

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

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.397.13

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Г. Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 «Електроніка»

(код і назва)

на тему: «Шляхи удосконалення технологій архівування
відеоматеріалів»

Виконала: студентка П курсу, групи ДВ-72мп
(шифр групи)

Губинець Валерія Василівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент, к.т.н. Попович П.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

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

Факультет _____ електроніки _____

Кафедра _____ звукотехніки та реєстрації інформації _____

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність _____ 171 «Електроніка» («Електронні та інформаційні технології кінематографії та аудіовізуальних систем») _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Г.Г. Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

_____ Губинець Валерії Василівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи _____ «Шляхи удосконалення технологій архівування відеоматеріалів» _____

керівник роботи _____ Попович Павло Васильович, к.т.н. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 7 » листопада 2018 р. № 4114 -с

2 Строк подання студентом дисертації _____ 12 грудня 2018 р. _____

3. Об'єкт дослідження _____ технологія архівування відеоматеріалів в процесі телевізійного виробництва _____.

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) вплив стиснення відеоданих на якісні показники відеозображень під час архівування, що дозволить зменшити обсяг відеоданих, підготовлених для архівування _____.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____ проаналізувати існуючі системи архівування для телеканалів новин та дослідити проблеми, які _____

виникають під час архівування; дослідити стандарти кодування відеоданих та визначити найбільш ефективні з них для процесу архівування; дослідити методи оцінювання якості та запропонувати метод, що найбільше підходить для оцінювання якості відеозображень в процесі архівування; запропонувати класифікацію відеозображення за їх вмістом типових для телеканалів новин; на базі транскодера зі зворотнім зв'язком розробити систему архівування, що враховує якісні показники відеозображень; експериментально встановити залежність впливу бітового потоку на якість відеозображень різних класів .

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 15 слайдів презентації: характеристика роботи, формулювання завдання роботи, стандарти кодування відеоданих, методи оцінювання якості, класифікація ВП для каналу новин, удосконалена система архівування, експериментальні дослідження, висновки .

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Сучасні тенденції архівування відеоматеріалів», «Особливості застосування відеокодеків в телевиробництві» .

8. Дата видачі завдання 27 вересня 2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	06.03.2018	
2	Написання другого розділу	15.06.2018	
3	Написання третього розділу	15.10.2018	
4	Написання четвертого розділу	05.11.2018	
	Написання п'ятого розділу	26.11.2018	
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	01.12.2018	
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	10.12.2018	

Студент

_____ (підпис)

В.В. Губинець

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

П.В. Попович

_____ (ініціали, прізвище)

УДК 621.397.13

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 95 с., 23 рис., 26 табл., 1 дод., 34 джерела.

АРХІВ, СИСТЕМА АРХІВУВАННЯ, ТЕЛЕВІЗІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО, ВІДЕО КОДЕКИ, БІТОВА ШВИДКІСТЬ, ТРАНСКОДЕР, ЯКІСТЬ ЗОБРАЖЕННЯ

Актуальність роботи полягає у тому, що на сьогоднішній день на телевізійному виробництві залишається невирішеним питанням обмеженої кількості простору для зберігання медіаданих. Для надійного зберігання будують сервери на RAID масивах. Ситуацію покращило в 2014 році впровадження у систему архівування новітніх кодеків сімейства Apple ProRes, що дозволило зменшити обсяг даних для архівування. Але для підвищення ефективності системи архівування необхідно регулювати параметри стиснення відеоматеріалів в залежності від якісних показників відеозображення.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дисертаційної роботи є зменшення обсягу відео даних в процесі архівування шляхом удосконалення технологій архівування за рахунок регулювання параметрів стиснення відеоматеріалів в залежності від якості відеозображення.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати такі *завдання*:

- проаналізувати існуючі системи архівування для телеканалів новин та дослідити проблеми, які виникають під час архівування;
- дослідити стандарти кодування відеоданих та визначити найбільш ефективні з них для процесу архівування;
- дослідити методи оцінювання якості та запропонувати метод, що найбільше підходить для оцінювання якості відеозображень в процесі архівування;
- запропонувати класифікацію відеозображення за їх вмістом типових для телеканалів новин;

- на базі транскодера зі зворотнім зв'язком розробити систему архівування, що враховує якісні показники відеозображень;
- експериментально встановити залежність впливу бітового потоку на якість відеозображень різних класів.

Об'єктом дослідження є технологія архівування відеоматеріалів в процесі телевізійного виробництва.

Предметом дослідження є вплив стиснення відеоданих на якісні показники відеозображень під час архівування, що дозволить зменшити обсяг відеоданих, підготованих для архівування.

Методи дослідження. Під час теоретичних досліджень використано положення теорії радіотехнічних і телевізійних сигналів та методи математичної статистики. Для експериментальних досліджень застосовано такі програмні засоби: *Movavi Video Converter 19 Premium, MSU Video Quality Measurement Tool, Microsoft Office Excel.*

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Запропоновано класифікацію відеозображень відповідно вмісту, що характерні для новинних телеканалів.
2. Розроблено систему архівування для телеканалів новин на базі каскадного транскодера, що враховує якісні показники відеозображення та дозволяє керувати стисненням відеоданих.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження дозволяють вирішити проблему з обмеженістю пам'яті системи архівування телеканалу новин та забезпечити ефективне керування вільним дисковим простором.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, оприлюднені на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «ЕЛЕКТРОНІКА-2018» та науково-технічній конференції студентів, аспірантів та науковців «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі» (2018).

Публікації. Результати досліджень, наведених в дисертації, оприлюднено в таких виданнях:

1. В.В. Губинець. Сучасні тенденції архівування відеоматеріалів / П.В. Попович, В.В. Губинець // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «ЕЛЕКТРОНІКА-2018». – К., 2018, - С. 371-374 (ELCONF-2018, <http://elconf.kpi.ua>);

2. В.В. Губинець. Особливості застосування відеокодеків в телевиробництві / П.В. Попович, В.В. Губинець // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К., 2018, -С. 15.

SUMMARY

The urgency of the work lies in the fact that to date, television production remains unresolved issue of limited space for media storage. For reliable storage, servers are built on RAID arrays.

The subject of the study is the impact of compression of video data on the quality of video images during archiving, which will reduce the volume of video data prepared for archiving.

The classification of video images according to the content characteristic for news channels is proposed. The archiving system for news channels on the basis of a cascaded transcoder is developed, which takes into account the qualitative indicators of the video image and allows to control compression of video data.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП	12
1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ АРХІВУВАННЯ В ТЕЛЕВІЗІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. 13	13
1.1 Системи архівування.....	13
1.2 Вимоги до системи архівування	20
1.3 Відео кодеки.....	21
1.3.1 MPEG-2.....	22
1.3.2 Стандарт H.264.....	24
1.3.3 Стандарт H.265.....	27
1.3.4 Стандарт Apple ProRes	29
1.4 Формулювання завдання дослідження	32
2 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ-ВІДЕОКОНТЕНТУ	34
2.1 Об'єктивні методи оцінювання	37
2.2 Суб'єктивні методи оцінювання	43
2.2.1 Оглядові дослідження.....	44
2.2.2 Експериментальні дослідження.....	44
3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ КЕРУВАННЯ	
ВІДЕОКОНТЕНТУ	48
3.1 Технологічний процес виробництва цифрових телевізійних програм... 48	48
3.2 Концепція транскодера зі зворотнім зв'язком для керування	
відеопотоком за критерієм якості відеозображення	50
3.3 Застосування ранжування відеозображень для керування якістю	
відеоконтенту.....	53
3.4 Алгоритм роботи каскадного транскодера зі зворотним зв'язком з	
різними класами відеозображення.....	54
3.5 Удосконалення системи керування якістю відеоконтенту за критерієм	
якості відеозображення.....	57

