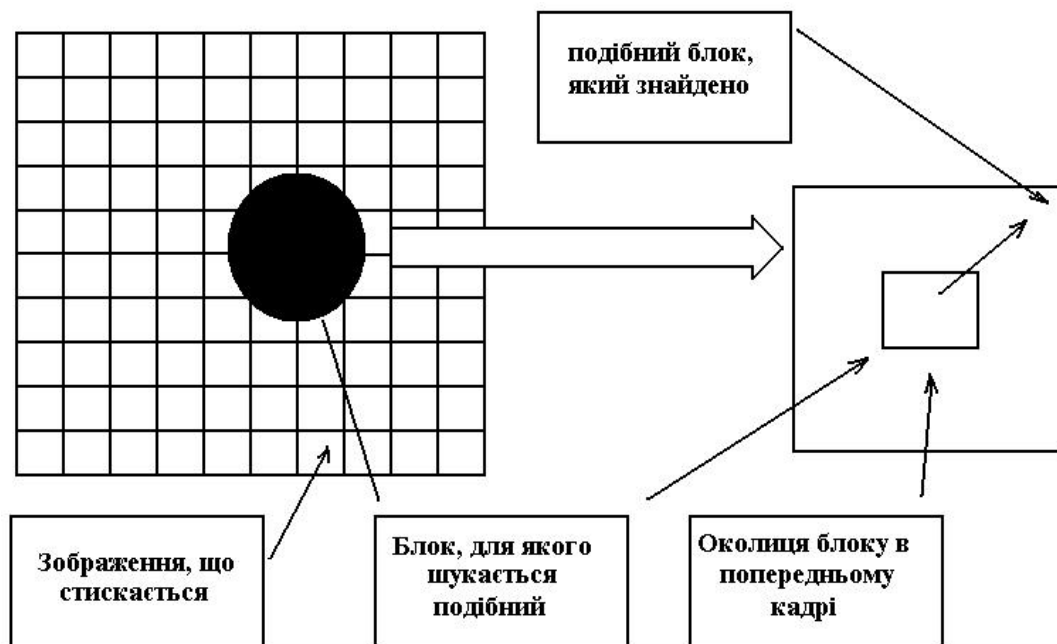


Рис. 2.11 - Процес використання векторів зсувів блоків

При цьому способами підвищення рівня стиснення є:

- Зміна алгоритму стиснення I-кадрів - використовуються алгоритми, засновані на вейвлетах.
- Зміна алгоритму стиснення без втрат - використання арифметичного стиснення.
- Зміна алгоритму роботи з векторами зсуву блоків.
- Застосування обробки коефіцієнтів.
- Застосування обробки кадрів - виключення «блоковості».
- Покращення алгоритмів масштабування зображень.
- Застосування попередньої обробки відео.

Стиснення було б неможливо, якби кожен кадр був унікальним і розташування пікселів було повністю випадковим, але це не так. Тому можна стиснути, по-

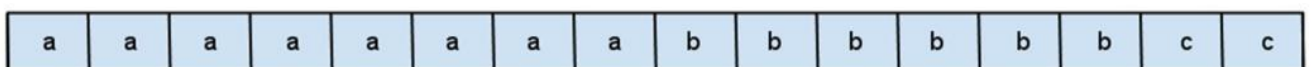
перше, саму картинку – наприклад, фотографія блакитного неба без сонця фактично зводиться до опису граничних точок і градієнта заливки. По-друге, можна стисненнати схожі сусідні кадри. В остаточному підсумку, алгоритми стиснення картинок і відео схожі, якщо розглядати відео як тривимірне зображення з часом як третьої координатою [25].

Алгоритми стиснення відео використовують сучасні методи кодування, щоб зменшити надмірність у відеоданих. Більшість алгоритмів стиснення відео поєднують просторове стиснення зображень і часову компенсацію руху. Стиснення відео являє собою практичну реалізацію кодування джерела в теорії інформації.

Кодування довжин серій (run length encoding) – простий алгоритм стиснення даних, який оперує серіями даних, тобто послідовностями, в яких один і той же символ зустрічається кілька разів поспіль.

При кодуванні рядок однакових символів, що становлять серію, замінюється рядком, який містить сам повторюваний символ і кількість його повторів (рис.2.12).

RLE добре стисненняє зображення, в яких спостерігається повторення контурів або кольорів окремих елементів. У повнокольорових зображеннях повторень кольору значно менше, тому стиснення повнокольорового відео з використанням технології RLE позбавлене всякого сенсу.



run-length encoding

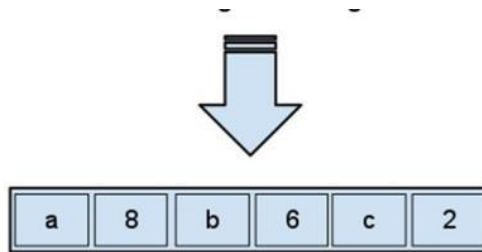


Рис. 2.12 - Приклад алгоритму RLE, послідовність з 16 символів стисненняється до послідовності з 6

Алгоритм різниці кадрів існує завдяки тій обставині, що в більшості відео картинка від кадру до кадру мало відрізняється (рис. 2.13).

Таким чином, повторювані елементи кадру доцільно зберігати у пам'яті лише один раз, посилаючись на них замість дублювання.

До таких елементів відносяться, в основному, нерухомі та незмінні фони, задній план.

Рухомі елементи, з іншого боку, залишаються нестисненими, тому чим їх менше у відеоряді – тим краще стисненняє алгоритм.

У міру застосування алгоритму векторного квантування для кодування послідовності кадрів і отримання при цьому малих коефіцієнтів, що важко кодуються, в кадри поступово вкрадається помилка [20].

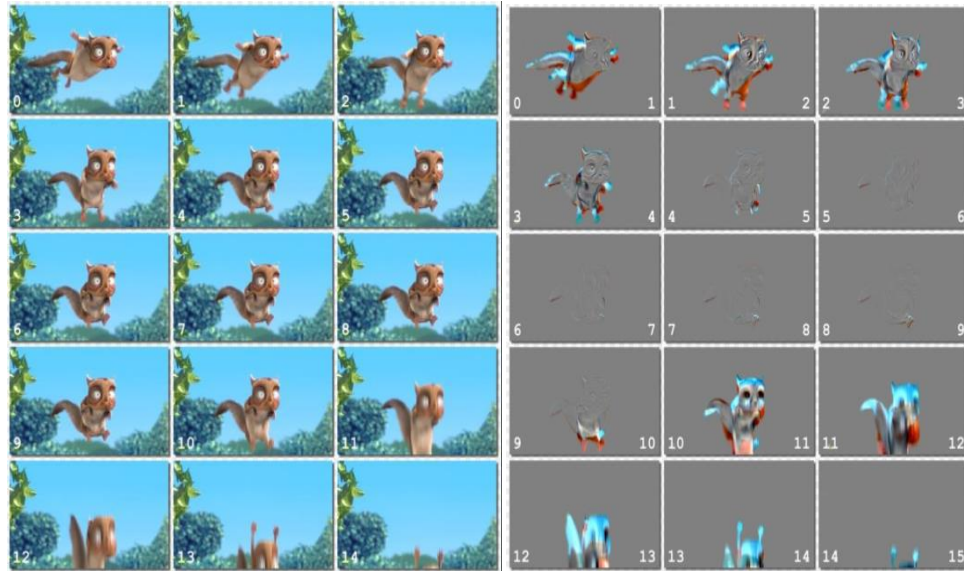


Рис. 2.13 - Оригінальні кадри анімації і кадри, що містять лише фрагменти, які змінюються

Ця обставина вимагає включення в відеоряд так званих ключових кадрів – зображень, які кодуються без врахування попередніх і є так званими «опорними точками» у відео.

Компенсація руху базується на використанні декількох складних алгоритмів.

Сфера застосування даної технології, як правило, зводиться до відеоряду, в якому об'єкт змінює своє місце розташування відносно нерухомого фону. Об'єкти, які змінюють свою форму, які наближаються або віддаляються (рухома камера), не підлягають ефективному стисненню при використанні даного алгоритму. Стиснення відбувається за рахунок завдання вектору зміщення елементів зображення, що на практиці дозволяє набагато ефективніше зберігати інформацію у порівнянні з зберіганням значень нових координат даних елементів зображення.

Основним блоком, щодо якого задається вектор зміщення інших, другорядних блоків, може бути будь-який блок зображення розміром 16x16 пікселів, що водночас є максимально схожим на той блок, що кодується (див. рис. 2.14).



Рис. 2.14 - Пример застосування компенсації руху

Кадр, на який посилаються таким чином інші кадри, повинен обиратися раніше або пізніше.

Таким чином в кінці отримується набір векторів, що вказують рух блоків зображення між кадрами.

Варто зауважити, що під час реалізації даного алгоритму виникають певні питання і проблеми, наприклад проблема оцінки «схожості» фрагментів зображення або питання пошуку потрібного блоку.

Для даного алгоритму можуть використовуватися декілька критеріїв схожості: підрахування суми квадратичних відхилень, порівняння за характерними точками, обчислення суми абсолютних різниці.

| Блок 1 | | | |
|--------|----|----|----|
| 28 | 28 | 28 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |

| Блок 2 | | | |
|--------|----|----|----|
| 28 | 27 | 28 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |

| Блок 3 | | | |
|--------|----|----|----|
| 28 | 27 | 26 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |

| | | | | |
|----|----|----|----|--|
| 28 | 28 | 28 | 28 | |
| 28 | 28 | 28 | 28 | |

| | | | | |
|----|----|----|----|--|
| 28 | 28 | 27 | 28 | |
| 28 | 28 | 28 | 28 | |

| | | | | |
|----|----|----|----|--|
| 29 | 28 | 28 | 28 | |
| 28 | 28 | 28 | 28 | |

Ці три блоки для людського ока не відрізняються. Таким чином, 2-ий і 3-ий блоки можна спокійно замінити першим. Тоді кодова книга матиме такий вигляд:

| Кодова книга 1 | | | |
|----------------|----|----|----|
| 28 | 28 | 28 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |
| 28 | 28 | 28 | 28 |

Важливою особливістю технології векторного квантування є те, що при стисненні відео одна і та ж кодова книга може використовуватися для декількох кадрів зображення.

ДКП широко використовується при стисненні цифрових зображень та відео. Більше того, формати стиснення, що мають у своїй основі ДКП, сьогодні є найбільш використовуваними і поширеними.

Стандарт стиснення статичної графіки JPEG, використовуваний у відеоконференціях стандарт H.263, цифрові відеостандарти MPEG (MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-4) – всі вони використовують ДКП [23].

У цих стандартах використовується, зокрема, двовимірне ДКП, що застосовується послідовно до блоків зображення розмірністю 8×8 пікселів. ДКП обчислює 64 ($8 \times 8 = 64$) коефіцієнта, які потім квантизуються, забезпечуючи тим самим стиснення. У більшості зображень більшість ДКП-коефіцієнтів в силу своєї малості після квантування обнуляються. Ця властивість ДКП і лежить в основі безлічі алгоритмів стиснення, що використовують ДКП.

Крім того відомо, що людське око є набагато менш чутливим до високочастотних компонентів зображення, які представляють великими коефіцієнтами ДКП.

Основна ідея векторного квантування полягає в розбитті зображення на блоки. Як правило, деякі блоки виявляються схожими один на одного. В цьому випадку компресор ідентифікує клас схожих блоків і замінює їх одним загальним блоком. Крім того, генерується двійкова таблиця (карта) таких загальних блоків з найкоротших кодових слів.

Потім ВК-декодер, використовуючи таблицю, збирає зображення по блоках із загальних блоків. Ясно, що даний спосіб кодування з втратами якості, так як, строго кажучи, схожість блоків дуже відносна [16].

Процес кодування тривалий і трудомісткий, так як кодеру необхідно виявляти приналежність кожного блоку зображення до якогось спільного блоку.

Однак завдання декодування в цьому випадку зводиться до задачі побудови зображення по заданій карті із загальних блоків і не займає велику кількість апаратних і часових ресурсів. Таблицю або карту також називають ще і кодовою книгою, а двійкові коди, що входять до неї, - кодовими словами. Найбільше стиснення з використанням алгоритму ВК досягається шляхом

зменшення числа класів загальних блоків, тобто припущенням про схожість щодо більшого числа блоків зображення, і, як наслідок, зменшенням кодової книги.

У міру зменшення розмірів кодової книги якість відтвореного відео погіршується. В результаті на зображенні з'являється штучна «блочність».

Важливою особливістю технології векторного квантування є те, що при стисненні відео одна і та ж кодова книга може використовуватися для декількох кадрів зображення. ДКП широко використовується при стисненні цифрових зображень та відео. Більше того, формати стиснення, що мають у своїй основі ДКП, сьогодні є найбільш використовуваними і поширеними. Стандарт стиснення статичної графіки JPEG, використовуваний у відеоконференціях стандарт H.263, цифрові відеостандарти MPEG (MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-4) – всі вони використовують ДКП. У цих стандартах використовується, зокрема, двовимірне ДКП, що застосовується послідовно до блоків зображення розмірністю 8×8 пікселів (рис 2.15). ДКП обчислює 64 ($8 \times 8 = 64$) коефіцієнта, які потім квантизуються, забезпечуючи тим самим стиснення. У більшості зображень більшість ДКП-коефіцієнтів в силу своєї малості після квантування обнуляються. Ця властивість ДКП і лежить в основі безлічі алгоритмів стиснення, що використовують ДКП. Крім того відомо, що людське око є набагато менш чутливим до високочастотних компонентів зображення, які представляють великими коефіцієнтами ДКП [21].

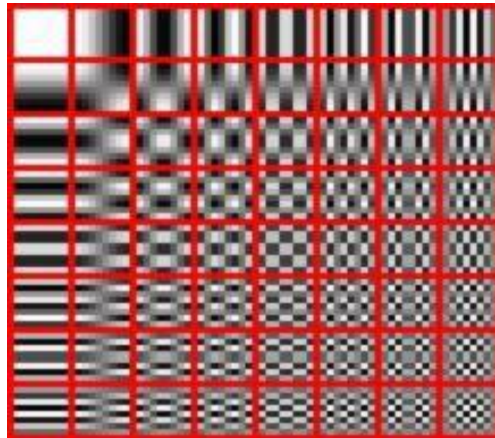


Рис. 2.15 - Візуалізація застосування двовимірного ДКП до масиву даних 8x8

2.3. Обґрунтування вибору алгоритму стиснення та його переваги

Метою даної роботи є розробка алгоритму стиснення цифрових зображень та відео, що мають у своїй основі ДВП.