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОПОСЛІДОВНОСТІ В СИСТЕМІ АРХІВУВАННЯ.....	61
4.1 Програмне забезпечення.....	61
4.2 Опис та підготовка експерименту.....	67
4.3 Результати експерименту.....	69
4.4 Апроксимація отриманих результатів.....	71
5 СТАРТАП – ПРОЕКТ.....	75
5.1 Опис ідеї проекту	75
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	75
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	76
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	80
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	81
ВИСНОВКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	87
ДОДАТОК А.....	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРМ	–	автоматизоване робоче місце
БЗП	–	буферний запам'ятовувальний пристрій
ВП	–	відеопослідовність
ДКВ	–	деквантування (обернене квантування)
ДКЗД	–	декодер кода зі змінною довжиною слова
ДКП	–	дискретне косинусне перетворення
КБШ	–	контроль бітової швидкості
КВ	–	квантування
ККЗД	–	кодер кода зі змінною довжиною слова
КТЗЗ	–	каскадний транскодер зі зворотним зв'язком
ОАЯ	–	об'єктивний аналіз якості
ОДКП	–	обернене дискретне косинусне перетворення
ТВ	–	телевізійна
АОМ	–	Alliance for Open Media (альянс відкритих медіа)
ЗД	–	3-Dimensional (3Д)
DSCQS	–	Double Stimulus Continuous Quality Scale (метод подвійного стимулу)
DSIS	–	Double Stimulus Impairment Scale (метод порівняння стимулів)
DSL	–	Domain-specific language (предметно-орієнтована мова програмування)
DVD	–	Digital Versatile Disc (цифровий багатоцільовий диск)
HDTV	–	High-Definition Television (телебачення високої роздільної здатності)
HEVC	–	High Efficiency Video Codec (високоєфективне кодування відео)
ISDN	–	Integrated Services Digital Network (цифрова мережа з інтегрованими службами)

ITU	– International Telecommunication Union (міжнародний союз електрозв'язку)
JCT-VC	– Joint Collaborative Team on Video Coding (об'єднана спільна група з відеокодування)
JPEG	– Joint Photographic Experts Group (растровий формат збереження графічної інформації)
JVET	– Joint Video Exploring Team (група спільного дослідження відео)
LAN	– Local Area Network (локальна мережа)
LED	– Light-Emitting Diode (світлодіод)
LTO	– Linear Tape-Open (стандарт запису на магнітну стрічку)
MAM	– Media Asset Management (система управління контентом)
MMS	– Multimedia Messaging Service (послуга мультимедійних повідомлень)
MPEG	– Moving Picture Experts Group (експертна група з питань рухомого зображення)
MSE	– Mean Square Error (середньоквадратичне відхилення)
NAL	– Network Abstraction Layer (синтаксична структура)
ODA	– Optical Disc Archive (технологія для довготривалого архівування)
PSNR	– Peak Signal-to-Noise Ratio (пікове співвідношення сигналу до шуму)
RAID	– Redundant Array of Independent Disks (дисковий масив)
RGB	– Red, Green, Blue (червоний, зелений, синій)
SD	– Secure Digital (стандарт пам'яті)
SSIM	– Structure Similarity (індекс структурної схожості)
SSCQE	– Single-Stimulus Continuous Quality Evaluation (метод одиночних стимулів)
VBR	– Variable Bitrate (змінна бітова швидкість)

ВСТУП

На сьогоднішній день на телевізійному виробництві залишається невирішеним питанням обмеженої кількості простору для зберігання медіаданих. До прикладу, година ефірного запису в FullHD якості займає близько 64 ГБ пам'яті. Якщо не вистачає пам'яті на сервері, то обслуговування хмарними сховищами обходиться за 1 ТБ/рік близько 100 доларів. Для надійного зберігання запропоновано будувати сервери на RAID масивах. Про успішний досвід експлуатації таких систем німецькими радіомовними компаніями, які швидко ввійшли в практику архівування відеоматеріалів, йдеться в роботі [1].

Ситуацію покращило в 2014 році впровадження у систему архівування новітніх кодеків сімейства Apple ProRes. Таким чином, одна година архівного матеріалу при використанні кодеку Apple ProRes Proxu стала займати в 5 разів менше дискового простору. Але при цьому виникла інша проблема – для статичного відео якість залишається високою, але для динамічних відеопослідовностей виникають артефакти. Необхідно оцінювати якість відеоматеріалів. В роботі Н.В. Рудченко [2] запропоновано методи оцінювання якості зображень, які підходять і для класифікації відеоматеріалів, оскільки відео – це набір зображень.

Але для підвищення ефективності системи архівування необхідно регулювати параметри стиснення відеоматеріалів в залежності від якісних показників відеозображення. В роботі П.В. Поповича [3] описано принципи функціонування транскодера відеопотоку в процесі телевиробництва в залежності від якості відеозображення.

Таким чином, виникає завдання з адаптації результатів цієї роботи для систем архівування телеканалу новин, для якого характерний обмежений вміст телевізійних зображень у порівнянні із загальнонаціональними телеканалами.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ АРХІВУВАННЯ В ТЕЛЕВІЗІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

1.1 Системи архівування

Великий обсяг унікальних відеоматеріалів, який накопичувався багато років на телевізійних каналах, не так давно перенесли на цифрові носії, щоб зберегти їх для майбутніх поколінь.

Основними причинами цього стало те, що:

- старі аналогові носії з часом псуються, тому якість зменшується;
- оскільки пристрої, необхідні для доступу та відтворення аналогових носіїв, стають застарілими, придбання та обслуговування таких пристроїв стає дорожчим;
- оцифровка архівів потенційно забезпечує більший доступ до матеріалів, а також дозволяє архіву стати загальнодоступним;
- цифрове сховище переважає з точки зору місця зберігання.

При визначенні формату в який оцифровувати матеріали, дотримувались таких критеріїв: довговічність, самодостатність, ізолюваність, незмінність. Також не менш важливим було створити цифрову копію.

Технічне обладнання дозволило перенести відео з різних типів касет і плівок, які з часом руйнуються, на цифрові носії.

Довготривале і надійне зберігання цифрових копій включає не тільки використання необхідних форматів подання інформації, а й пристрої для зберігання великих об'ємів цифрових даних, які повинні забезпечувати:

- максимальну надійність;
- інформаційну ємність з достатнім об'ємом пам'яті;
- високу швидкість зчитування даних;
- захист даних та метаданих від несанкціонованого доступу.

Виходячи із цих критеріїв та результатів аналізу наявної технології зберігання великих обсягів цифрової інформації (стрічкових бібліотек, компакт-дисків, DVD дисків, дискових масивів), архів обрав систему RAID, яка використовує масив накопичувачів на жорстких дисках. Одним із аргументів щодо такого вибору був успішний досвід експлуатації таких систем німецькими радіомовними компаніями, які швидко ввійшли в практику архівування відеоматеріалів.[1]

Компакт-диски та DVD диски не підходять для довготривалого зберігання аудіовізуальної цифрової інформації. Отже, для зберігання цифрових копій в архіві обрано цифрове сховище, яке являє собою сервер і вказану систему зберігання. Сама ж система є оптимальним варіантом одночасного вирішення завдань зручного використання і довготривалого зберігання аудіовізуальних матеріалів.

Важливим аспектом є проблеми довготривалого зберігання цифрових копій – стрімка зміна поколінь цифрових носіїв і апаратно-програмного забезпечення.

Комплекс обладнання дозволив не тільки оцифрувати старі матеріали, але і в реальному часі архівувати продукти, які створюються на телеканалі зараз.

За останні роки технологія телебачення повністю змінилася. Аналогове передавання від величезних антен до громіздким приймачів електронно-променевої трубки була замінена цифровою передачею від антен, супутників і волоконно-оптичних кабелів, відправлених на пристрої з плоским екраном LED. Ще більша зміна – телебачення, надсилання через Інтернет і перегляд на комп'ютерному моніторі, планшеті або мобільному телефоні.