Таблиця 2.1.

Порівняльна характеристика методів стиснення відео

| Алгоритм | Переваги | Недоліки | Застосування |
|------------------------|---|--|---|
| Кодування довжин серій | Простий алгоритм | Не підходить для стиснення реальних відеозаписів | Цифрові 8-бітні зображення, цифрові анімації з малою кількістю кольорів |
| Різниця кадрів | Краще стиснення, ніж незалежне стиснення окремих кадрів | Необхідність введення ключового кадру | Відео з великою кількістю повторюваних кадрів |

| | | | | |
|------------------|--------------------------------------|---|--|---|
| Компенсація руху | Краще стиснення ніж у різниці кадрів | Кодування вельми трудомістке і вимагає спеціальну апаратуру | Відео переміщенням одного об'єкту відносно | 3 |
|------------------|--------------------------------------|---|--|---|

Дана робота ставить за мету розглянути стиснення високоякісного відео, такого, яке не має великої кількості повторюваних елементів і не підлягає стисненню алгоритмами, що сильно залежать від наявності таких елементів.

Для цього найкраще підходить сімейством стандартів MPEG (Moving Picture Experts Group – Експертна група з питань рухомого зображення), які стали одними з найбільш поширених стандартів ери цифрового відео.

Метою даної роботи є розробка алгоритму стиснення цифрових зображень та відео, що мають у своїй основі ДВП. Для досягнення цієї мети доречно обрати вже існуючий формат стиснення відео, розібрати принцип його роботи і визначити, які елементи його алгоритму необхідно замінити, щоб отримати аналогічний формат стиснення, але з використання ДВП замість ДКП [30].

Для досягнення цієї мети доречно обрати вже існуючий формат стиснення відео, розібрати принцип його роботи і визначити, які елементи його алгоритму необхідно замінити, щоб отримати аналогічний формат стиснення, але з використання ДВП замість ДКП. Спершу розглянемо схему роботи алгоритму MPEG (Motion JPEG) (рис. 2.16).

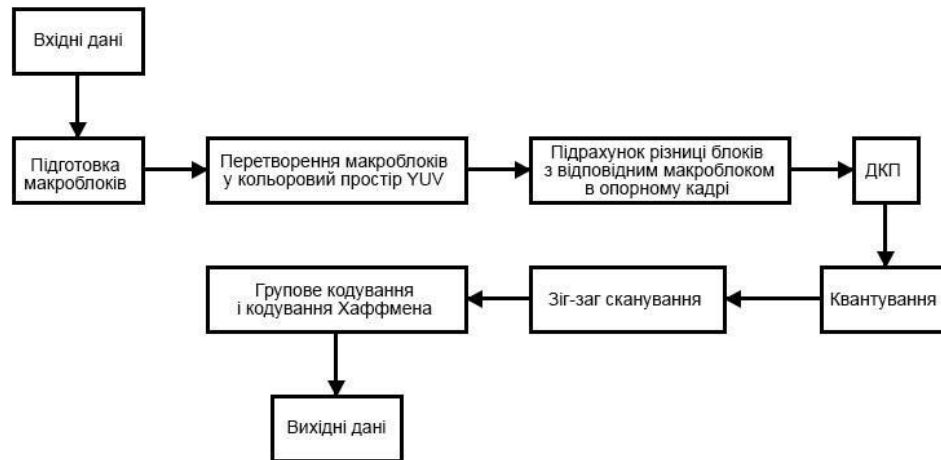


Рис 2.16 - Структура алгоритму MPEG

Таким чином зі схеми алгоритму можна виділити 7 основних кроків [21]:

1. Підготовка макроблоків;
2. Перетворення макроблоку у кольоровий простір YUV. Отримання потрібної кількості матриць 8x8;
3. Для P і B-блоків виконується підрахунок різниці з відповідним макроблоком в опорному кадрі;
4. ДКП;
5. Квантування;
6. Зігзаг-сканування;
7. Групове кодування і кодування Хаффмана.

Розглянемо ці складові детальніше. Технологія стиснення відео в MPEG розділяється на дві частини: зменшення надмірності відеоінформації в часовому вимірі, засноване на тому, що сусідні кадри, як правило, відрізняються не сильно, і стиснення відслуханих зображень. В процесі MPEG кодування усуваються надлишкові відеодані в серії поруч розташованих кадрів.

Два сусідніх кадри зазвичай містять між собою багато однакових елементів зображення. Інформація в них відрізняється вельми мало, порівняно з всією інформацією, яка міститься в кадрі. Тому проводиться стиснення відео, при якому використовуються в повному обсязі дані кожного відеокадру, а динаміка змін кадрів, так як в переважній більшості послідовних кадрів одного відео-сюжету фон зазвичай залишається однаковим, а добре помітні та важливі зміни відбуваються на передньому плані [22].

Для того щоб задовольнити суперечливим вимогам і збільшити гнучкість алгоритму, розглядаються 4 типи кадрів (рис. 2. 17):

- I-кадри – кадри, стиснені незалежно від інших кадрів (I-Intra pictures);
- P-кадри – стиснені з використанням посилання на лише одне зображення (P-Predicted);
- B-кадри – стиснені з використанням посилання на два зображення (B-Bidirection);
- DC-кадри – незалежно стиснені кадри з великою втратою якості (використовуються тільки при швидкому пошуку).

I-кадри забезпечують можливість довільного доступу до будь-якого кадру, будучи своєрідними вхідними точками в потік даних для декодера. P-кадри використовують при архівації посилання на один I- або P-кадр, підвищуючи тим самим ступінь стиснення фільму в цілому. B-кадри, використовуючи посилання на два кадри, що знаходяться попереду і позаду, забезпечують найвищий ступінь стиснення. Самі в якості посилання використовуватися не можуть.

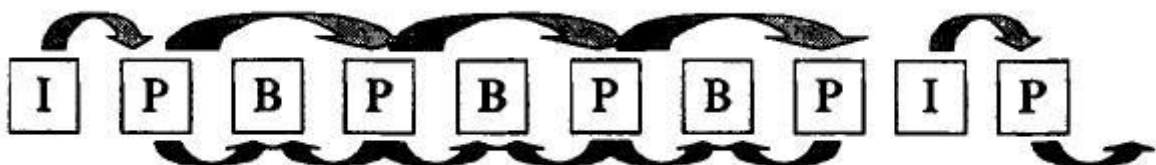


Рис. 2.17 - I-кадри – незалежно стиснені. P-кадри – стиснені з використанням посилання на одне зображення. B-кадри – стиснені з використанням посилання на два зображення

Процес скорочення даних проводиться таким чином: перш за все створюється опорний кадр (I, Intra frame). Такі I-кадри використовуються для реконструкції інших кадрів і розміщуються послідовно через кожні 10-15 кадрів. Лише деякі фрагменти кадрів, що знаходяться між I-кадрами, встигають змінитися, і саме ці зміни і фіксуються в процесі стиснення.

I-кадри складають основу MPEG потоку і через них здійснюється випадковий доступ до будь-якого уривку відео. Самі I-кадри для забезпечення візуально високої якості стисненняються незначно.

P-кадри кодуються щодо попередніх кадрів (I або P) і використовуються як порівняльний зразок для подальшої послідовності Pкадрів. У цьому випадку досягається високий рівень стиснення.

B-кадри кодуються з високим ступенем стиснення. Для прив'язки Bкадрів до відеопослідовності необхідно використовувати не тільки попереднє, але і подальше зображення. B-кадри ніколи не використовуються для порівняння [27].

Кадри складаються з макроблоків, що представляють собою малі фрагменти зображення розмірністю 16 x 16 пікселів. Процесор MPEGенкодера аналізує кадри і знаходить ідентичні або дуже близькі макроблоки, порівнюючи базовий і наступні кадри. В результаті зберігаються лише дані про відмінності між досліджуваними кадрами. Ці відмінності мають назву вектор зміщення (vector movement code). Макроблоки, що не містять змін, не враховуються, і за рахунок цього кількість даних для передачі значно знижується. Для нейтралізації впливу похибок при передачі даних послідовні макроблоки об'єднуються в незалежні один від одного розділи (slices). Кожен макроблок, у свою чергу, складається з шести блоків, чотири з яких несуть інформацію про яскравість (Y), а решта 2 блоки – інформацію

кольоровідмінних сигналів (U/V). Блоки являють собою базові одиниці, над якими здійснюються основні математичні операції кодування, наприклад, дискретне косинус перетворення.

Одним з основних понять при стисненні декількох зображень є поняття макроблоку. При стисненні кадр з кольорного простору RGB переводиться в кольірний простір YUV. Кожна з площин, що стисненняється зображення (Y, U, V) розділяється на блоки 8×8 , з якими працює ДКП. Причому площині U і V , відповідні компоненти кольоровості, беруться з дозволом в 2 рази меншим (по вертикалі і горизонталі), ніж вихідне зображення [18].

Таким чином, ми відразу отримуємо стиснення в 2 рази, користуючись тим, що око людини гірше розрізняє колір окремої точки зображення, ніж її яскравість (докладніше про ці перетворення дивіться в описі алгоритму JPEG). Блоки 8×8 групуються в макроблоки. Макроблок – це група з чотирьох сусідніх блоків в площині компоненти яскравості Y (матриця пікселів 16×16 елементів) і два відповідних їм по розташуванню блоку з площин кольоровості U і V . Таким чином, кадр розбивається на незалежні одиниці, що несуть повну інформацію про частину зображення. При цьому розмір зображення повинен бути кратний 16.

Окремі макроблоки стисненняються незалежно, тобто у В-кадрах ми можемо стиснути конкретний макроблок як І-блок, Р-блок з посиланням на попередній кадр, Р-блок з посиланням на наступний кадр і, нарешті, як Вблок.

Найпростіший спосіб враховувати подібність сусідніх кадрів - це знаходження різниці між кожним блоком стисненого кадру з відповідним блоком попереднього. Проте існує більш гнучкий алгоритм для пошуку векторів, на які блоки поточного кадру зсунулися по відношенню до попереднього. Для кожного блоку в досліджуваному зображенні потім знаходиться блок, близький за деякою характеристикою/параметром (наприклад, за середньоквадратичним відхиленням). Якщо мінімальна відстань за обраними критеріями з блоками в попередньому кадрі

перевищує попередньо визначений поріг, то блок стисненняється незалежно (рис. 2.18). Таким чином, одночасно з кожним блоком в послідовність тепер зберігаються координати зсуву найбільш подібного блоку в попередньому I- або P-кадрі, або ознака того, що дані стиснуті незалежно. Ці координати і визначають вектор зміщення блоку (motion vector). У випадках, коли камера наближається до об'єкту або охоплює панораму, використання векторів зміщення блоків дає можливість суттєво зменшити амплітуду різниці кадрів і, як наслідок, значно покращити ступінь стиснення.

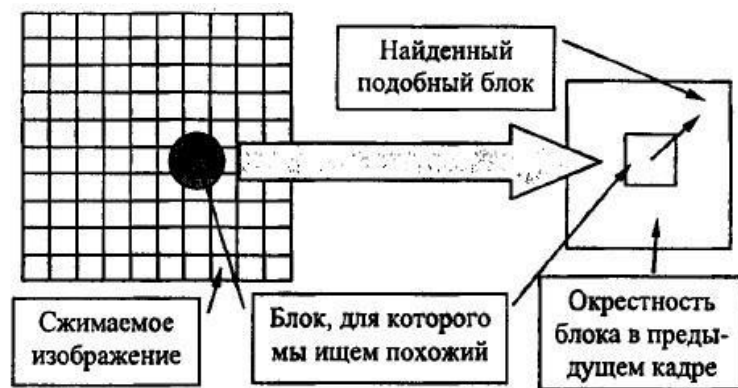


Рис. 2.18 - Пошук векторів зміщення блоку

Якщо проаналізувати реальні фільми, то можна побачити, що частіше ніж ні блок зсувається не на кратне число пікселів, а, наприклад, на 10.4 пікселя (камера швидко рухається вправо, план зйомки зсувається рівномірно і проходить повний кадр розміром 352x240 за 1.35 с). При цьому виявляється, що для підвищення ступеня стиснення вигідно будувати 4 області пошуку векторів зсувів: вихідну, зрушену на півпікселя по горизонталі, зрушену на півпікселя по вертикалі і зрушену на півпікселя по горизонталі і по вертикалі (по діагоналі), які будуються за допомогою досить швидких алгоритмів білінійної або кусочно-лінійної апроксимації.

Цей прийом також дозволяє зменшити різницю між блоками і підвищити ступінь стиснення при мінімальній додатковій інформації, яку треба зберігати в

файл (плюс 2 біта на кожен блок). Також треба розуміти, що алгоритм пошуку оптимальних векторів зсуву полягає, власне кажучи, в переборі. Існують різні методи зменшення цього перебору, і налаштування відеокодеків, що регулюють швидкість стиснення, нерідко варіюють саме параметри методу перебору.

Будучи ключовим кроком алгоритму стиснення, ДКП являє собою один з різновидів перетворення Фур'є і має зворотне перетворення (ЗДКП).

Якщо розглядати зображення як сукупність просторових хвиль, де осі X і Y відповідають ширині і висоті зображення, а вісь Z використовується для зберігання значення кольору відповідних пікселів, то стає можливим перейти від просторового уявлення картинки до її спектрального подання і навпаки. ДКП перетворює матрицю пікселів розміру $N \times N$ в матрицю частотних коефіцієнтів відповідного розміру [13].

Варто зазначити, що в ході обчислень використовується тільки 32 задалегідь обчислених значень косинусів, що, в свою чергу, дозволяє суттєво збільшити швидкість роботи перетворення. Це вже, безсумнівно, призводить до часткової втрати інформації, але її обсяги щодо несуттєві.

Невеликого збільшення продуктивності можна домогтися, якщо при обчисленнях використовувати тільки цілочисельну арифметику, що, зокрема, є актуальним лише для застарілих обчислювальних апаратів, так як в сучасних комп'ютерах вартість операцій над числами з плаваючою крапкою не відрізняється від операцій над цілими. Також використання целочисленної арифметиці негативно позначається на якості що стисненняється зображення, що робить цей метод неприйнятним для сучасних комп'ютерів. Так як ДКП є різновидом перетворення Фур'є, то всі методи збільшення продуктивності перетворення Фур'є можуть бути використані і тут.