Архівування також змінилося. Раніше вважалося, що тільки мовник може зробити професійний архів, тому що записи поза ефіром на стрічці VHS були низької якості і вимагали великої кількості роботи вручну. Завдяки цифровій технології, відносно просто і дешево мати автоматизований процес,

щоб захопити практично всі національні телевізійні канали від супутникових передач.

Зручність користування архівом, швидкість доступу, його цілісність, а часто і просто можливість відшукати потрібний матеріал впливає на якість медіапродукту і роботу всієї телекомпанії. Тому організації архіву потрібно приділяти належну увагу. Для успішного вирішення цього завдання необхідно розуміти особливості процесу телевиробництва, в якому не останню роль відіграють сучасні технології. Оскільки ще на стадії проектування потрібно передбачити можливість розширення системи та врахувати можливе підвищення вимог до обсягів і швидкості передавання даних [4].

Сучасний цифровий телевізійний комплекс містить спеціалізовану обчислювальну мережу, що об'єднує та розподіляє запаси сервера, робочих станцій і обладнання. Серцем мережі служить відеосервер, пов'язаний з величезною базою відеоданих. Робочі станції пов'язані з сервером по мережі, що дозволяє обмінюватися відеоданими між працівниками телеканалу.

Автоматизований архів – для запису готових програм, їх короткострокового, середньострокового і довгострокового зберігання, для запису архівних копій, а також для відтворення збережених програм в ручному і автоматизованому режимах.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) архівіста [5] призначене для формування, ведення та управління архівом короткострокового, середньострокового і довгострокового зберігання. АРМ архівіста передбачає можливість роботи з текстовими, графічними файлами і прослуховування звукових файлів; управління по мережі сервером даних (запис, пошук, читання).

АРМ працівника архіву складається з мережевої робочої станції і периферійного обладнання. В якості робочої станції використовується мультимедійний персональний комп'ютер, клавіатура, мишка, звукові колонки, навушники [5].

Система архівації побудована таким чином, щоб максимально скоротити час пошуку потрібного матеріалу, і дозволить вибирати потрібний фрагмент з програми без залучення додаткових працівників і часових ресурсів.

Роботу над ТВ-програмою поділяють на введення і каталогізацію, перегляд, розмітку, чорновий і нелінійний монтаж, графічне оформлення. Всі необхідні для роботи матеріали містить система накопичення та архівування. До них відносять: початкові відеосюжети; копії з низькою роздільною здатністю, створені під час введення або на подальших стадіях виробництва; різні версії сюжетів та метадані.

Першим етапом технологічного процесу телевиробництва є введення відеоматеріалу в систему з одночасним описом сцен і переформатуванням [6]. Аудіовізуальні дані, зняті на місці подій, вводять в медіасервер. Імпорт контенту здійснюють безперервно за заздалегідь створеним розкладом на день, тиждень, місяць і більше. З секції планування в станцію введення і оцифрування надходять дані про номери вхідних трактів і про час надходження інформації.

Зазвичай є кілька станцій імпорту відеоматеріалів, які дозволяють здійснити ручне або автоматичне введення. У першому випадку, коли контент записують в первинний відеосервер, оператор дублює контент в ефірний відеосервер або в монтажну систему для його подальшої обробки[7]. Якщо є система автоматизації, то вона виконує ці операції в автоматичному режимі.

З локальної мережі сервер захоплення здійснює запис матеріалу в накопичувач системи архівування. Система автоматично створює копії матеріалів у низькій роздільній здатності. Ці копії передають через мережу в базу даних і використовують згодом для перегляду, створення листа монтажних рішень та чорнового монтажу на комп'ютерних станціях

Відеоматеріали доступні для опису, перегляду, каталогізації, монтажу із затримкою всього кілька секунд. З будь-якого робочого місця можна

створювати і редагувати опис відеокліпів, що зберігаються в архіві, здійснювати пошук і перегляд необхідного матеріалу.

Автоматизовані комплекси часто побудовані на базі централізованої системи зберігання даних. Такі комплекси мають мережну інфраструктуру, побудовану з використанням однієї або кількох мережних технологій (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Fibre Channel) [8].

Мережу використовують для підключення відеосерверів, пристроїв запису і зберігання мультимедійних файлів, для передавання цих даних між апаратно-програмними засобами телевізійної системи, а також для управління окремими пристроями в процесі автоматизації виробництва програм і видачі завершених програм глядачам. До мережі підключають робочі станції (автоматизовані робочі місця), які взаємодіють з підсистемами зберігання відеосюжетів, системи нелінійного монтажу і оброблення аудіовізуального матеріалу, що працюють в розрахованому на багато користувачів режимі [9].

Найпростіше, архівування передбачає зберігання матеріалу для подальшого використання. Для довготривалого зберігання аудіовізуального контенту використовують традиційні засоби *ODA* та *LTO*.

ODA (Optical Disc Archive) – апаратура та технологія, розроблена фірмою Sony для глибокого, довготривалого архівування, наприклад, для створення аудіовізуальних архівів, коли стрічка даних не гарантує необхідних параметрів або не задовольняє вимогам одноразового запису для дуже тривалого зберігання. Дану систему можна використовувати для створення архіву резервних копій, розташованого у віддаленому місці. Її доцільно застосовувати для комплексів остаточного виробництва, відео-, кіноархівів, архівів знімальних матеріалів і національних архівів. Систему також можна використовувати для зберігання новинних і спортивних кліпів, коли потрібне оперативне зберігання, швидкий перегляд (майже в режимі он-лайн) та зберігання проксі-кліпів[5].

LTO (Linear Tape-Open) – стандарт запису на магнітну стрічку, який задовольняє більшість сучасних стримерів. Практично використовуваним форматом запису даних в цьому стандарті є Ultrium [5].

Перш ніж відео передають в цифровий архів, або розмножують, або транслюють, здійснюють кодування відео – введення в неї службової і додаткової інформації (метаданих), повністю відбиває всі необхідні технічні, змістовні та юридичні вихідні дані. Ці дані зазвичай містять відомості про найменування, зміст, тривалості передачі (наприклад, відеофільму) і всіх її частин, час і місце створення; про параметри кодування сигналів і форматі відеофонограми; про авторські права та інші відомості.

Метадані – це інформація, вбудована в матеріал ширококомовної передачі, яка, ймовірно, включатиме, як мінімум, назву програми чи елемента, коли вона транслюється. Крім того, включати в себе велику інформацію про каталогізацію, деталі знімків та інформацію про авторські права. Стандартизація метаданих (тобто інформації каталогізації, вбудованої в матеріал про програму або інший архівований елемент) допоможе як процесі архівування, так і подальшому доступу до матеріалу. Такі метадані дозволяють архівам додавати додаткові шари даних відповідно до особливих інтересів, наприклад, це може включати інформацію, корисну для редакторів.

Щоб використовувати метадані для цілей каталогізації, установи синхронізують поля метаданих, переважно, на основі потреб цільової аудиторії. При забезпеченні спільного доступу до декількох колекцій стандартизація елементів метаданих пошуку забезпечує спільне використання стандарту з точки зору користувача.

Це дозволяє журналістам досліджувати зміст зображення з архівних копій – он-лайн через офісні робочі станції (або навіть вдома у випадку фрілансерів), і незалежно від місцезнаходження офісу або архіву.

За кожним ключовим кадром є текстове поле, яке дозволяє робити текстову анотацію на рівні знімка.

Аудіовізуальний архів дозволяє легко і просто використовувати дані матеріали, безпечно зберігання, управління матеріалами в архіві, що включає розробку системи каталогізації матеріалів, містить критерії стосовно того, хто може мати доступ до архіву.

Від 30 до 40 відсотків «новин» насправді є архівними матеріалами. Які містять ретроспективи людей, місць і політичних ситуацій, історичні події і широкий спектр фактичного контенту, який потребує архівних матеріалів для контекстної та історичної пам'яті.

Медіа архів має архітектуру клієнт/сервер. На стороні зберігання є сервер бази даних, відеосервер та масив RAID. База даних (метадані та опис вмісту), в принципі, також може зберігатися на тому самому комп'ютері, що й відеосервер, але з міркувань безпеки та для полегшення процесів оновлення та модернізації краще запускати дві машини паралельно.

Відеофайли, як основний ресурс, зберігаються в RAID-масиві. Таким чином працівник архіву тепер може переглянути програми безпосередньо на своєму настільному комп'ютері без обробки будь-якої стрічки.

MAM (Media Asset Management) є основним елементом управління контентом. MAM – це серце сучасної телекомпанії. Система виконує конвертацію контенту, зберігання, пошук та доставку до споживачів. Система управління контентом – база даних, цифровий архів, транскодер і менеджер копіювання в одній системі, який призначено для роботи з усіма телевізійними форматами, перетворювати їх, зберігати в надійному місці і доставляти за необхідності на різні етапи виробництва. Весь контент необхідний для новин зберігають в MAM, який є загальним сховищем для всього контенту телекомпанії.

Media Asset Management (MAM) – центральна частина сучасного телевізійного виробництва, пов'язана з усіма його виробничими ділянками [5].

До основних функцій системи MAM належать:

– зберігання контенту;

– управління всім медіаконтентом телекомпанії.

Система працює з відеоконтентом, зберігає зображення, звукові файли, титри, графічні заставки та інший цифровий контент, який застосовується у телевізійному виробництві. Оскільки обсяги контенту дуже великі і, з часом, тільки зростають, необхідно контролювати його зберігання та реалізовувати інструменти для його пошуку. Для реалізації пошуку в системі МАМ для кожної одиниці контенту формується облікова картка, де описуються усі необхідні дані. Набір даних називають метаданими. Для кожного виду контенту існує окремий набір метаданих.

1.2 Вимоги до систем архівування

Сучасні архіви – вже давно не окрема структура, а частина загальної автоматизованої системи, що охоплює весь цикл телевізійного процесу від зйомки до виведення готового продукту в ефір.

Архівування має забезпечувати максимальне стиснення відеоданих при збереженні високої якості зображення. Враховуючи інтеграцію процесу архівування до автоматизованої системи керування телевиробництвом, до вибору відеокодеку необхідно поставитися відповідально. В процесі телевізійного виробництва на різних етапах використовують різні відеокодеки. Для високоякісного і високопродуктивного монтажу необхідно використовувати кодеки, які швидко кодують відео у високій якості, завдяки чому у центрального процесора з'являється більше часу для кодування декількох відеопотоків або накладання ефектів у режимі реального часу. Висока швидкість кодування може бути не тільки критично важливою на деяких етапах роботи, але й впливати на інші процеси телевиробництва. Під час візуалізації та експорту швидке кодування і декодування є перевагою, тоді як в автономних робочих процесах, таких як архівування, можна застосовувати кодек з низькою швидкістю потоку даних, але високою деталізацією зображення [7].

Сучасні архіви мають забезпечувати надійне зберігання відеоматеріалів. Для цього у системах архівації може застосовуватися два способи зберігання даних: на жорстких дисках (RAID-масивах) або на стрічкових картриджах. Для більш надійного зберігання даних використовують сервери, побудовані на RAID масивах. У разі відмови будь-якого диску високоефективні RAID-контролери забезпечують рівень захисту RAID5 або RAID6. Масив RAID6 дозволяє забезпечити високий ступінь цілісності даних, оскільки він залишається працездатним навіть у випадку виходу з ладу одразу двох дисків масиву.

1.3 Відео кодеки

Стиснення відеозображення – це зменшення і видалення надлишкових відеоданих з метою оптимізації зберігання і передавання файлів цифрового відео.

Під час цього процесу вихідний відеосигнал обробляється за допомогою алгоритму для створення стиснутого файлу, готового до передавання і зберігання. Для відтворення стиснутого файлу застосовується інверсний алгоритм, який фактично дає те ж саме відеозображення, що і оригінальне джерело відеосигналу. Час, потрібний для стискання, надсилання, розпакування і відображення файлу, називається затримкою. Чим важчий алгоритм стискання, тим більша затримка.

Спільна робота пари алгоритмів називається відеокодеком (кодер/декодер). Відеокодеки, застосовуючи різні стандарти несумісні один з одним, тому відеодані, стиснуті з використанням одного стандарту, неможна розпаковувати із застосуванням іншого стандарту. Причиною цього є той факт, що один алгоритм не може коректно декодувати результат, отриманий за допомогою роботи іншого алгоритму.

В різних стандартах стискання відеозображень використовуються різні методи зменшення розмірів даних, і, таким чином, результати відрізняються по швидкості передавання даних, якості і рівню затримки.

Результати стискання можуть відрізнятися і у кодерів, використовуючи один той самий стандарт, тому що розробник кодеру вибирає, який саме набір засобів, визначених стандартом, в ньому задіяти. До того моменту поки результат на виході кодера відповідає формату і декодеру стандарту, можливі різноманітні методи його реалізації. Це вигідно, оскільки різні методи реалізації мають різні цілі і різний бюджет. Професійні програмні кодери для роботи з оптичними носіями не в режимі реального часу повинні мати можливість забезпечувати краще кодоване відеозображення в порівнянні з апаратними кодерами для проведення відеоконференцій в режимі реального часу, вмонтованими в портативні пристрої. Таким чином, визначений стандарт не може гарантувати визначену швидкість передавання даних або її якість. Більше того, функціонування одного стандарту неможна коректно порівняти з іншими стандартами і навіть з іншими методами реалізації цього ж стандарту без попереднього визначення конкретного метода реалізації.

Декодер на відміну від кодера, повинен реалізовувати в собі всі необхідні елементи стандарту з тим, щоб декодувати відповідний потік бітів. Тому стандарт чітко вказує, як саме алгоритм розпакування повинен відновлювати кожен біт стиснутого відеозображення.

1.3.1 MPEG-2

MPEG-2 – це стандарт цифрового кодування аудіо і відео сигналів, який використовується більшістю операторів супутникового телебачення для передавання сигналів абонентам. Даний стандарт був розроблений робочою групою Moving Pictures Experts Group і схвалений Міжнародною Організацією по Стандартизації [10].

В основу алгоритму стиснення була покладена модель сприйняття людським оком відеозображень і особливості будови людського ока – його здатність сприймати варіації кольору і градації яскравості. Так, наприклад, людське око здатне краще сприймати градації яскравості, ніж кольоровості.

Завдання зводиться до визначення на екрані нерухомого фону і рухомих об'єктів, на підставі цього можна виділити і передати інформацію про базову кадрі, а потім вже передавати кадри з інформацією про рухомих об'єктах. В процесі передавання даних відбувається відкидання малозначущої інформації, аналогічної принципам, які використовуються в графічному форматі JPEG. Реалізується процес шляхом розбиття потоку відеоінформації на групи відеозображень, кожна група складається з 3-х типів відеокадрів. Зазвичай використовуються потоки з 30 кадрів в секунду.

Завдяки постійному вдосконаленню відео кодеків формату MPEG-2 оператори супутникового і кабельного мовлення отримали можливість передавати в 2 рази більший обсяг інформації при тій же пропускній здатності каналу. Стало з'являтися все більшу кількість різних відео кодеків, але вони вже не відповідають існуючому формату MPEG-2.

Цифрове супутникове телебачення використовує формат MPEG-2, де при роздільній здатності кадру в 720x576 пікселів, швидкість інформаційного потоку при 30 кадрах / сек. становить близько 12 Мбіт / сек, практично ж використовується швидкість потоку близько 3 Мбіт / сек. При стандартній ширині смуги в 54МГц на одному транспондері супутника зазвичай вміщується 18 каналів. При мовленні в HDTV роздільна здатність зображення становить 1920x1080 пікселів, що в 5 разів більше в порівнянні зі звичайним SD телебаченням, і для мовлення одного HDTV каналу в стандарті MPEG-2 оператору треба було б орендувати мало не третину транспондера.