На даному етапі виконується відкидання малозначущих коефіцієнтів з матриць 8×8 . Для цього використовуються матриці квантування. Саме на цьому

етапі відбуваються втрати якості зображення/відео. Кожний Фурьєкоєфіцієнт ділиться на відповідне число в матриці квантування. На рис 2.19 наведена матриця, що приводиться у специфікації JPEG.

| | | | | | | | |
|------|-----|-----|----|-----|---|---|---|
| 1104 | -6 | -24 | 15 | -14 | 0 | 0 | 0 |
| -108 | -8 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 16 | 20 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 10 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | -11 | 17 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

 \div

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 16 | 11 | 10 | 16 | 24 | 40 | 51 | 61 |
| 12 | 12 | 14 | 19 | 26 | 58 | 60 | 55 |
| 14 | 13 | 16 | 24 | 40 | 57 | 69 | 56 |
| 14 | 17 | 22 | 29 | 51 | 87 | 80 | 62 |
| 18 | 22 | 37 | 56 | 68 | 109 | 103 | 77 |
| 24 | 35 | 55 | 64 | 81 | 104 | 113 | 92 |
| 49 | 64 | 78 | 87 | 103 | 121 | 120 | 101 |
| 72 | 92 | 95 | 98 | 112 | 100 | 103 | 99 |

 $=$

| | | | | | | | |
|----|----|----|---|----|---|---|---|
| 69 | -1 | -2 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| -9 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 2.19 - Квантування з якістю 50%

Дана таблиця відповідає 50% якості і була обрана з точки зору балансу якості і ступеня стиснення. У отриманій матриці коефіцієнт (0,0) дуже великий порівняно з рештою значень. Цей коефіцієнт називається DCкоефіцієнт, а всі решта – AC-коефіцієнти.

При декодуванні відбувається зворотній процес – квантовані коефіцієнти почленно множаться на значення матриці квантування, але за рахунок округлення значень точно відновити вихідні коефіцієнти неможливо. Чим більше число квантування, тим більше похибка.

Таким чином, відновлений коефіцієнт є лише найближчим кратним. На рис. 2.20 та рис. 2.21 приведені матриці квантування при налаштуваннях стиснення JPEG 90% та 5% якості відповідно [8].

| | | | | | | | |
|------|-----|-----|----|-----|---|---|---|
| 1104 | -6 | -24 | 15 | -14 | 0 | 0 | 0 |
| -108 | -8 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 16 | 20 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 10 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | -11 | 17 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

 \div

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 | 12 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 12 | 11 |
| 3 | 3 | 3 | 5 | 8 | 11 | 14 | 11 |
| 3 | 3 | 4 | 6 | 10 | 17 | 16 | 12 |
| 4 | 4 | 7 | 11 | 14 | 22 | 21 | 15 |
| 5 | 7 | 11 | 13 | 16 | 21 | 23 | 18 |
| 10 | 13 | 16 | 17 | 21 | 24 | 24 | 20 |
| 14 | 18 | 19 | 20 | 22 | 20 | 21 | 20 |

 $=$

| | | | | | | | |
|-----|----|-----|---|----|---|---|---|
| 368 | -3 | -12 | 5 | -3 | 0 | 0 | 0 |
| -54 | -4 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 5 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | -2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 2.20 - Матриця коефіцієнтів ДКП після квантування з якістю 90%

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|----|-----|---|---|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 1104 | -6 | -24 | 15 | -14 | 0 | 0 | 0 | | 160 | 110 | 100 | 160 | 240 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -108 | -8 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | | 120 | 120 | 140 | 190 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 16 | 20 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 140 | 130 | 160 | 240 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 10 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 140 | 170 | 220 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 180 | 220 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | -11 | 17 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 | | 240 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 2.21 - Квантування з якістю 5%

При відновленні цього блоку отримується лише опосередковане значення + вертикальний градієнт (через збережене значення -1). Перевагою є те, що для цього блоку зберігається лише 2 значення з 64-ох (рис. 2.22).

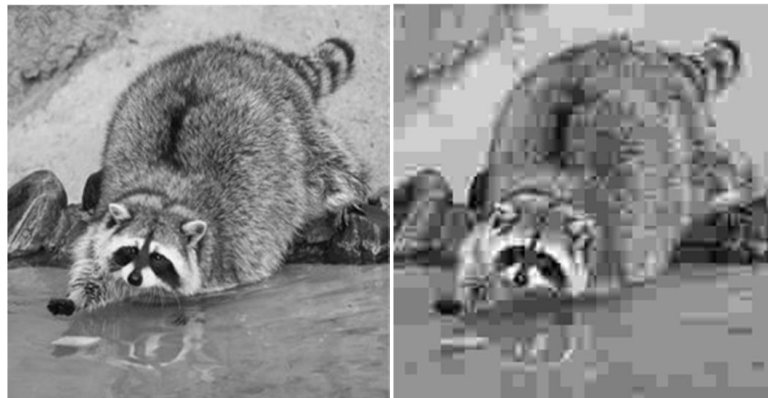


Рис. 2.22 - Оригінал (зліва) і стиснене до 5% якості зображення (справа)

У випадку стиснення без втрати якості матриця квантування буде містити лише одиниці, тобто квантування не відбудеться.

Цей алгоритм спирається на ту обставину, що нулі у матриці квантування зосереджені у правому нижньому кутку.

Оскільки у матриці квантування присутні групи нулів, то доцільно записувати тільки кількість нулів в групі за допомогою алгоритму кодування довжин серій. Залишилося з'ясувати напрямок обходу значень, так як ненульові коефіцієнти концентруються біля лівого верхнього кута, а чим ближче до правого нижнього – тим більше нулів, то виписувати нулі зліва направо і зверху вниз – не ефективно.

Алгоритм буде спинятися кожен раз коли виникатиме необхідність переходу на наступний рядок, що не є дуже ефективним способом його використання. Звідси виникає можливість обходу комірок матриці по діагоналі, зіг-загами.

Таким чином всі нулі матриці можливо буде замінити всього-на-всього двома значеннями – нулем і кількістю повторень [26].

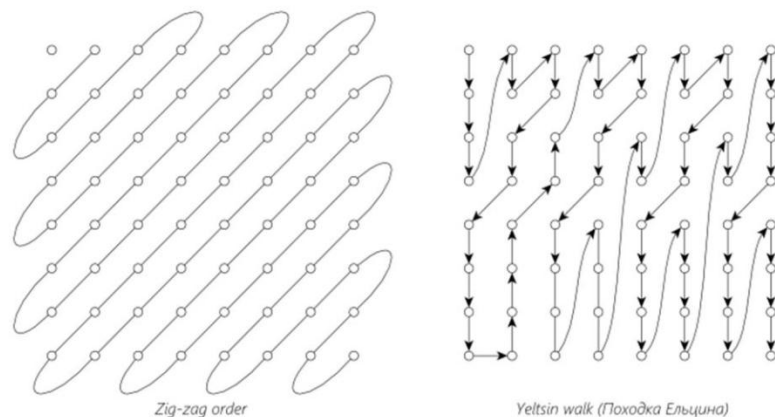


Рис. 2.23 - Типи зіг-заг сканування

Тому, в JPEG використовується порядок, званий «Zig-zag», він показаний зліва на рис. 2.23. Такий спосіб добре виділяє групи нулів. У правій частині – альтернативний спосіб обходу, що може використовуватися в MPEG при стисненні відео з чергуванням рядків. При цьому сканування відбувається під кутом $67,5^\circ$ до вертикалі. Вибір алгоритму обходу не впливає на якість зображення, але може збільшити кількість кодованих груп нулів, що в дасть менший розмір файлу.

Кодування використовується на етапі збереження стиснених даних. Найбільш очевидне рішення, використовувати фіксоване значення біт на коефіцієнт – хибне. Для знаходження найбільш оптимального способу кодування будується гістограма залежності кількості коефіцієнтів від їх значень у логарифмічному масштабі (рис. 2.24).

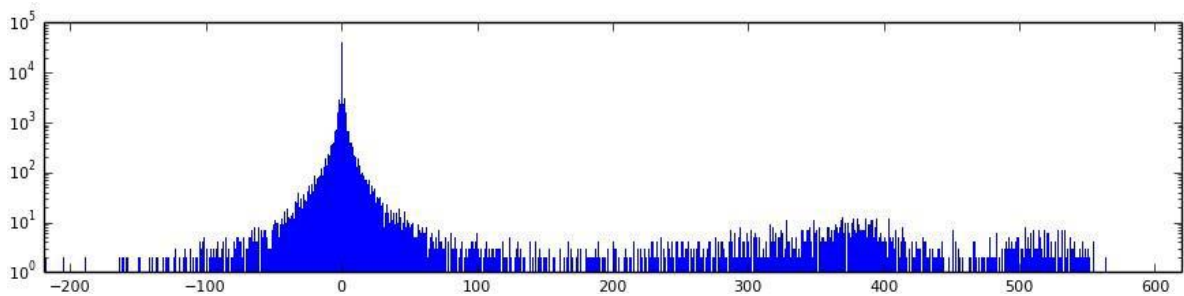


Рис. 2.24 - Залежність кількості ДКП коефіцієнтів від їх значень

Оскільки DC-коефіцієнти набагато більше решти значень, доцільно відобразити їх окремо (рис. 2.25).

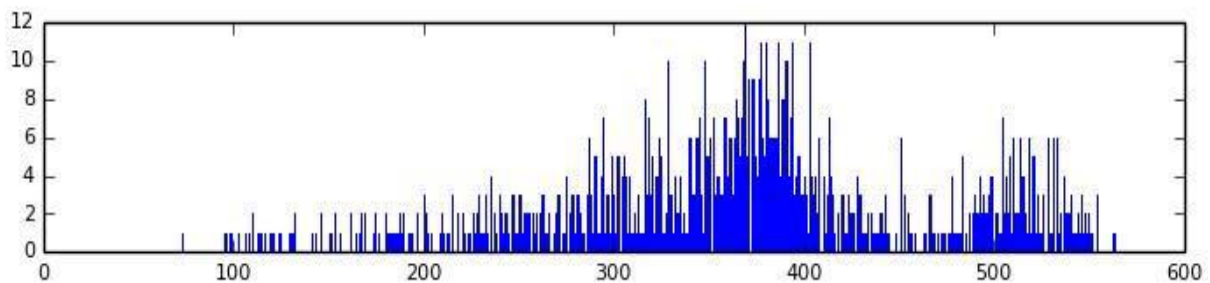


Рис. 2.25 - Гістограма залежності DC коефіцієнтів

Значення DC-коефіцієнтів можуть змінюватися від -1024 до 1023, так як в JPEG проводиться віднімання 128 з усіх вихідних значень, що відповідає відніманню 1024 з DC, і розподілятися досить рівномірно з невеликими піками.

Через це кодування Хаффмена для даного випадку не відходить (рис. 2.26).

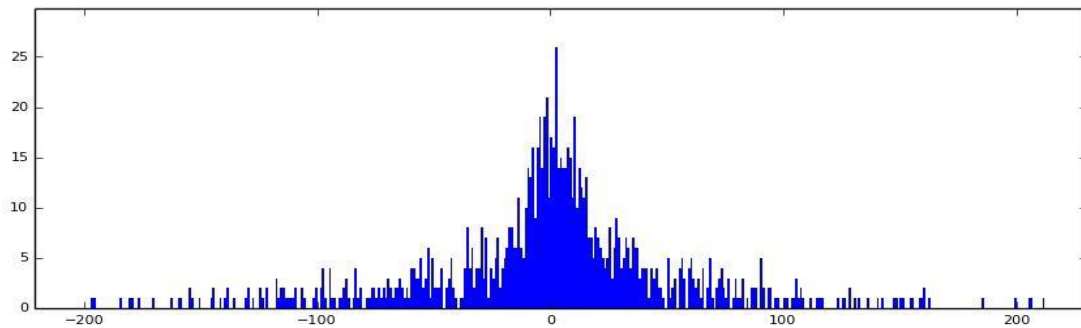


Рис. 2.27 - Гістограма різниць DC коефіцієнтів

Тепер значення сконцентровані близько нуля, малі значення (по абсолютній величині) зустрічаються часто, великі рідко. Так як маленькі значення займають мало біт, то добре виконується одне з правил стиснення: символам з великими вагами привласнювати короткі коди (і навпаки). Проблема неможливості однозначного кодування вирішується наступним способом: кожен коефіцієнт (точніше, різниця сусідніх) буде зберігатися як (довжина) (значення).

Тобто позитивні значення прямо кодуються їх двійковим поданням, а негативні – так само, але з заміною ведучої 1 на 0. Наступним кроком є вирішення способу кодування довжини. Так як доцільно розглядати лише 12 можливих значень довжини, то для їх зберігання можливо використовувати 4 біта. У цьому випадку краще використовувати кодування Хаффмана. Відповідність чисельних значень наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Відповідність чисельних значень їх кодам

| Значення | | Коди значень | | Довжина |
|----------------|------------|-----------------------|--------------------|---------|
| <0 | >0 | <0 | >0 | |
| 0 | | | | 0 |
| -1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| -3, -2 | 2, 3 | 00, 01 | 10, 11 | 2 |
| -7, -6, -5, -4 | 4, 5, 6, 7 | 000, 001, 010, 011 | 100, 101, 110, 111 | 3 |

| | | | | |
|------------------|----------------|-----------------|------------------|----|
| -15,..., -8 | 8,..., 15 | 0000,..., 0111 | 1000,..., 1111 | 4 |
| -31,..., -16 | 16,..., 31 | 00000,... | ..., 11111 | 5 |
| -63,..., -32 | 32,..., 63 | 000000,... | ..., 111111 | 6 |
| -127,..., -64 | 64,..., 127 | 0000000,... | ..., 1111111 | 7 |
| -255,..., -128 | 128,..., 255 | 00000000,... | ..., 11111111 | 8 |
| -511,..., -256 | 256,..., 511 | 000000000,... | ..., 111111111 | 9 |
| -1023,..., -512 | 512,..., 1023 | 0000000000,... | ..., 1111111111 | 10 |
| -2047,..., -1024 | 1024,..., 2047 | 00000000000..., | ..., 11111111111 | 11 |

На рис. 2.28 показана гістограма кількості значень, відсортованих за їх вагою, та візуальне представлення коду присвоєння значенням пікселів кодів Хаффмана.