1.3.2 Стандарт H.264

H.264 – міжнародний стандарт відеокомпресії, розроблений групою фахівців організації ITU. Стандарт кодування H.264 почав впроваджуватися ще з 2003 року. На той час на зміну масовому DVD формату і широко використовуваному кодеку MPEG2 необхідний був ефективний засіб стиснення відео. Адже починалася ера масового переходу на HD формат телебачення.

Стандарт кодування H.264 використання сьогодні, незважаючи на існування інших, більш сучасних і прогресивних варіантів кодування відео. Тому що впровадження нових і несумісних з H.264 технологій кодування вимагає використання більш потужної, енергоємної і дорогої електроніки, додаткових витрат на покупку патентів, перебудови виробничих процесів і, в кінцевому рахунку, викликає істотне подорожчання продукції для кінцевих користувачів.

Кодер H.264 без шкоди для якості зображення здатний знизити розмір цифрового відеофайлу більш ніж на 80% в порівнянні з форматом MJPEG і на 50% в порівнянні з MPEG-4 Part 2, що означає набагато менші вимоги до смуги пропускання і обсягу архівного простору при тій же якості картини або навпаки, набагато більш високу якість картини при використанні тих же ресурсів [11].

Передбачені сфери застосування стандарту H.264 такі:

- телевізійне мовлення (кабель, кабельний модем, супутник, DSL, ТВ);
- зберігання на різних носіях (DVD, магнітні диски);
- відеоконференцзв'язок (ISDN, Ethernet, LAN, DSL, радіомережі, мобільні мережі, модеми);
- сервіси типу відео за запитом;
- сервіси MMS (DSL, ISDN).

Під ефективністю алгоритму в стандарті H.264 слід розуміти високу ступінь стиснення відео при допустимій якості і бітового потоку до помилок /

втрат передавання. Аскетизм H.264 на відміну MPEG 4 проявляється в тому, що тут передбачено всього три профілі: baseline – для відеоконференцзв'язку; extended – для потокового передавання відео по мережі; main – для зберігання і мовлення відео.

У стандарті H.264 реалізовані такі основні нові технічні рішення, як:

1. Для поліпшення передбачення:

- компенсація руху на основі малих блоків адаптивно налаштованого розміру;
- точність компенсації руху до відліку;
- компенсація руху на основі одного або кількох опорних кадрів;
- незалежність порядку відображення кадрів від порядку проходження опорних кадрів;
- можливість використання будь-якого кадру в якості опорного;
- передбачення з використанням вагових множників;
- безпосереднє просторове передбачення на основі внутрішньо кадрового кодування;
- циклічна фільтрація для ліквідації ефекту блочності.

2. Інші рішення, що підвищують ефективність кодування:

- перетворення блоків малих розмірів (4 x 4);
- ієрархічне блочне перетворення;
- цілочисельні швидкі алгоритми перетворення;
- арифметичне кодування;
- контекстно-адаптивне ентропійне кодування.

3. Для підвищення завадостійкості і гнучкості передавання по різних середовищах:

- нова структура безлічі параметрів;
- синтаксична структура NAL, що дозволяє абстрагувати мережеві службові дані від службових даних кодування;
- гнучко настроюється розмір слайса;

- довільний порядок проходження слайсів;
- введення в потік повторюваних слайсів;
- впорядкування даних;
- перемикання потоків на основі використання SI / SP синхронізації.

В стандарті визначені лише вихідні послідовності, а не принципи побудови кодера відеосигналу. Це дозволяє виробникам змагатися у створенні найкращого кодера.

Схема кодування відео відповідно до стандарту H.264, в загальному, повторює схеми кодування попередніх стандартів. Різницею є хіба що наявність на останньому етапі обробки з метою видалення блочності. Алгоритм кодування складається з чотирьох основних компонентів:

- компенсація руху і віднімання поточного кадру з опорного;
- дискретне косинусне перетворення різницевого кадру;
- квантування коефіцієнтів перетворення;
- ентропійне кодування квантованих коефіцієнтів.

З моменту виникнення H.264 проводилися численні порівняння цього стандарту і MPEG 4. Результати, як правило, показували вигравш в 1-3 дБ стандарту H.264 в широкому діапазоні швидкостей кодування. Візуально відео в стандарті H.264 також виглядає краще завдяки використанню деблочного фільтра. Типовий результат наведений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Порівняння якості зображень стиснутих MPEG 4 та H.264

Для високотекстурованих зображень великої різниці не спостерігається. У багатьох тестах різниця по ефективності кодування між окремими відеокодеками H.264 досягає двох і більше разів.

1.3.3 Стандарт H.265

Відеокодек нового покоління High Efficiency Video codec (HEVC), відомий також як H.265. Стандарт H.265 став значним кроком вперед в області кодування відео[12]. Одна з його переваг в тому, що він подвоює ефективність стиснення H.264. Так що при передаванні зображень аналогічної якості H.265 використовує тільки половину бітрейта попереднього кодека. Завдяки цьому вимоги до пропускної здатності і зберігання різко скорочуються, що дозволяє більш вигідно використовувати і апаратні, і програмні засоби. В результаті чого, користувачі отримують більше можливостей при менших витратах. Через це більшість виробників апаратного забезпечення підтримують впровадження стандарту стиснення H.265 для відеоспостереження. На рис. 2.3 наведено графік ефективності кодування HEVC, бітрейт нижче на 25-35% при еквівалентній якості (HD).

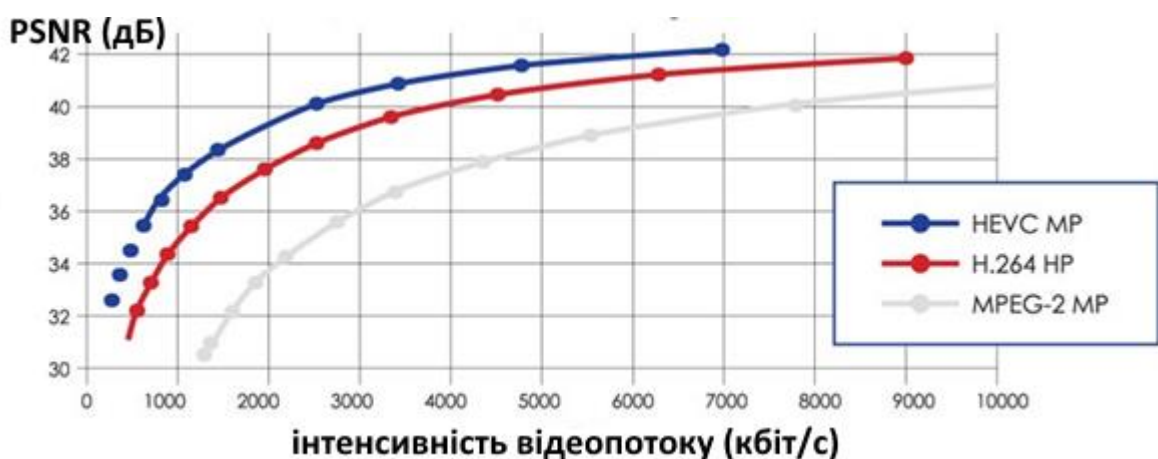


Рисунок 1.2 – Ефективність кодування HEVC

На відміну від H.264, який може бути використаний для підтримки 4К-телебачення, все ж він не створювався для цього формату, а H.265 розроблявся з урахуванням всіх особливостей 4К, включаючи підтримку 10-бітного відео і високої частоти кадрів.

Важливим етапом оптимізації H.264 є придушення шумів. Шум або небажаний електричний сигнал, який відображається в відеопотоці, є серйозною перешкодою цифрового відеосигналу. Оптимізовані технології H.264 з використанням алгоритмів інтелектуального аналізу пригнічують більшу частину шуму [12] шляхом кодування об'єкта переднього плану зображення з більш високою швидкістю передавання даних щодо фонового зображення. Результатом є чіткі зображення з відмінною передачею кольору.

Вимоги до бітрейту по кожній конкретній сцені можуть коливатися протягом дня. Наприклад, в типовій вуличній сцені в нічний час є невеликий рух на першому плані, так що вимоги до бітрейту невисокі. Вимоги значно підвищуються вдень через те, що транспортні засоби і пішоходи, що рухаються на передньому і задньому планах. Сучасні технології кодування H.264 керують цим розподілом за часом, шляхом обчислення загального середнього бітрейту, а потім автоматично виділяють необхідний бітрейт в той час доби, коли це потрібно. Основною перевагою довготривалого контролю бітового потоку є те, що у користувачів є можливість точно прогнозувати свої вимоги до системи зберігання відео, завдяки чому можна вимірювати необхідний розмір сховища.

На сьогоднішній день переваги H.264 перевищують переваги стандарту H.265. Крім цього, H.264 має ряд наступних переваг: меншу вартість продукції, сумісність з існуючими системами, більш широкий спектр продуктів, на яких кодек може застосовуватися, і менший патентний ризик.

Після запуску H.265, члени Об'єднаної спільної групи з відеокодування (JCT-VC) почали складати прогнози на майбутнє для даного сегмента. У 2015 році вони створили групу спільного дослідження відео (Joint Video Exploring Team - JVET), зосередивши увагу на поліпшення можливостей стиснення. Їх

останні дані тестування показують, що поліпшення по продуктивності стиснення H.265 досягнуті на 20%. У той же час, інша організація - АОМ (Alliance for Open Media) - об'єднала цілий ряд інтернет-орієнтованих компаній, в тому числі Microsoft, Google, Intel, і Amazon, прагнучи прийти до вільного стандарту для інтернет-відео. План полягає в тому, що цей стандарт прискорить оновлення технологій в онлайн-світі з надзвичайною швидкістю.

1.3.4 Стандарт Apple ProRes

У професійному світі відеовиробництва Apple ProRes – один з найбільш популярних кодеків. Завдяки сімейству відеокодеків Apple ProRes в програмі Final Cut Pro X можна зручно монтувати повнокадрові, 10-бітові вихідні відео з високою роздільною здатністю (HD) і дискретизацією 4: 2: 2 і 4: 4: 4: 4, а також вихідні відео з роздільною здатністю 2K, 4K і 5K з многопоточною продуктивністю.

Apple ProRes – кодек-технологія, спеціально розроблена для високоякісного і продуктивного відеомонтажу в програмі Final Cut Pro X. Деяким компаніям Apple надала ліцензію на використання кодека Apple ProRes в конкретних продуктах і робочих процесах. У деяких випадках в програмне і апаратне забезпечення сторонніх розробників має місце неавторизована реалізація кодека. Використання будь-яких неавторизованих реалізацій, наприклад форматів FFmpeg і похідних реалізацій, може привести до помилок декодування, зниження продуктивності, несумісності і нестабільності.

Використання кодеків Apple ProRes надає унікальну можливість монтувати багатопотокові відео в реальному часі, забезпечуючи при цьому вражаючу якість зображення при невеликому обсязі займаного дискового простору. Кодеки Apple ProRes мають режими декодування в зниженому розширенні з високою швидкістю і використовують всі переваги систем з

багатоядерними процесорами. Всі кодеки Apple ProRes підтримують кадри будь-якого розміру (включаючи SD, HD, 2K, 4K і 5K) у високій роздільній здатності. Швидкість потоку даних залежить від типу кодека, вмісту зображення, розміру кадру і частоти кадрів.

Так як Apple ProRes є кодек-технологією з перемінним бітрейтом (VBR),

в ньому використовується менша кількість бітів на простих кадрах, якість яких

не покращиться при кодуванні з більш високою швидкістю потоку даних. Всі кодеки Apple ProRes є внутрішньокадровими. Це означає, що вони не залежать від розміру кадру – всі кадри кодуються і декодуються окремо.

Такий метод

забезпечує високу продуктивність і гнучкість процесу відеомонтажу.

До родини Apple ProRes відносяться наведені нижче формати [13]:

1. Apple ProRes 4444 XQ. Це високоякісна версія кодека Apple ProRes для зображень з дискретизацією 4: 4: 4: 4 (включаючи альфа-канали) і високою швидкістю потоку даних. Він зберігає деталі зображень з широким динамічним діапазоном, що створюються сучасними високоякісними цифровими матрицями. Кодек Apple ProRes 4444 XQ зберігає в кілька разів кращий динамічний діапазон, ніж в колірному просторі Rec. Rec. 709, навіть при обробці складних візуальних ефектів, коли тонова шкала світла і тіні значно розтягується. Як і стандартний Apple ProRes 4444, цей кодек підтримує глибину кольору до 12 біт на канал зображення і до 16 біт на альфа-канал. Крім того, швидкість потоку вихідних даних кодека Apple ProRes 4444 XQ – близько 500 Мбіт / с для джерел з дискретизацією 4: 4: 4 з роздільною здатністю 1920×1080 і частотою кадрів 29,97 кадр / с. Для використання кодека Apple ProRes 4444 XQ необхідна ОС OS X 10.8 (Mountain Lion) або більш пізні версії.

2. Apple ProRes 4444 [14]. Надвисокоякісна версія кодека Apple ProRes для зображень з дискретизацією 4: 4: 4: 4 (включаючи альфа-канали). Цей

кодек забезпечує збереження відео в колірному просторі RBGA в повному розширенні і мастеринг-якості з дискретизацією 4: 4: 4: 4 і візуальну точність

стисненого зображення, завдяки якій воно не відрізняються від вихідного зображення. Кодек Apple ProRes 4444 – найкраще рішення для зберігання і зміни графічної анімації та складових елементів. Він володіє чудовою продуктивністю і альфа-каналом з глибиною до 16 біт без втрат. Швидкість потоку даних в цьому кодеку значно нижче, ніж в форматі HD без стиснення з дискретизацією 4: 4: 4. Тут швидкість потоку вихідних даних – близько 330 Мбіт / с для джерел з дискретизацією 4: 4: 4 з роздільною здатністю 1920×1080 і частотою кадрів 29,97 кадр / с. Крім того, за допомогою кодека можна кодувати і декодувати обидва формати пікселів RGB і Y'C_BC_R.

3. Apple ProRes 422 HQ [15]. Версія кодека Apple ProRes 422 з більш високою швидкістю потоку даних. Кодек забезпечує таке ж високе розширення, як і Apple ProRes 4444, але для зображень з дискретизацією 4: 2: 2. Кодек Apple ProRes 422 HQ широко використовується у відеовиробництві. Він без видимих втрат зберігає високу професійну якість відео у високій роздільній здатності, яке може передаватися за допомогою одноканального сигналу HD-SDI. Кодек підтримує джерела відео повної ширини з дискретизацією 4: 2: 2 і глибиною пікселів 10 біт, зберігаючи при цьому високу якість навіть через безліч циклів декодування і перекодування. Швидкість потоку вихідних даних кодека Apple ProRes 422 HQ – близько 220 Мбіт / с при розширенні 1920×1080 і частоті кадрів 29,97 кадр / с.

4. Apple ProRes 422 [14]. Високоякісний кодек зі стисненням, що має майже всі переваги кодека Apple ProRes 422 HQ. Швидкість потоку даних цього кодека нижче на 66%, що збільшує продуктивність процесу багатопотокового монтажу у реальному часі. Швидкість потоку вихідних даних кодека Apple ProRes 422 – близько 147 Мбіт / с при роздільній здатності 1920×1080 і частоті кадрів 29,97 кадр / с.

5. Apple ProRes 422 LT [15]. Кодек з більшим ступенем стиснення, ніж Apple ProRes 422. Швидкість потоку даних становить близько 70%, а розмір файлів менше на 30%. Цей кодек – ідеальний вибір для роботи в середовищі, де обсяг пам'яті і швидкість потоку даних є пріоритетними. Швидкість потоку вихідних даних кодека Apple ProRes 422 LT – близько 102 Мбіт / с при роздільній здатності 1920 x 1080 і частоті кадрів 29,97 кадр / с.