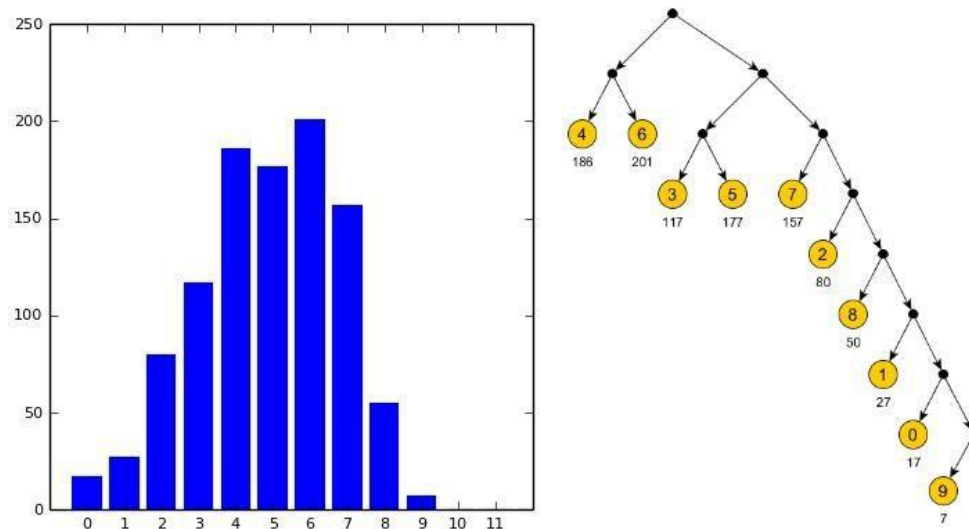


Рис. 2.28 - Ваги значень довжини коефіцієнтів

Так як значень з довжинами 4 і 6 більше всього, їм присвоєні найкоротші коди: 00 і 01. Далі йдуть 3 і 5 і так далі.

Тобто коефіцієнти DC зберігається наступним чином: [код Хаффмана для довжини DCдиф (в бітах)] [DCдиф], де DCдиф = DCпоточне - DCпопереднє. Гістограма AC коефіцієнтів показана на рис. 2.29.

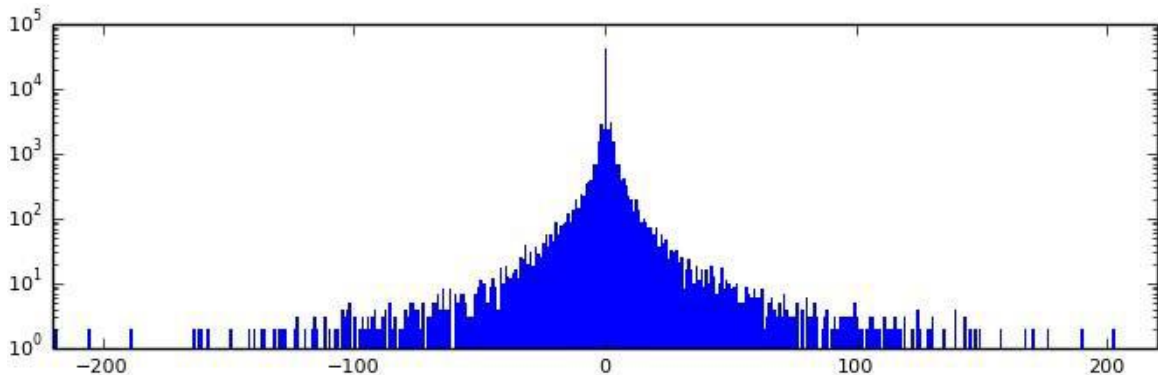


Рис. 2.29 - Гістограма залежності AC коефіцієнтів

Оскільки графік дуже схожий на графік для різниць DC, то принцип залишається таким самим: [код Хаффмана для довжини AC (в бітах)] [AC]. Але за рахунок згаданого вище зігзаг-сканування нулі кодуються алгоритмом RLE, що дає наступну форму запису: [Кількість нулів перед AC] [код Хаффмана для довжини AC (в бітах)] [AC]. Кількість нулів перед AC можна також закодувати кодом Хаффмена, але з поправкою на те, що в ході квантування коефіцієнт став малим і його довжина зменшилась, з чого випливає що кількість нулів перед AC і довжина AC – залежні величини. Виходячи з цього отримуємо наступну форму запису: [Код Хаффмана для (Кількість нулів перед AC, довжина AC (в бітах))] [AC].

Отже, проведені дослідження показали, що, хоча більшість методів стиснення відео є дуже вузько направлені і застосовуються для відео файлів, що відповідають тим чи іншим конкретним умовам, коли річ йде про повно кольорове високоякісне відео (таке як відеозапис реальних подій) одними з найкращих

алгоритмів являються дискретні косинус перетворення і дискретні вейвлет перетворення [6].

Зважаючи на це, вейвлети мають певні переваги перед ДКП так як дають більш приємне для людського ока згладжування, дозволяють регулювати рівень стиснення і можуть бути застосовані багаторазового до одного зображення.

Алгоритм міжнародного формату стиснення MPEG є найбільш поширеним серед усіх форматів стиснення, що використовуються у сьогоденні. Це робить його найкращим кандидатом для досліджень та випробувань.

Незважаючи на те, що складові MPEG були розроблені навколо ДКП, це перетворення можна замінити на ДВП і випробувати рівень сумісності досліджуваних вейвлетів з присутніми у MPEG додатковими алгоритмами стиснення.

Висновки за розділом 2

Підсумовуючи другий розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Розглянуто існуючі сучасні програмні засоби для стиснення цифрового відео.
2. Окреслено підходи до побудови ефективної системи стиснення відео.
3. Обґрунтовано вибір алгоритму стиснення цифрового відео.

РОЗДІЛ 3.

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ ЦИФРОВОГО ВІДЕО НА БАЗІ ШВИДКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ УОЛША - АДАМАРА

3.1. Розробка алгоритму дискретного вейвлет-перетворення

У чисельному аналізі та функціональному аналізі дискретне вейвлет-перетворення (DWT) – це будь-яке вейвлет-перетворення, для якого вейвлети відбираються дискретно. Як і у випадку з іншими вейвлет-перетвореннями, ключовою перевагою, яку вона має в порівнянні з перетвореннями Фур'є, є

тимчасовий дозвіл: воно захоплює як інформацію про частоту, так і інформацію про місцезнаходження (місце розташування в часі).

Хаар DWT ілюструє бажані властивості вейвлетів загалом. По-перше, це може бути виконано в $\{ \text{Displaystyle Про } (n) \}$ На) операції; по-друге, він фіксує не тільки уявлення про частотний зміст вхідних даних, досліджуючи його в різних масштабах, але також і про тимчасовий зміст, тобто про часи, коли ці частоти виникають. У сукупності ці дві властивості роблять швидке вейвлет-перетворення (FWT) альтернативою звичайному швидкого перетворення Фур'є (FFT).

Вейвлет-стик - це форма стиснення даних, що добре підходить для стиснення зображень (іноді також для стиснення відео та аудіо). Відомими реалізаціями є JPEG 2000, DjVu та ECW для нерухомих зображень, JPEG XS, CineForm і Dirac від BBC. Мета полягає в тому, щоб зберігати дані зображення у файлі якнайменше місця. Вейвлет-стик може бути як без втрат, так і з втратами.

Використовуючи вейвлет-перетворення, методи вейвлет-стиснення підходять для представлення перехідних процесів, таких як перкусійні звуки в аудіо, або високочастотних компонентів у двовимірних зображеннях, наприклад, зображення зірок на нічному небі. Це означає, що перехідні елементи сигналу даних можуть бути представлені меншим обсягом інформації, ніж якщо використовувалося якесь інше перетворення, таке як більш поширене дискретне косинусне перетворення.

Дискретне вейвлет-перетворення успішно застосовано для стиснення сигналів електрокардіографа (ЕКГ). У цій роботі використовується висока кореляція між відповідними вейвлет-коефіцієнтами сигналів серійних послідовних циклів з використанням лінійного передбачення.

Вейвлет-стик ефективно не для всіх типів даних. Вейвлет-стик добре обробляє перехідні сигнали. Але гладкі періодичні сигнали краще стискаються за допомогою інших методів, зокрема традиційного гармонійного аналізу в частотній області з перетворенням Фур'є.

Стиснення даних, що мають як перехідні, так і періодичні характеристики, може виконуватися за допомогою гібридних методів, що використовують вейвлети поряд із традиційним гармонійним аналізом. Наприклад, аудіокодек Vorbis в основному використовує модифіковане дискретне косинусне перетворення для стиснення звуку (зазвичай гладкого та періодичного), проте дозволяє додавати банк гібридних вейвлет-фільтрів для покращення якості звуку. Відтворення перехідних процесів.

Спочатку застосовується вейвлет-перетворення. Це дає стільки коефіцієнтів, скільки пікселів у зображенні (тобто стиснення ще немає, оскільки це лише перетворення). Потім ці коефіцієнти можуть бути стиснуті легше, оскільки інформація статистично зосереджена лише в кількох коефіцієнтах. Цей принцип називається кодуванням із перетворенням. Після цього коефіцієнти квантуються, а квантовані значення кодуються ентропійно та/або кодуються за довжиною серії .

У деяких одновимірних та двовимірних додатках вейвлет-стиснення використовується метод, званий «вейвлет-слідами».

Вимога до стиснення зображень.

Більшість природних зображень щільність спектра нижчої частоти вище. В результаті інформація низькочастотного сигналу (опорного сигналу) зазвичай зберігається, а інформація в докладному сигналі відкидається.

З точки зору стиснення та реконструкції зображення вейвлет повинен відповідати наступним критеріям під час виконання стиснення зображення:

Можливість перетворити більш вихідне зображення на опорний сигнал.

Реконструкція з найвищою точністю на основі опорного сигналу.

Не повинно призводити до артефактів у зображенні, відновленому лише з опорного сигналу.

Система стиснення зображень вейвлета включає фільтри і проріджування, тому її можна описати як систему з лінійним зрушенням. Типова діаграма вейвлет-перетворення показана нижче (рис. 3.1):

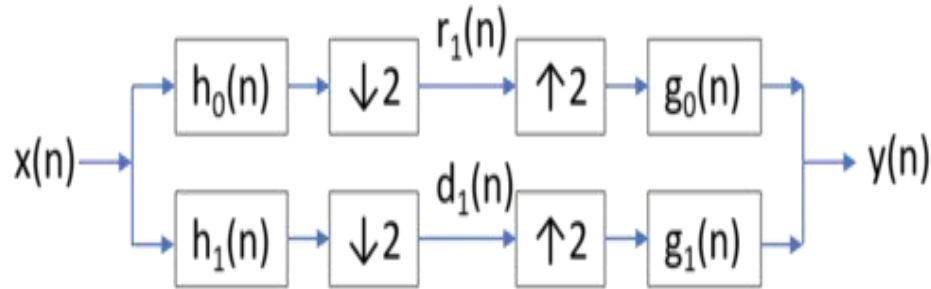


Рис. 3.1 - Типова діаграма вейвлет-перетворення

Спостерігаючи за імпульсними характеристиками двох фільтрів, можна зробити висновок, що другий фільтр менш чутливий до розташування входу (тобто це варіант з меншим зрушенням).

Іншою важливою проблемою стиснення та реконструкції зображень є коливальна поведінка системи, яка може призвести до серйозних небажаних артефактів у реконструйованому зображенні. Для цього вейвлет-фільтри повинні мати велике відношення пікової пелюстки до бокової пелюстки.

До цього часу ми обговорювали одновимірне перетворення системи стиснення зображень. Це питання може бути розширено до двох вимірювань, при цьому пропонується більш загальний термін - багатомасштабні перетворення, що зміщуються.

У чисельному аналізі та функціональному аналізі дискретне вейвлет-перетворення (DWT) – це будь-яке вейвлет-перетворення, для якого вейвлети відбираються дискретно. Як і у випадку з іншими вейвлет-перетвореннями, ключовою перевагою, яку вона має в порівнянні з перетвореннями Фур'є, є

тимчасовий дозвіл: воно захоплює як інформацію про частоту, так і інформацію про місцезнаходження (місце розташування в часі).

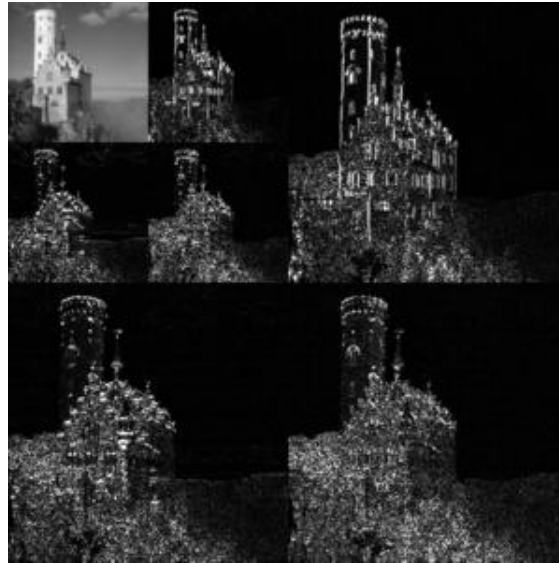


Рис. 3.2 - Приклад двовимірного дискретного вейвлет-перетворення, що використовується в JPEG2000

Приклад двовимірного дискретного вейвлет-перетворення, що використовується в JPEG2000. Вихідне зображення піддається фільтрації верхніх частот, у результаті виходять три великих зображення, кожне з яких описує локальні зміни яскравості (деталі) вихідного зображення (рис 3.2).

Потім він піддається низькочастотній фільтрації та зменшення масштабу, що дає наближене зображення; це зображення піддається фільтрації верхніх частот для отримання трьох зображень з меншими деталями та фільтрації нижніх частот для отримання остаточного наближеного зображення у лівому верхньому куті.

У відео зйомці, відео дзвінках та відеоспостереженні – незмінно присутня деяка надмірність.

Якщо в межах поля знаходиться об'єкт достатнього розміру, всі пікселі, що представляють цей об'єкт, мають приблизно одні й ті ж значення яскравості і кольору. Це і є надмірність, що дозволяє зменшити кількість інформації в кожному окремому пікселі, певним чином описавши контури об'єкта і вказавши середні значення яскравості і кольору в межах цього контуру.

Великі об'єкти відповідають низьким просторовим частотам, а дрібні – високим. На верхньому рівні ці частоти одночасно не присутні. У цифровому відеосигналі може бути переданий весь спектр просторових частот, однак якщо провести частотний аналіз зображення, то можна лишити в сигналі лише ті частоти, що дійсно в ньому присутні.

Отже, важливим кроком в процесі стиснення зображень є аналіз просторових частот.

Кадри оброблюються по блоках, як правило, квадратами 8×8 пікселів. В результаті перетворення виникає матриця з 64 коефіцієнтів.

Коефіцієнт – число, яке визначає зміст в блоці певної просторової частоти.

Дискретне косинусне перетворення (DCT) представляє зображення у вигляді суми синусоїд різної величини та частоти. Функція `dct2` обчислює двовимірне дискретне косинусне перетворення (DCT) зображення.