6. Apple ProRes 422 Proxy [14]. Кодек з ще більшим стисненням, ніж Apple ProRes 422 LT. Він розроблений спеціально для використання в автономних робочих процесах, де потрібна низька швидкість потоку даних, але високій роздільній здатності відео. Швидкість потоку вихідних даних кодека Apple ProRes 422 Proxy – близько 45 Мбіт / с при роздільній здатності 1920 x 1080 і частоті кадрів 29,97 кадр / с. Кодеки Apple ProRes 4444 XQ і Apple ProRes 4444 – ідеальний вибір для обміну мультимедійними файлами з графічною анімацією, так як в них відсутні втрати. Крім того, це єдині кодеки Apple ProRes з підтримкою альфа-каналів.

1.4 Формулювання завдання дослідження

На сьогоднішній день відеофайли, створювані камерами в процесі запису, мають занадто великий розмір. Оскільки обсяг зберігання все ще має свою ціну, необхідно запропонувати рішення для максимального стиснення даних при найкращій якості.

Аудіовізуальна інформація вимагає спеціалізованих методів стиснення до розмірів, прийнятних для сучасних пристроїв. Існує складний баланс між якістю отриманого відео, складністю алгоритмів кодування та декодування, кількістю інформації, необхідної для його відтворення (відомою як бітрейт, англ. bitrate), стійкістю до втрат даних та помилок, зручністю для редагування, довільного доступу, якістю алгоритмів, затримкою в каналах зв'язку.

Також існує постійна потреба в підготовці нових співробітників через велику кількість фрілансерів та тимчасових працівників на телеканалі.

Висновки до розділу

1. В результаті аналізу доступних фахових та наукових публікацій виокремлено проблему обмеженості дискового простору для зберігання відеоданих в системах архівування, яка пов'язана з тим, що більшість відеокодеків кодують відеодані з постійною швидкістю і не враховують характеристики відеоконтенту.

2. В системах архівування використовують такі відео кодекси: MPEG2, H.264, H.265 та сімейство Apple ProRes, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Показано, що сімейство кодеків Apple ProRes характеризується високою якістю відеозображення, проте обсяг відеоданих досить великий. Серед кодеків MPEG2, H.264, H.265 за однакових значень бітової швидкості MPEG2 має найнижчу якість відеозображення, а H.265 – найвищу. Ці фактори потрібно враховувати під час вибору кодеку для системи архівування.

3. Для ефективного стиснення відеоматеріалів необхідно застосовувати методами оцінювання якості, щоб регулювати процес стиснення.

2 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОКОНТЕНТУ

Багато стандартів кодування відео, такі як MPEG-2 і H.264, ґрунтуються на кодуванні, що використовує пророкування з компенсацією руху, яке призводить до поширення помилки через втрати пакетів. І навіть помилки з інверсією біта можуть викликати втрати пакетів, а так як такі помилки досить поширені в бездротових мережах, передавання стислих відеозображень може призводити до сильного погіршення якості. Багато досліджень в цій області були спрямовані на зменшення впливу втрат пакетів. Були досліджені різноманітні методи нерівномірного захисту від помилок, які використовують співвідношення швидкість-спотворення, для передавання відео в мережах з втратами пакетів.

Відео – це послідовність зображень. У більшості існуючих методів для передавання відео, оптимізованих з використанням співвідношення швидкість-спотворення, вважається, що спотворення відео є вибіркоvim середнім значенням спотворень зображення (кадру). Такі методи побічно припускають, що якість відео це середнє значення якостей зображень. Всі ці методи визначають показник якості відео як середнє значення метрики якості зображень за всіма кадрами.

Зміни якості відеопослідовності можуть бути більш дратівливими, навіть більше, ніж відео з постійною якістю, але з більш низьким бітрейтом.

Втрати пакетів, що виникають з помилок каналу в бездротових мережах призводять до значних спотворень. Дійсно, спотворення в каналі можуть бути більш дратівливими, ніж спотворення в джерелі, що виникають із-за помилок дискретизації.

Так як втрати пакетів виникають в каналі випадково, зміна наведених каналних перешкод у часі може бути досить істотною. Тому зміни якості у часу, що виникають із-за помилок каналу, також можуть бути істотними.

Будь-який кодек дає різну якість по кадрам одного і того ж відео. Це пов'язано з багатьма факторами. По-перше, в кодеку працює такий механізм

як управління бітрейтом, яке дає коливання якості навіть у хороших кодеків. По-друге, сам користувач вибирає різні стратегії бітрейта, і в разі вибору CBR (або постійний бітрейт) на повільних сценах якість буде високою, а на швидких - низькою. По-третє, у кодеків є так звані ключові кадри, якість яких зазвичай змінюється окремо, і відрізняється від якості інших кадрів. По-четверте, на якість впливає префільтрація (яка є у всіх сучасних кодеків).

Це означає, що на будь-якому досить довгому відео можна підібрати як достатньо хороші, так і досить погані кадри. Особливо якщо використовувалося однопроходове CBR стиснення на досить динамічному відео.

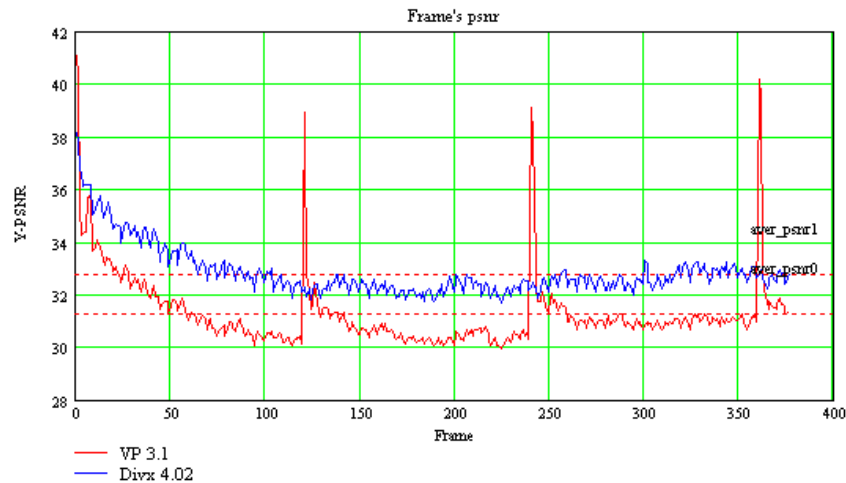


Рисунок 2.1 – Ілюстрація метрики PSNR

Як видно з рис. 2.1 чим вищий показник PSNR, тим краща якість. Якщо привести в якість порівняння кадри «з піками», то VP буде краще Divx, інакше – навпаки.

Різні кодеки розробляють під різні типи відео. Наприклад, існували DivX 3.11 LowMotion & DivX 3.11 FastMotion. Притому, що вони програвали фільми однаково, їх внутрішні параметри були розроблені у одного на слабкий рух, а у іншого – на сильний. В результаті вони з помітно різною якістю стискали фільми. Зауважте формат, в який вони стискали, був один. А

стиснення здійснювалося по-різному. В результаті при однаковому розмірі файлів їх якість виходила різною. Аналогічно під свій тип даних розробляють абсолютно для всіх кодеків. Хтось краще стискає високі бітрейти. Хтось – навпаки низькі. Хтось заточується під сильний рух, хтось під слабкий. І навіть так – хтось заточується під мультфільми, а хтось під реальне відео. Хтось під "галасливі" фільми, хтось під "чисті" і т.д. Маючи вихідні тексти кодека, можна, не змінюючи його формат, тобто не зраджуючи декомпресор, заточити його практично під будь-який тип фільмів. Це означає, що маючи кодеки А і Б (приблизно однакової якості), можна легко підібрати фільми, на яких А буде помітно краще Б, і на яких Б буде помітно краще А. При цьому, формально, фільм може бути і один, просто DVD-копія і піратська копія, знята з екрану в кінотеатрі, можуть дати помітно різний результат на двох кодеках.