DCT має властивість, що для типового зображення більша частина візуально значущої інформації про зображення концентрується лише у кількох коефіцієнтах DCT. З цієї причини DCT часто використовується в програмах стиснення зображень. Наприклад, DCT лежить в основі міжнародного стандартного алгоритму стиснення зображень із втратами, відомого як JPEG. (Назва походить від робочої групи, яка розробила стандарт: формат графічних даних JPEG).

3.2. Процес кодування за допомогою перетворення Уолша-Адамара

Перетворення Адамара (також відоме як перетворення Уолша-Адамара, перетворення Адамара-Радемахера-Уолша, перетворення Уолша або перетворення Уолша-Фур'є) є прикладом узагальненого класу перетворень Фур'є. Він виконує ортогональну, симетричну, інволютивну, лінійну операцію над 2^m дійсними числами (або комплексними, або гіперкомплексними числами, хоча самі матриці Адамара чисто речові).

Перетворення Адамара можна розглядати як побудоване з дискретних перетворень Фур'є (ДПФ) розміру 2 і фактично воно еквівалентне багатовимірному ДПФ розміру $2 \times 2 \times \dots \times 2 \times 2$. [2] Він розкладає довільний вхідний вектор у суперпозицію функцій Уолша.

Перетворення названо на честь французького математика Жака Адамара (французька: [adamaʁ]), німецько-американського математика Ганса Радемахера та американського математика Джозефа Л. Уолша.

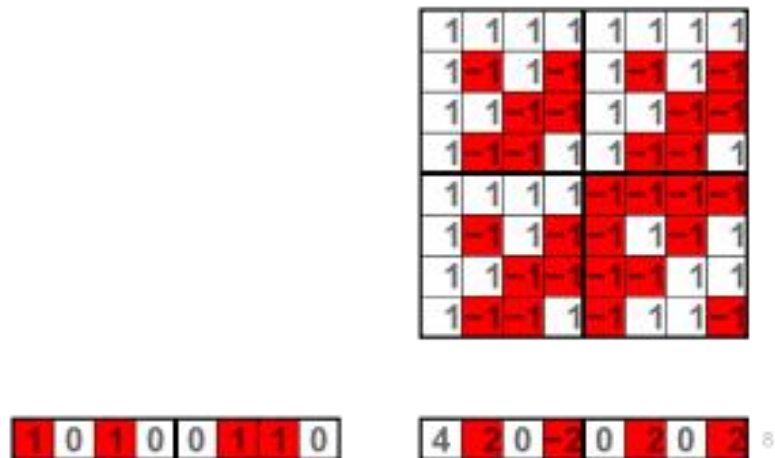


Рис. 3.3 - Результат булевої функції та матриці Уолша

Результат булевої функції та матриці Уолша є її спектр Уолша: $(1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0) \times H(8) = (4, 2, 0, -2, 0, 2, 0, 2)$ (рис. 3.3).

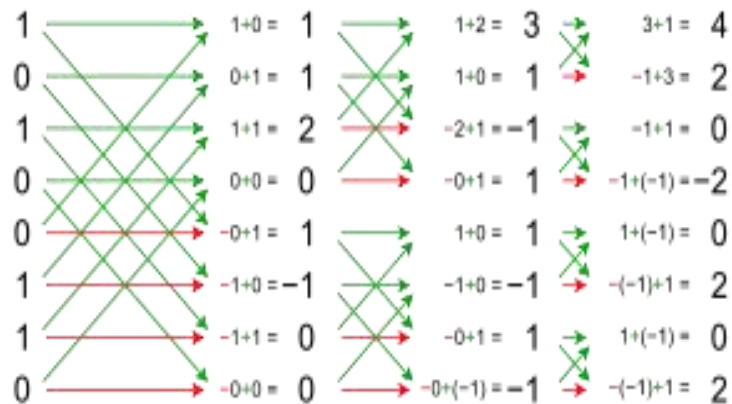


Рис. 3.4 - Швидке перетворення Уолша-Адамара

Швидке перетворення Уолша-Адамара, швидший спосіб обчислення спектра Уолша (1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0) (рис. 3.4-3.5).

$$\begin{aligned}
 f_{\dots}(000) &= \frac{1}{8} (+4+2+0+(-2)+0+2+0+2) = 1 \\
 f_{\dots}(100) &= \frac{1}{8} (+4-2+0-(-2)+0-2+0-2) = 0 \\
 f_{\dots}(010) &= \frac{1}{8} (+4+2-0-(-2)+0+2-0-2) = 1 \\
 f_{\dots}(110) &= \frac{1}{8} (+4-2-0+(-2)+0-2-0+2) = 0 \\
 f_{\dots}(001) &= \frac{1}{8} (+4+2+0+(-2)-0-2-0-2) = 0 \\
 f_{\dots}(101) &= \frac{1}{8} (+4-2+0-(-2)-0+2-0+2) = 1 \\
 f_{\dots}(011) &= \frac{1}{8} (+4+2-0-(-2)-0-2+0+2) = 1 \\
 f_{\dots}(111) &= \frac{1}{8} (+4-2-0+(-2)-0+2+0-2) = 0
 \end{aligned}$$

Рис. 3.5 – Результат перетворення Уолша-Адамара

Вихідна функція може бути виражена через її спектр Уолша як арифметичного многочлена.

Перетворення Адамара також використовується в шифруванні даних, а також у багатьох алгоритмах обробки сигналів та стиснення даних, таких як JPEG XR та MPEG-4 AVC.

У програмах для стиснення відео він зазвичай використовується у вигляді суми абсолютних перетворених різниць. Це також важлива частина значної кількості алгоритмів квантових обчислень.

Перетворення Адамара також застосовується в експериментальних методах, таких як ЯМР, мас-спектрометрія та кристалографія. Він додатково використовується в деяких версіях хешування з урахуванням розташування, щоб отримати псевдовипадкові повороти матриці (рис.3.6).

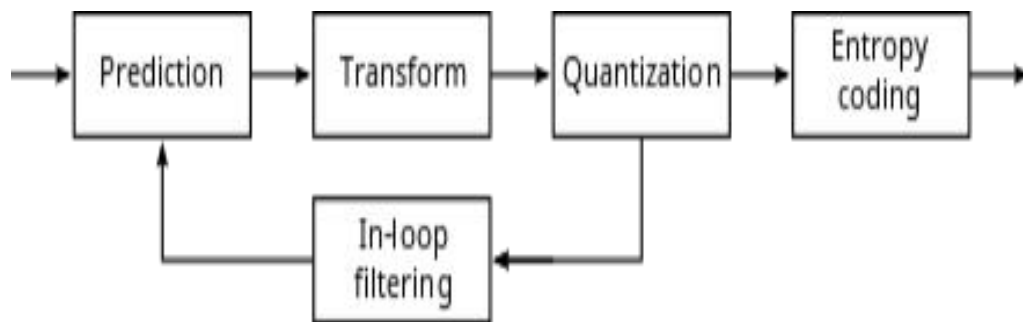


Рис. 3.6 - Етапи обробки типового відеокодера

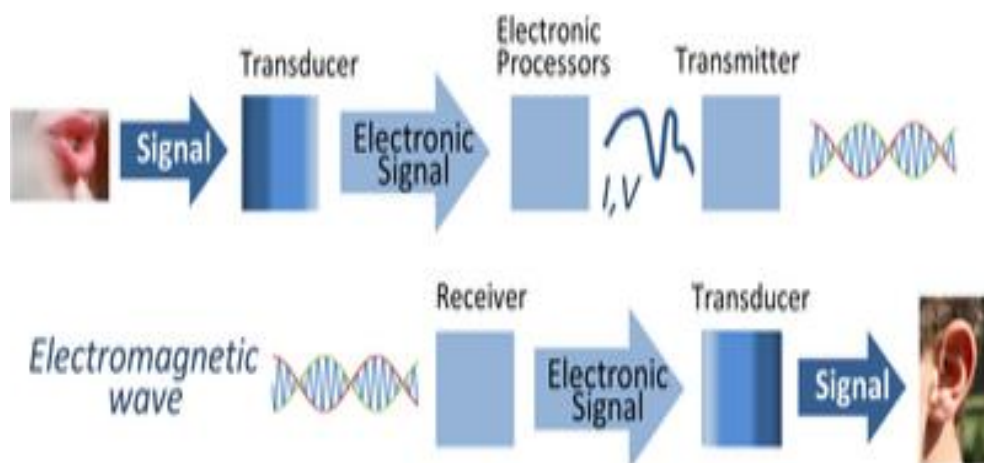


Рис. 3.7 - Схема передача сигналів із використанням електронної обробки сигналів

Передача сигналів із використанням електронної обробки сигналів. Перетворювачі перетворюють сигнали інших фізичних форм форми електричного струму або напруги, які потім обробляються, передаються у вигляді електромагнітних хвиль, приймаються і перетворюються іншим перетворювачем в остаточну форму (рис. 3.7).

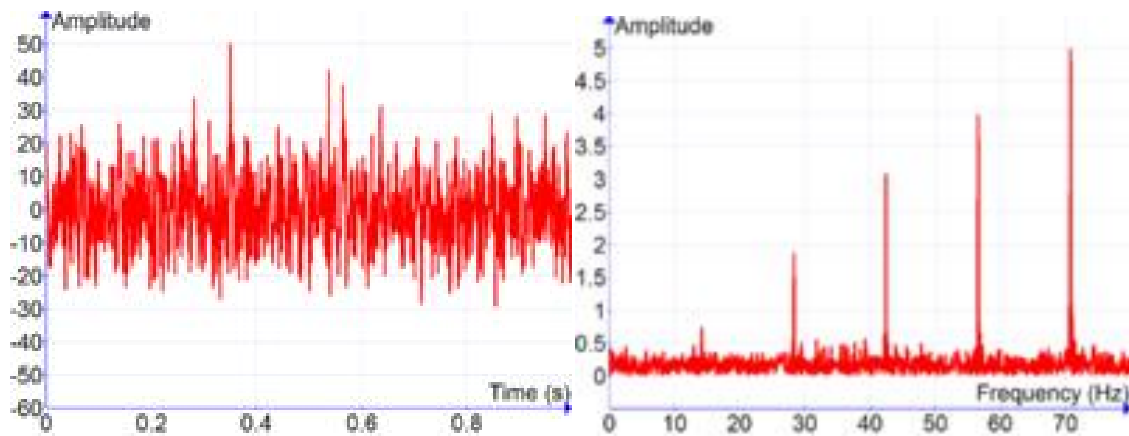


Рис. 3.8 – Зовнішній вигляд сигналу

Сигнал зліва виглядає як шум, але метод обробки сигналу, відомий як оцінка спектральної густини, показує (праворуч), що він містить п'ять чітко визначених частотних компонентів (рис. 3.8).

Перетворення Уолша-Адамара – це несинусоїдальний, ортогональний метод перетворення, який розкладає сигнал на набір базових функцій. Ці базові функції є функціями Уолша, які являють собою прямокутні або квадратні хвилі зі значеннями +1 або -1.

Перетворення Уолша-Адамара повертає значення послідовності. Послідовність є більш узагальненим поняттям частоти і визначається як половина середньої кількості нульових перетинів за одиницю інтервалу часу.

Кожна функція Уолша має унікальне значення послідовності. Можна використовувати повернені значення послідовності для оцінки частот сигналу в вихідному сигналі.

Перетворення Уолша-Адамара застосується в обробці зображень, обробці мови, фільтрації та аналізу спектра потужностей. Це дуже корисно для зменшення вимог до пропускної здатності та аналізу розширеного спектру. Перетворення Уолша-Адамара має швидку версію, швидке перетворення Уолша-Адамара (FWHT).

Порівняно з DCT, FWHT вимагає менше місця для зберігання і швидше обчислюється, оскільки використовує лише додавання та віднімання, тоді як DCT вимагає складних значень. FWHT здатний подавати сигнали з різкими розривами більш точно, використовуючи меншу кількість коефіцієнтів. Як FWHT, так і зворотний FWHT є симетричними і, отже, використовують однакові процеси обчислення.

3.3. Аналіз результатів стиснення цифрового відео

Наразі питання економії електроресурсів є досить актуальним, оскільки більшість пристроїв є автономними, а отже потребують постійної підзарядки. Наша розробка дасть можливість при незначній втраті якості, яка може бути непомітною для людського ока та не є критичною, набагато довше бути на зв'язку під час роботи чи навчання, під час подорожі чи поїздки за місто. Для батареї це дає також позитивний ефект, тому що кількість циклів заряду зменшується, тому термін експлуатації збільшується.

Перетворення Уолша-Адамара застосується в обробці зображень, обробці мови, фільтрації та аналізу спектра потужностей. Це дуже корисно для зменшення вимог до пропускної здатності та аналізу розширеного спектру.

Перетворення Уолша-Адамара має швидку версію, швидке перетворення Уолша-Адамара (FWHT). Порівняно з DCT, FWHT вимагає менше місця для

зберігання і швидше обчислюється, оскільки використовує лише додавання та віднімання, тоді як DCT вимагає складних значень. FWHT здатний подавати сигнали з різкими розривами більш точно, використовуючи меншу кількість коефіцієнтів. Як FWHT, так і зворотний FWHT є симетричними і, отже, використовують однакові процеси обчислення. FWHT та IFWHT для сигналу x довжиною N визначаються як:

$$y_n = \sum_{i=0}^{N-1} x_i W_{AL}(n, i),$$

$$x_i = \sum_{n=0}^{N-1} y_n W_{AL}(n, i),$$

Всі коефіцієнти FWHT рівні +1 або -1. FWHT може бути зведене до операцій додавання і віднімання (без ділення або множення).

Висновки за розділом 3

Підсумовуючи третій розділ, можемо зробити такі висновки:

1. Розроблено алгоритм дискретного вейвлет-перетворення.
2. Досліджено процес кодування за допомогою перетворення Уолша-Адамара.
3. Проаналізовано результати стиснення цифрового відео обраним методом.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи загальний зміст дипломного проекту, можемо констатувати наступне:

1. Визначено, що цифрове відео є електронним уявленням рухомих візуальних образів як закодованих цифрових даних. Це відрізняється від аналогового відео, яке представляє рухомі візуальні образи у вигляді аналогових сигналів. Цифрове відео складається з серії цифрових зображень, що відображаються у швидкій послідовності

2. З'ясовано, що у теорії інформації стиснення даних, вихідне кодування або зменшення швидкості передачі - це процес кодування інформації з використанням меншої кількості бітів, ніж вихідне уявлення. Будь-яке конкретне стиск може бути або з втратами, або без втрат. Стиснення без втрат зменшує кількість бітів за рахунок виявлення та усунення статистичної надмірності. При стисканні без втрат інформація не втрачається. Стиснення із втратами зменшує біти, видаляючи непотрібну або менш важливу інформацію. Зазвичай пристрій, що виконує стиснення даних, називають кодером, а пристрій, що виконує зворотний процес (розпаковування) - декодером. Процес зменшення розміру даних часто називають стиском даних. У контексті передачі це називається вихідним кодуванням; кодування, яке виконується в джерелі даних перед їх збереженням або передачею.

3. Окреслено, що двома ключовими методами стиснення відео, що використовуються у стандартах кодування відео, є дискретне косинусне перетворення (DCT) та компенсація руху (MC). Більшість стандартів відеокодування, таких як формати H.26x і MPEG зазвичай використовують відеокодування DCT з компенсацією руху (блочна компенсація руху). Більшість відеокодеків використовуються разом з методами стиснення звуку для зберігання окремих, але потоків даних, що доповнюють один одного, у вигляді одного

комбінованого пакета з використанням так званих контейнерних форматів. Будь-який метод стиснення реалізує три основні етапи:

- етап попередньої обробки (фільтрація шумів);
- основне перетворення;
- кодування й упакування компонент перетворення.

4. Проведене дослідження показало, що, хоча більшість методів стиснення відео є дуже вузько направлені і застосовуються для відео файлів, що відповідають тим чи іншим конкретним умовам, коли річ йде про повно кольорове високоякісне відео (таке як відеозапис реальних подій) одними з найкращих алгоритмів являються дискретні косинус перетворення і дискретні вейвлет перетворення. Зважаючи на це, вейвлети мають певні переваги перед ДКП так як дають більш приємне для людського ока згладжування, дозволяють регулювати рівень стиснення і можуть бути застосовані багаторазового до одного зображення.

Отже, в у ході розробки додатку ми дійшли висновку, що за допомогою швидкого перетворення Уолша-Адамара є можливість значно зменшити енергозатрати для пристроїв при здійсненні наступних дій:

- перегляд відеозаписів та стрімів;
- відеодзвіник та відео конференції;
- запис відео.

Таким чином, у користувачів буде можливість або відтворювати відео в стандартному режимі у коротший проміжок часу, оскільки енергозатратність батареї буде більшою, або економити до 40% енергозатратності свого пристрою, втративши лише 3-7% якості відео.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айфічер Е., Джервіс Б. Цифрова обробка сигналів. Практичний підхід. Пер. з англ.: 2-е вид. – Київ: Віл’ямс, 2004. – С. 29-38.
2. Артюхов О. І., Герасимов В. В., Кузнєцов С. В. Стиснення зображень за допомогою використання вейвлет-перетворень. // ВС/NW. – 2013. – № 2. – С. 3-8.
3. Астаф’єва Н. М. Вейвлет-аналіз: основи теорії і приклади застосування / Н. М. Астаф’єва // «Успіхи фізичних наук». – 1996. – Т. 166. – №11. – С. 1145-1170.
4. Бенілов О. І. Вейвлет-аналіз і його застосування для стиснення мультимедійної інформації / О. І. Бенілов, С. Д. Погорілий // – К.: КНУ імені Т. Г. Шевченко, 2002.- С. 12-18.
5. Борисов Ю. І. Нейромережеві методи обробки інформації і засоби їх програмно-апаратної підтримки / Борисов Ю. І, Кашкаров В. М., Сорокін С. А. // Відкриті системи. – 1997.– № 4. – С. 38 – 40.
6. Ватолін Д., Ратушняк А., Смірнов М., Юкін В. Методи стиснення даних. Пристрій архіваторів, стиснення зображень і відео. М.: ДІАЛОГ-МІФІ, 2003. - 384 с.
7. Вороновський Г. К., Махотило К. В., Петрашев С. Н., Сергєєв С. А. Генетичні алгоритми, штучні нейронні мережі і проблеми віртуальної реальності. - Заповне. - Х.: ОСНОВА, 1997. - С. 100-112.
8. Вудс Р., Гонсалес Р. Цифрова обробка зображень //М.: Техносфера. - 2005. – С. 6-34.
9. Глушков В. М., Амосов М. М., Артеменко І. О. Енциклопедія кібернетики. Том 2. Київ, - 1974. – С. 33-54.
10. Головач Ю. Складні мережі / Ю. Головач, О. Олємской, К. фон Фербер та ін. // Журнал фізичних досліджень. - 2006. - 10, № 4. - С. 247-289.

11. Горелик О. Л. Методи розпізнавання / А. Л. Горелик, В. О. Скрипкін. – М.: Вища школа, 1984, 2004. – 262 с.
12. Дейч А. М. Методи ідентифікації динамічних об'єктів. – М: Енергія, 1979 – 240 с.
13. Дрьомін І.М. Вейвлети та їх використання / І.М. Дрьомін, О. В. Іванов, В. О. Нечитайло // «Успіхи фізичних наук». – 2001. – Т. 171. – № 5. – С. 465-501.
14. Інтернет-ресурс. – Нейромережеве відображення дійсності. – Режим доступу: http://studies.in.ua/mpd_seminar/1313-neyrmerezh.html .
15. Клименко Л. О. Козелков О. О. Анализ методов сжатия цифрового изображения. Системы обработки информации. Харьков : 2004. - Вып. 2. - С. 191-194.
16. Комашинський В. І. Смирнов Д. О. Ведення у нейро-інформаційні технології. / В. І. Комашинский, Д. А. Смирнов - СПб, 1999. – С. 33-48.
17. Селомон Д. Стиснення даних, зображень і звуку. М.: Техносфера, 2004. 368 с.
18. Семенюк В. В. Економне кодування дискретної інформації. СПб: СПбГІТМО (ТУ), 2001. - 115 с.
19. Соколов В. Ю. Інформаційні системи і технології: Навчальний посібник – Київ ДУІКТ. - 2010. – С. 33 - 49.
20. Ожиганов О. О., Тропченко О. А., Тропченко О. Ю. Модифікований фрактальний метод стиснення багаторівневих зображень. // Інформаційні технології. 2003. - № 4. – С. 28-39.
21. Річардсон Я. Відеокодування. H.264 и MPEG-4 – стандарти нового покоління. М.: Техносфера, 2005. - 368 с.
22. Фрактали та вейвлети для стиснення зображень у дії / С. Уелстид. // Тріумф. – 2003. – С. 33-42.
23. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах : навч. посіб. / О. В. Дробик, В. В. Кідалов, В. В. Коваль, Б. Я. Костік, В. С. Лазебний, Г. М. Розорінов, Г. О. Сукач. Київ : Наукова думка, 2008. - 144 с.

24. Устінова Г. М. Інформаційні системи менеджмента. / Навч. посіб. – СПб.: «ДіаСофтЮП», 2000. – 204 с.
25. Уосермен Ф. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика. Переклад українською І. Ю. Юрчак, 2001 р. – С. 3-15.
26. Шапіро Л., Стокман Д. Комп'ютерний зір // М.: Біном. Лабораторія знань. - 2006. - Т. 752. – С. 66-69.
27. Ясін А. С. Цифрова вейвлет-фільтрація зашумлених даних: вплив порогового рівня і вибору вейвлета / А. С. Ясін, А. Н. Павлов, А. Е. Храмов // Радіотехніка та електроніка. – 2016. – Т. 61. – № 2. – С. 149-155.
28. Antonini M. Image coding using wavelet transform / M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, I. Daubechies // IEEE transactions on image processing : a publication of the IEEE Signal Processing Society. — 1992. — Vol. I, No. 2. — P.194–205.
29. Daubechies I. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis / I. Daubechies // IEEE Transactions Information Theory. - 1990. - Vol. 36. - P. 961–1005.
30. Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC), 2003.
31. Image and Video Coding – Emerging Standards and Beyond. // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1997. V. 8. № 7. P. 814–837.
32. Lees K. Image compression using wavelets / K. Lees // 1999. ISIE'99. — 2002. – P. 3-12.
33. Loeffler C., Ligtenberg A., Moschytz G. Practical Fast 1-D DCT Algorithms with 11 Multiplications. Proc. Int'l. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing 1989 (ICASSP '89). – 991p.
34. Mallat S. Understanding image transform codes / S. Mallat, F. Falzon // Proc. SPIE Aerospace Conf. – 1997. – P. 56-62.
35. Salamon J. A Dataset and Taxonomy for Urban Sound Research / J. Salamon,

C. Jacoby, J. Bello. // 22nd ACM International Conference on Multimedia, Orlando USA.
– 2014 – P.13-19.

ДОДАТКИ

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Людина значну частину свого життя витрачає на працю, і тому від умов праці, рівня її безпеки залежать працездатність і продуктивність праці, якість роботи, стан здоров'я. Необхідність забезпечення здорових і безпечних умов праці зумовлює потребу проведення заходів з підвищення безпеки виробничого середовища.

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, гігієнічних і лікові-профілактичних заходів і коштів, які забезпечують безпеку, зберігання здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Забезпечення безпеки відбувається в результаті діяльності, що дозволяє запобігти, чи локалізувати або ліквідувати як наявні, так і потенційні джерела небезпеки.

Людина постійно випробує на собі вплив різноманітних чинників, багато з яких є несприятливими для її здоров'я й активної діяльності. Вивчення цих чинників і уміння знизити їхній негативний вплив сприяло протягом всієї історії виживанню людства і дозволяє йому існувати в сучасному світі.

4.1. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на працівників рентгенодіагностичного кабінету.

Охорона праці робітників, має важливе значення, тому що її мета - забезпечення безпеки і нормальних умов праці. У процесі діяльності людина взаємодіє з виробничим середовищем, а воно, у свою чергу, чинить на організм людини певний вплив. Сукупність факторів виробничого середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, називають умовами праці.

У процесі виробничої діяльності на людину можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

ГОСТ 12.0.003-74 (Заміна від 1999 року. Міждержавний стандарт)"Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація." Встановлює класифікацію елементів умов праці, які виступають у ролі небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечний виробничий фактор може привести до травми внаслідок прояву безпосереднього зовнішнього впливу на людину, а шкідливий виробничий фактор може призвести до захворювання або зниження працездатності в результаті дистанційних зовнішніх впливів.

За ступенем впливу на організм людини шкідливі речовини за Міжнародним стандартом 12.1.007-76 поділяють на класи безпеки:

- Надзвичайно небезпечні;
- Високо небезпечні;
- Помірно небезпечні;
- Малонебезпечні.

Небезпечними називаються виробничі фактори, вплив яких на організм людини в певних умовах призводить до травми або іншого раптового різкого погіршення здоров'я. Якщо ж виробничий фактор призводить до захворювання або зниження працездатності, то його називають шкідливим.

По природі дії вони поділяються на чотири групи:

- Фізичні;
- Хімічні;
- Біологічні;
- Психофізіологічні.

Фізичні фактори:

- Підвищення температури повітря робочої зони;
- Понижена вологість повітря;

- Нервово-психічні перевантаження;

Нервово-психічні перевантаження включають:

- Розумове перенапруження;

- Монотонність праці;

- Перенапруження аналізаторів.

Розглянемо кожен з наведених вище факторів більш детально.

Підвищена температура повітря

Робота лікаря, що проводить рентгенодіагностичне обстеження, належить до I (легкої) категорії робіт. Отже, оптимальна температура в холодну та перехідну періоди року повинна бути 20-23 °, а в холодну – 23-25 °.

Джерелами тепла в рентгенодіагностичному кабінеті є опалювальні прилади, обладнання, прилади освітлення, сонячні промені.

Внаслідок великого потовиділення порушується водно-сольовий баланс організму, що може спричинити захворювання нирок, шлунково-кишкового розладу, порушення вищої нервової діяльності.

Нервово-психічні перевантаження

Нервово-психічні перевантаження працівників кабінету відбуваються через специфіку роботи. Розумове перенапруження пов'язане з потребою працювати з великими обсягами інформації. Внаслідок того, що працівники відділу більшу частину часу проводять за роботою з рентгенівськими зображеннями, то відбувається перенапруження аналізаторів. Оскільки робота з рентгенодіагностичними апаратами не відрізняється особливою різноманітністю, то має місце монотонність праці.

Всі перераховані вище фактори негативно впливають на працеспроможність людини, а також на її здоров'я. Людина відчуває постійну втому і сонливість, втрачає здатність правильно аналізувати роботу нервової системи, притупляється сприйняття. Щоб уникнути нервово-психічних

перевантажень треба правильно спланувати робочий час. Розумові перенапруження знімаються короткочасними перервами, які дають можливість відпочити аналізаторам. У період роботи з дисплеєм необхідно через кожні 40-45 хв. робити 3-х - 5-ти хвилинні перерви для відпочинку. Середня сумарна робота з відеотерміналом за день не повинна перевищувати 4 години, а за тиждень 20 годин. Дуже добре під час перерви встати з робочого місця і порухатися. Монотонність праці можна подолати естетичним оформленням інтер'єра робочого приміщення, озелененням, раціональним розподілом обсягу робіт.

4.2 Організаційні та технічні заходи щодо виключення або зменшення рівня небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні рентгенодіагностичного кабінету.

Аналізуючи дані з певних шкідливих чинників, що діють на працівників рентгенодіагностичного кабінету, пропонується комплекс заходів для збереження працездатності та профілактики шкідливого впливу. Заходи розроблені таким чином, щоб усунути причину виникнення шкідливого чинника, або знизити його. Правильний підхід до усунення шкідливих факторів дасть можливість підвищити продуктивність і культуру праці.

Підвищена температура повітря робочої зони

Зниження температури повітря робочої зони можливо внаслідок підвищення обміну повітря через системи вентиляції та кондиціонування повітря. Ці системи повинні бути виконані відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря". Великий резерв зниження температури повітря в приміщенні перебуває у використанні жалюзей світлих тонів, які перешкоджають прямому проникненню сонячних променів відображаючи їх від своєї світлої поверхні.

Знижена вологість повітря

У приміщенні відносна вологість повітря повинна бути 40 - 60%. Це забезпечується за допомогою побутових зволожувачів типу "Іон" або локальних систем створення мікроклімату.

4.3. Розрахунок штучного освітлення

Виробниче освітлення нормується нормативно-технічними документами ДБН В.2.5.-28–2006.

При розрахунку освітленості виробничих приміщень необхідно визначити систему освітлення, вибрати тип джерела світла і тип світильників, визначити розряд приміщення відповідно до санітарних норм норму освітленості; розмістити світильники, розрахувати освітленість на робочих поверхнях, уточнити кількість світильників і визначити одиничну потужність ламп. При виборі типу джерела світла перевагу слід віддати газорозрядним лампам як найбільш економічним. Такі лампи застосовуються в приміщеннях, не освітлених природним світлом, де виникає необхідність тонко розрізняти кольори і виконувати точні роботи.

Розрахунок електричного освітлення виробляємо методом коефіцієнта використання світлового струму. Величина світлового потоку визначається за формулою:

$$\Phi = (E \cdot k \cdot s \cdot z) / (N \cdot \eta \cdot 0.8),$$

де Φ - світловий потік, лм;

E - задана мінімальна освітленість 300 лк;

k - коефіцієнт запасу, який дорівнює 1.5 для розрядних ламп;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, 1.1;

N - число світильників;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

0.8 - коефіцієнт затемнення.

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку знаходимо індекс приміщення i , по якому за допомогою таблиці оцінюємо коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення:

$$i = (A \cdot B) / (h \cdot (A + B)),$$

де A - довжина приміщення, 6 м.,

B - ширина приміщення, 4 м.,

h -висота підвісу світильників, 3 м.

$$i = (6 \cdot 4) / (3 \cdot (6 + 4)) = 0.8$$

По таблиці наближених значень коефіцієнти відбиття стін, стелі та розрахункової поверхні:

$g_n = 70\%$, $g_c = 50\%$, $g_p = 30\%$. Вибираємо тип світильника для нормальних умов середовища - МП-0.8, що має дві лампи потужністю 80 Вт кожна. У такому випадку знаходимо по таблиці, що коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0.33$. При розрахунку люмінесцентного освітлення спочатку вибирається число рядів n і підставляється в формулу замість N . Визначаємо величину світлового потоку ламп одного ряду:

$$\Phi = (300 \cdot 1.5 \cdot 2.4 \cdot 1.1) / (2 \cdot 0.33 \cdot 0.8) = 22500 \text{ лм}$$

Для даного світильника пропонуємо лампи типу Т8 потужністю 80 Вт, що мають після 100 годин роботи 3380 лм. Загальний світловий потік світильника складе тоді 6760 лм. Визначаємо кількість світильників у ряді:

$$N = \Phi / \Phi' = 22500/6760 = 3 \text{ шт.}$$

Приймаються кількість світильників у ряду рівне трьом. Таким чином для раціонального штучного освітлення робочих місць лікаря та забезпечення освітлення 300 лк, я пропоную встановити 3 ряди (по 3 в кожному) світильників типу ТМФЗ31DG218, що мають 2 люмінесцентні лампи типу Т-8.

Захист від виробничого шуму техніка з обслуговування рентгенодіагностичного комплексу

Відповідно до ДНАОП 0.03-3.14-85 характеристикою постійного шуму на робочих місцях є середньоквадратичні рівні тисків. У приміщеннях з ПЕОМ рівні

звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99. Рівні шуму на робочих місцях осіб, що працюють з ПЕОМ, визначені ДСанПіН 3.3.2-007-98, та не повинні перевищувати 50дБА.

У лабораторії де працює технік з обслуговування рентгенодіагностичного комплексу, джерелами шуму, як правило, є технічні засоби, такі як - комп'ютер, принтер, вентиляційне устаткування, а також зовнішній шум. Вони видають досить незначний шум, тому в приміщенні достатньо використовувати звукопоглинання. Шуму, що проникає в приміщення ззовні зменшується конструкцією будівлі, а також встановленими звукоізолюючими вікнами.

До звуковбирних матеріалів відносяться лише ті, коефіцієнт звукопоглинання яких не нижче 0.2. Звуковбирні облицювання із скловолокна з оболонкою зі склотканини (натяжна/підвісна стеля) розміщено на стелі. Максимальне звукопоглинання досягнуто, так як облицьовано не менш 60% загальної площі поверхонь приміщення.

4.4 Забезпечення пожежної безпеки

Причини виникнення пожеж

Основними нормативними документами в Україні, що забезпечують пожежну безпеку є відповідно Кодекс цивільного захисту України та нормативні акти НАПБ А.01.001-2014 і НАПБ Б.03.002-2007.

Пожежна безпека - це такий стан об'єкта, при якому з регламентованої ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей шкідливих і небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Розглянуте приміщення рентгенодіагностичного кабінету по пожежонебезпеці відноситься до зони класу П-Іа (наявність твердих волокнистих горючих речовин). До палих матеріалів, що знаходиться в приміщенні, відноситься меблі, папір, тканина, паркетна підлога.

Категорія даного приміщення згідно НАПБ А.01.001-2014 по пожежній небезпеці відноситься до категорії "В" –пожежонебезпечні.

Основними причинами пожеж в службових приміщеннях є:

- несправність обладнання та порушення технологічного процесу;
- несправність і перевантаження електричних пристроїв;
- необережне поводження з вогнем;
- порушення правил пожежної і вибухової безпеки.

Профілактика пожеж, загорянь

Основним завданням профілактичної роботи на об'єктах є:

- усунення причин, які можуть спричинити виникнення пожежі;
- здійснення заходів, що обмежують розповсюдження пожежі у випадку його виникнення;
- створення умов для успішної евакуації людей, майна та обладнання при пожежі;
- проведення заходів, що забезпечують успішну ліквідацію пожежі підрозділами пожежної охорони.

Недопущення пожеж, загорянь та вибухів при несправності обладнання та порушення технологічного процесу, може бути досягнуто в результаті підвищення відповідальності обслуговуючого персоналу та інженерно-технічних працівників за якість монтажу, технічного нагляду, своєчасне проведення перевірок і планових ремонтів технологічного обладнання, а також за дотримання технологічного регламенту експлуатації.

Підсиливши контроль за суворим дотриманням правил пристроїв електроустановок при монтажі електрообладнання та правильної її експлуатації, можна звести до мінімуму і причину виникнення пожежі від несправності або перевантаження електричних пристроїв.

Для того, щоб забезпечити безпечне, в пожежному відношенні, перебування людей необхідно:

- конструктивно-планувальне рішення приміщень, що гарантує можливість здійснення швидкої евакуації людей у разі виникнення пожежі;
- мати запасний вихід та плакат із зображенням плану евакуації персоналу;
- недопущення застосування горючих матеріалів, а також матеріалів, здібних швидко поширювати горіння поверхні.
- встановити з боку адміністрації систематичний контроль за дотриманням заходів безпеки при експлуатації електроустановок, електроприладів;
- підтримувати наявну в будинку систему оповіщення про пожежу СДПУ-1 з сповіщувачами типу КН-1.

В будівлях категорії "В" на кожні 500-600 м² площі повинні бути передбачені вогнегасники ВВК-5.

4.5 Інструкція з охорони праці під час роботи у рентгенодіагностичному кабінеті

Перед початком роботи працівник рентгенодіагностичного кабінету повинен зробити огляд робочого місця і перевірити справність електропроводки, заземлення і систем пожежної охорони.

Після попереднього огляду, якщо не виявлено ніяких несправностей дозволяється приступати до роботи в установленому порядку. Якщо виявлені які-небудь дефекти чи несправності, то слід їх усунути (якщо вони не значні) або повідомити у відповідні служби.

Категорично забороняється працювати на несправних рентгенодіагностичних приладах, наапаратах зі знятим або пошкодженим корпусом.

Завжди слід пам'ятати про можливість поразки електричним струмом під час роботи з електроприладами.

При сильній освітленості приміщення прямими сонячними променями в уникнення освіти відблисків на моніторах комп'ютера слід зашторити вікна.

Навпаки при слабкій освітленості слід включити додаткове освітлення, щоб створити нормальні умови праці.

За станом мікроклімату (параметрами повітря) слід стежити за допомогою кондиціонера.

При появі ознак несправності необхідно негайно припинити роботу і відключити електроживлення.

Слід давати технологічну перерву обладнанню, якщо таке передбачається інструкцією з експлуатації обладнання.

Після закінчення роботи слід вимкнути електроживлення, привести робоче місце в порядок і переконатися у відсутності включених електроприладів і агрегатів, заохлити рентгенодіагностичний апарат, запобігаючи потрапляння пилу.

Вимоги до режимів праці та відпочинку техніка з обслуговування рентгенодіагностичного комплексу

Збереження високої продуктивності праці техніка з обслуговування рентгенодіагностичного комплексу досягається методами дотримання раціонального режиму праці та відпочинку шляхом:

- створення організаційних умов для поступового входження у працю на початковій стадії роботи. Планування виробничих завдань проводиться з урахуванням того, що роботу варто починати з якомога простіших елементів, поступово переходячи до більш складних;

- планування ритмічної роботи, що дає можливість технікові рівномірно виконувати етапи виробничих завдань, що завершуються перервою на відпочинок;

- урахування того, що час на відпочинок, який надається для зниження втоми, використовується згідно з характером виконаної роботи. Зняттю втоми сприяє зміна форм діяльності;

- планування режиму відпочинку працівників таким чином, що повністю використовується можливість кімнати психологічного розвантаження та інші

форми активного відпочинку, особливо у другий період робочої зміни, коли розвивається виражена втома.

В лабораторії встановлено такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі техніка призначено регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години. Режим праці та відпочинку тих, хто працює з ЕОМ, визначається в залежності від виконуваної роботи відповідно до ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Висновки

У даному розділі дипломної роботи розглянуті основні питання з техніки безпеки і організації умов праці, проведено аналіз і розрахунок шкідливих виробничих факторів, відповідно до норм охорони праці. Зроблена оцінка і характеристика з охорони праці і пожежної безпеки приміщень і середовища, в яких експлуатується пристрій.

Відповідно до санітарних норм освітленості був вибраний тип джерела світла і тип світильників. Проведений розрахунок освітленості виробничих приміщень, що покращує умови зорової роботи та знижує втомлюваність.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Незважаючи на певні досягнення в природоохоронній діяльності в окремих країнах (Німеччина, США, Велика Британія, Китай, Японія, Нідерланди), на зростання занепокоєності людей станом природи своїх регіонів та біосфери в цілому, сьогодення характеризується поглибленням глобальної екологічної кризи, надзвичайно низьким рівнем екологічної освіти й свідомості більшості населення, дальшим нарощуванням промислових та сільськогосподарських потужностей, нещадною експлуатацією всіх видів природних ресурсів, збільшенням забруднень геосфер і накопиченням шкідливих відходів. Екологічна криза другої половини ХХ ст. в історії людства була найбільш глибокою й трагічною, і подолати її надзвичайно важко. Відбувається процес її активізації, що призводить до значних міграцій народів, провокує війни, інші соціальні потрясіння локального, регіонального й навіть глобального масштабу, передусім через дефіцит прісної питної води й енергоресурсів.

5.1 Природні та штучні джерела випромінювання

Іонізуюче випромінювання — цебудь-яке випромінювання, яке прямо або опосередковано викликає іонізацію навколишнього середовища (утворення позитивно та негативно заряджених іонів).

Іонізуюче випромінювання існує протягом всього періоду існування Землі, воно розповсюджується в космічному просторі. Природними джерелами іонізуючих випромінювань є космічні промені, а також радіоактивні речовини, які знаходяться в земній корі.

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо. Як природні, так і штучні іонізуючі

випромінювання можуть бути електромагнітними (фотонними або квантовими) і корпускулярними.

Термін "*іонізуюче випромінювання*" характеризує будь-яке випромінювання, яке прямо або опосередковано викликає іонізацію навколишнього середовища (утворення позитивно та негативно заряджених іонів).

Особливістю іонізуючих випромінювань є те, що всі вони відзначаються високою енергією і викликають зміни в біологічній структурі клітин, які можуть призвести до їх загибелі. На іонізуючі випромінювання не реагують органи чуття людини, що робить їх особливо небезпечними.

Іонізуюче випромінювання існує протягом всього періоду існування Землі, воно розповсюджується в космічному просторі. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини почав досліджуватися після відкриття явища радіоактивності у 1896 р. французьким вченим Анрі Беккерелем, а потім досліджений Марією та П'єром Кюрі, які в 1898 році дійшли висновку, що випромінювання радіо є результатом його перетворення на інші елементи. Характерним прикладом такого перетворення є ланцюгова реакція перетворення урану-238 у стабільний нуклід свинцю-206.

Уран-238 → Торій - 234 → Протактиній - 234 → Уран - 234 → Свинець-206

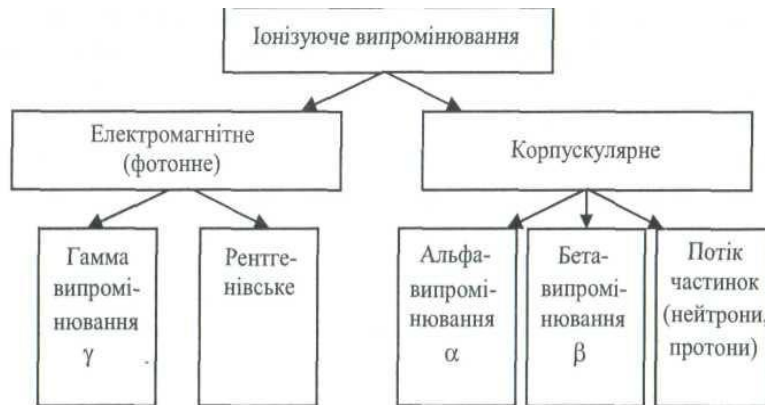
На кожному етапі такого перетворення вивільняється енергія, яка далі передається у вигляді випромінювань. Відкриттю Беккереля та дослідженню Кюрі передувало відкриття невідомих променів, які у 1895 році німецький фізик Вільгельм Рентген назвав X-променями, а в подальшому в його честь названо рентгенівськими.

Перші ж дослідження радіоактивних випромінювань дали змогу встановити їх небезпечні властивості. Про це свідчить те, що понад 300 дослідників, які проводили експерименти з цими матеріалами, померли внаслідок опромінення.

Усі джерела іонізуючого випромінювання поділяються на природні та штучні (антропогенні).

Природними джерелами іонізуючих випромінювань є космічні промені, а також радіоактивні речовини, які знаходяться в земній корі.

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо. Як природні, так і штучні іонізуючі випромінювання можуть бути електромагнітними (фотонними або квантовими) і корпускулярними. Класифікація іонізуючих випромінювань, яка



враховує їх природу, наведена на рис. 5.1.

Рис. 5.1. Класифікація іонізуючих випромінювань

Рентгенівське випромінювання виникає в результаті зміни стану енергії електронів, що знаходяться на внутрішніх оболонках атомів, і має довжину хвилі $(1000 - 1) \cdot 10^{-12}$ м. Це випромінювання є сукупністю гальмівного та характеристичного випромінювання, енергія фотонів котрих не перевищує 1 МеВ.

Характеристичним називають фотонне випромінювання з дискретним спектром, що виникає при зміні енергетичного стану атома.

Гальмівне випромінювання - це фотонне випромінювання з неперервним спектром, котре виникає при зміні кінетичної енергії заряджених частинок.

Рентгенівські промені проходять тканини людини наскрізь.

Гамма (γ)-випромінювання виникають при збудженні ядер атомів або елементарних частинок. Довжина хвилі $(1000 - 1) \cdot 10^{-10}$ м.

Джерелом γ -випромінювання є ядерні вибухи, розпад ядер радіоактивних речовин, вони утворюються також при проходженні швидких заряджених

частинок крізь речовину. Завдяки значній енергії, що знаходиться в межах від 0,001 до 5 MeV у природних радіоактивних речовин та до 70 MeV при штучних ядерних реакціях, це випромінювання може іонізувати різні речовини, а також характеризується великою проникаючою здатністю, у-випромінювання проникає крізь великі товщі речовини. Поширюється воно зі швидкістю світла і використовується в медицині для стерилізації приміщень, апаратури, продуктів харчування.

Альфа (α)-випромінювання- іонізуюче випромінювання, що складається з α-частинок (ядер гелію), які утворюються при ядерних перетвореннях і рухаються зі швидкістю близько до 20 000 км/с. Енергія α-частинок - 2-8 MeV. Вони затримуються аркушем паперу, практично нездатні проникати крізь шкіряний покрив. Тому α-частинки не несуть серйозної небезпеки доти, доки вони не потраплять всередину організму через відкриту рану або через кишково-шлунковий тракт разом із їжею, α-частинки проникають у повітря на 10-11 см від джерела, а в біологічних тканинах на 30-40 мкм.

Бета (β) -випромінювання- це електронне та позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при ядерних перетвореннях. Швидкість β-частинок близька до швидкості світла. Вони мають меншу іонізуючу і більшу проникаючу здатність у порівнянні з α-частинками. β-частинки проникають у тканини організму на глибину до 1-2 см, а в повітрі - на декілька метрів. Вони повністю затримуються шаром ґрунту товщиною 3 см.

Потоки нейтронів та протонів виникають при ядерних реакціях, їх дія залежить від енергії цих частинок.

Контакт з іонізуючим випромінюванням являє собою серйозну небезпеку для життя та здоров'я людини.

Однак при виконанні певних технічних та організаційних заходів цей вплив можна звести до безпечного.

Енергію частинок іонізуючого випромінювання вимірюють у позасистемних одиницях електрон-вольтах, eV. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ (Дж).[1].

5.2 Основні характеристики випромінювання

Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань надзвичайно важливими при вивченні питання безпеки для здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто **радіоактивне випромінювання**.

Однією з основних характеристик джерела радіоактивного випромінювання є його активність, що виражається кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу.

Активність A радіонуклідного джерела - міра радіоактивності, яка дорівнює співвідношенню кількості dN самовиникаючих ядерних перетворень у цьому джерелі за невеликий інтервал часу dt до цього інтервалу часу:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Одиниця активності - кюрі (Ки), $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ ядерних перетворень за 1 секунду. В системі СІ одиниця активності - бекерель (Бк). 1 Бк дорівнює 1 ядерному перетворенню за 1 секунду або 0,027 нКи.

Небезпека, викликана дією радіоактивного випромінювання на організм людини, буде тим більшою, чим більше енергії передасть тканинам це випромінювання. Кількість такої енергії, переданої організму, або поглинутої ним, називається *дозою*.

Розрізняють експозиційну, поглинуту та еквівалентну дозу іонізуючого випромінювання.

Ступінь іонізації повітря оцінюється за експозиційною дозою рентгенівського або гамма-випромінювання.

Експозиційною дозою (X) називається повний заряд dQ іонів одного знака, що виникають у малому об'ємі повітря при повному гальмуванні

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

всіх вторинних електронів, утворених фотонами до маси повітря dm в цьому об'ємі:

Одиницею вимірювання експозиційної дози є кулон на 1 кг (Кл/кг). Позасистемна одиниця - рентген (Р); $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Експозиційна доза характеризує потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Біологічна дія іонізуючих випромінювань на організм людини, в першу чергу, залежить від поглинутої енергії випромінювання.

Поглинута доза випромінювання (D) - це фізична величина, яка дорівнює співвідношенню середньої енергії, переданої випромінюванням речовині в деякому елементарному об'ємі, до маси речовини в ньому:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

де E - енергія (Дж);

m - маса речовини (кг).

Одиниця вимірювання поглинутої дози - грей (Гр.); $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Застосовується також позасистемна одиниця - рад. $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Однак поглинута доза не враховує того, що вплив однієї і тієї самої дози різних видів випромінювань на окремі органи і тканини, як і на організм в цілому, неоднаковий. Наприклад, α -випромінювання спричиняє ефект іонізації майже у 20 разів більший, ніж β - та γ -випромінювання. Для порівняння біологічної дії різних видів випромінювань при вирішенні задач, пов'язаних із радіаційним захистом, НРБУ-97 введено поняття еквівалентної дози в органі або тканині (H_T), величина якої визначається як добуток поглинутої дози в окремому органі або тканині (D_T) на радіаційний зважуючий фактор W_R , величина якого залежить від відносної біологічної ефективності іонізуючого випромінювання, тобто

$$H_T = D_T \cdot W_R.$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - зіверт (Зв). Позасистемна одиниця еквівалентної дози - бер - біологічний еквівалент рада. $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$.

Для оцінки можливих наслідків опромінення організму людини з урахуванням радіаційної чутливості окремих органів і тканин тіла людини НРБУ-97 введено поняття ефективної дози (E), яка визначається як сума добутків еквівалентних доз у тканинах і органах (H_T) на відповідні тканинні зважуючі фактори W_T , тобто

$$E = \sum H_T W_T \text{ (Зв, бер)}.$$

Для органів тіла людини W_T знаходиться в межах від 0,20 (гонади) до 0,01 (шкіра).

5.3 Біологічна дія випромінювання

Радіація за своєю природою шкідлива для життя. Малі дози опромінення можуть «запустити» не до кінця ще встановлений ланцюг подій, що призводить до раку або до генетичних ушкоджень. Випромінювання радіоактивних речовин виявляє дуже сильний вплив на всі живі організми. Навіть порівняно слабе випромінювання, яке при повному поглинанні підвищує температуру тіла лише на $0,001 \text{ }^\circ\text{C}$, порушує життєдіяльність клітин.

При великих дозах радіація може руйнувати клітини, пошкоджувати тканини органів і бути причиною загибелі організму. Ушкодження, викликані великими дозами опромінення, звичайно проявляються протягом декількох годин або днів. Ракові захворювання, однак, проявляються через багато років після опромінення, як правило, не раніше ніж через 1-2 десятиліття. А вроджені пороки розвитку й інші спадкові хвороби, викликані ушкодженнями генетичного апарату, за визначенням проявляються лише в наступних поколіннях: це діти, онуки й більш віддалені нащадки індивідуума, що підпав під дію опромінення.

Іонізуючі випромінювання, впливаючи на організм людини й тварин,

іонізують атоми й молекули, з яких складається жива тканина, викликаючи радіаційні ураження життєво важливих органів. У першу чергу іонізується вода, що входить до складу тканин і органів людини, іони вступають у взаємодію з киснем тканин, утворюючи пероксидні сполуки, які самі є сильними окиснювачами й приводять до змін і загибелі живих клітин.

Отже, в основі первинних, пускових механізмів уражаючої дії іонізуючих випромінювань лежать процеси іонізації й порушення атомів і молекул, їх руйнування, що дає початок утворенню хімічно активних уламків, що вступають згодом у реакції з різними структурами клітин організму. Надалі це призводить до порушення обміну речовин і зміни функцій органів і тканин.

Чутливість біологічних систем і організмів підвищується в міру збільшення маси тіла й ступеня організації організму. Найбільш стійкі до радіації спори, потім рослини, найпростіші організми, найбільш чутливі – тварини (рис.6.2). Вертикальні риски ліворуч вказують рівні, при яких у більш чутливих видів даної групи можуть виникнути серйозні порушення функції розмноження. Риски праворуч вказують рівні, що викликають негайну загибель більшої частини організмів (осіб). Стрілки, спрямовані ліворуч, вказують нижні межі доз, які можуть викликати загибель або ушкодження чутливих стадій життєвого циклу, наприклад, ембріонів.

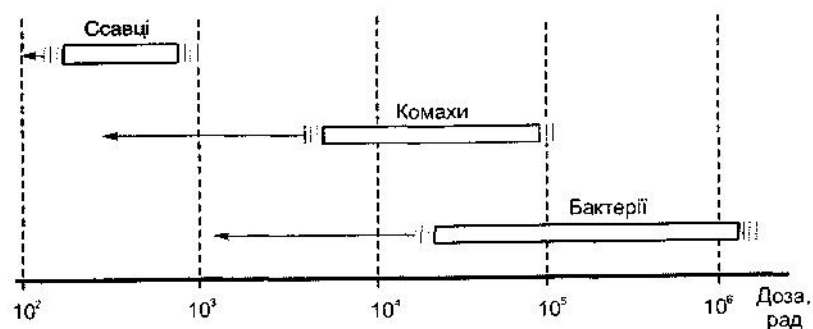


Рис.6.2 - Порівняльна чутливість організмів

Загалом ссавці мають найбільшу чутливість. А мікроорганізми - найбільш

стійкі. Найбільш чутливі до опромінення - клітини, які діляться (цим пояснюється зниження чутливості з віком).

Людину відносять до одного з найбільш чутливих до радіації біологічних об'єктів. Загибель її в 50% випадків спостерігається при дозах опромінення 4 Зв (400 бер) (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 - Дози, при яких 50% опромінених гине впродовж 30 діб

| Біологічний | Доза опромінення, |
|----------------|-------------------|
| Рослини | 10-1500 |
| Найпростіші | 1000 |
| Молюски | 200 |
| Змії | 80-200 |
| Комахи | 10-100 |
| Риби, птахи | 8-20 |
| Миші | 6-15 |
| Пацюки | 7-9 |
| Мавпи | 2,5-6 |
| Людина | 4 |
| Морські свинки | 4 |
| Собаки | 2,4-4 |
| Кози | 3,5 |
| Віслюки | 3 |
| Вівці | 2 |

5.4 Методи захисту довкілля

Питання захисту людини від впливу радіаційних випромінювань постали одночасно з їх відкриттям. Це пояснюється, по-перше, тим, що радіаційне випромінювання швидко почало застосовуватися в науці та на практиці, і, по-друге, комплексом виявлених їхніх негативних впливів на організм людини.

У нашій країні захист працюючих від впливу радіаційного випромінювання забезпечується системою загальнодержавних заходів. Вони складаються з комплексу організаційних і технічних заходів. Ці заходи залежать від конкретних умов роботи з джерелами іонізуючого випромінювання та від типу джерела випромінювання.

Для захисту від *зовнішнього опромінювання*, яке має місце при роботі із закритими джерелами випромінювання, основні зусилля необхідно направити на попередження переопромінення персоналу шляхом:

- збільшення відстані між джерелом випромінювання і людиною (захист відстанню);
- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання (захист часом);
- екранування джерела випромінювання (захист екранами).

Під закритими джерелами радіаційного випромінювання розуміють такі, які виключають можливість потрапляння радіоактивних речовин в навколишнє середовище. У виробничих і лабораторних умовах необхідно якомога швидше застосовувати дистанційне управління роботою обладнання, яке дає можливість виконувати операції з радіоактивними речовинами на відстані.

Захист від внутрішнього опромінення вимагає виключення безпосереднього контакту з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді та попередження потрапляння їх у повітря робочого простору.

Під *внутрішнім опроміненням* розуміють вплив на організм людини випромінювань радіоактивних речовин, що потрапляють всередину організму. На дверях приміщень, у яких проводиться робота з відкритими джерелами радіоактивного випромінювання, повинен знаходитися знак радіаційної небезпеки - на жовтому фоні три червоних пелюстки. Особливе значення при роботі з відкритими джерелами радіоактивного випромінювання має особиста гігієна та засоби індивідуального

захисту працюючого. В залежності від виду виконуваних робіт і небезпечності цих робіт застосовують спецодяг (комбінезони або костюми), спецбілизну, шкарпетки, спецвзуття, рукавиці, респіратори.

Радіоактивні речовини повинні знаходитися в спеціальних приміщеннях. По кожному з них необхідно вести суворий облік надходжень і витрат, щоб виключити можливість їх безконтрольного використання. Порядок транспортування радіоактивних речовин регламентується спеціальними правилами. Радіоактивні речовини перевозять у спеціальних контейнерах і спеціально обладнаним транспортом. До організацій і установ, у яких постійно виконуються роботи з радіоактивними речовинами, підвищені вимоги з охорони праці. Керівництво цих організацій зобов'язане розробити детальні інструкції, в яких викладено порядок проведення робіт, облік збереження та використання джерел випромінювання, збір та знешкодження відходів, порядок проведення дозиметричного контролю. Оцінка радіаційного стану здійснюється за допомогою приладів, принцип дії яких базується на таких методах:

- іонізуючих (вимірювання рівня іонізації випромінювання);
- сцинтиляційних (вимірювання інтенсивності світлових спалахів, які виникають у речовинах, що люмінесціюють при проходженні крізь них іонізуючих випромінювань);
- фотографічних (вимірювання густини почорніння фотопластинки під дією іонізуючого випромінювання).

Результати усіх видів радіаційного контролю повинні реєструватися і зберігатися протягом 30-ти років. При індивідуальному контролі ведуть облік річної дози опромінення, а також сумарної дози за весь період професійної діяльності людини.

Висновки

При вивченні дії на навколишнє середовище іонізуючого випромінювання були виявлені такі особливості:

- висока руйнівна ефективність поглинутої енергії іонізуючого випромінювання, навіть дуже мала його кількість може спричинити глибокі біологічні зміни в організмі;
- присутність прихованого періоду негативних змін в організмі, він може бути досить довгим при опроміненнях у малих дозах;
- малі дози можуть підсумовуватися чи накопичуватися;
- випромінювання може впливати не тільки на даний живий організм, а й на його нащадків (генетичний ефект);
- різні органи живого організму мають певну чутливість до опромінення. Найбільш чутливими є: кришталік ока, червоний кістковий мозок, щитовидна залоза, внутрішні (особливо кровотворні) органи, молочні залози, статеві органи;
- різні організми мають істотні відмінні особливості реакції на дози опромінення;
- ефект опромінення залежить від частоти впливу іонізуючого випромінювання. Одноразове опромінення у великій дозі спричиняє більш важкі наслідки, ніж розподілене у часі.