Якість стиснення конкретного відео може сильно залежати від параметрів кодування. У кодеків, як правило, є досить багато параметрів, що дозволяють при тому ж розмірі файлу помітно (а то і кардинально) змінити якість. В першу чергу це параметри стратегії бітрейта, особливо режими "quality - based" і "bitrate - based". Потім параметри префільтрації. Зокрема, deinterlacing, бо зустрічаються фільми, які стискали в чергуванням розгортці в MPEG-4, denoising (придушення шумів), deflicking (придушення мерехтіння) і т.д. Існують параметри управління частотою ключових кадрів, використання B-frames, управління залежно префільтр від фільму і т.д. Це означає, що маючи кодеки А і Б (приблизно однакової якості), можна легко встановити один кодек в режим Maximum Performance (всі ручки зрушити до межі в бік швидкості стиснення), а інший в режим 2-pass Maximum Quality (всі ручки до межі в сторону максимального якості), можна отримати 2 фільми одного розміру, але істотно різної якості.

Для коректного порівняння необхідно досить глобальне тестування. Тобто, як мінімум, потрібно порівнювати різні за характером відео з різними

бітрейтами, причому з використанням інтегральних (середніх) характеристик якості по всьому відео.

2.1 Об'єктивні методи оцінювання

Об'єктивні методи класифікуються згідно з корисністю вихідного відео сигналу, для якого забезпечується висока якість. Тому вони класифікуються за трьома категоріями: повні референсні методи, скорочені референсні методи і нереференсні методи [16].

Найтрадиційнішим методом вимірювання якості системи обробки цифрового відео є вимірювання відношення сигнал/шум та пікове відношення сигнал/шум між вхідним сигналом і сигналом на виході системи. PSNR — це одна з метрик об'єктивної якості відео. Вона може бути автоматично обчислена комп'ютерною програмою. Але хороший показник PSNR не свідчить про хорошу якість, це пов'язано з тим, що зорова система людини має нелінійну характеристику.

Застарілі об'єктивні методи вимагають повторних тестів і є дуже складними і непрактичними.

Нові методи об'єктивної оцінки якості дозволять прогнозувати сприймаючий рівень якості перед кодуванням закодованого відео.

До об'єктивних метрик, які дають найефективнішу оцінку якості відео потоку, відносяться: PSNR та SSIM.

PSNR (пікове співвідношення сигналу до шуму) – метрика, що найчастіше використовується на практиці. Використання саме цієї метрики обумовлено її популярністю, її використовують у багатьох наукових статтях і порівняннях як запобіжний втрат якості. В цієї метрики, як в інших свої переваги і недоліки. Чим більше значення метрики, тим більша різниця між порівнюваними зображеннями [17].

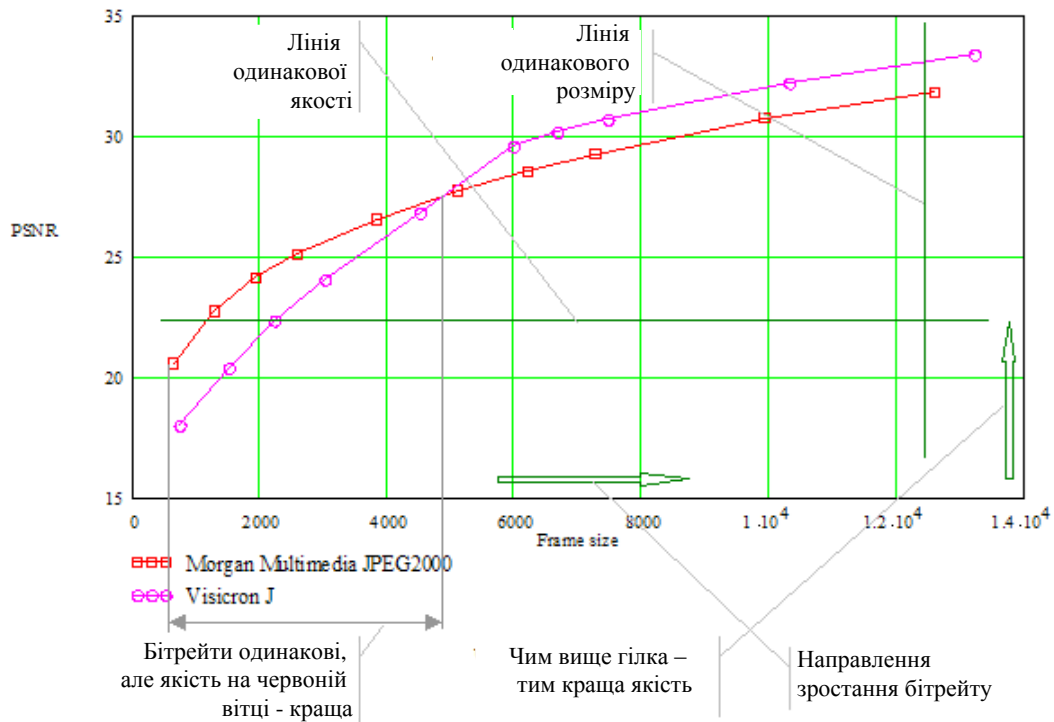


Рисунок 2.2 – Залежність показника якості від середнього розміру кадру

На рис. 2.2 зображена залежність показника метрики від середнього розміру кадру. Кожна вітка відповідна кодеку. Вітки побудовані на опорних точках, кожна з яких відповідає конкретному бітрейту. Очевидно, на кожній вітці знаходиться по десять точок (кожна послідовність стискається на 10 настройках бітрейта). Іноді кодек не втримує бітрейт і з різними налаштуваннями бітової швидкості стискає однаково. Для порівняння кодеків на цих графіках слід звертати увагу на те, наскільки високо розміщені вітки кодеків. Чим вище знаходиться вітка - тим вище якість послідовності, стиснутої даним кодеком. На наведеному рисунку видно, що на низькому бітрейті якість послідовності, стиснутої кодеком Morgan Multimedia JPEG 2000, вище, ніж у послідовності іншого кодеку. Однак на високому бітрейті Visicron J стискає послідовність з меншими втратами якості в порівнянні з кодеком ММ JPEG2000 [17].

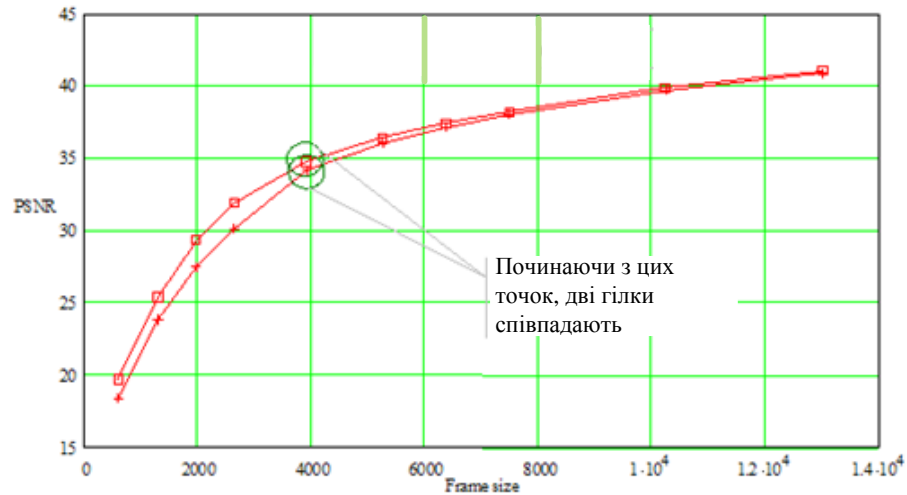


Рисунок 2.3 – Графік PSNR без врахування drop-фреймів

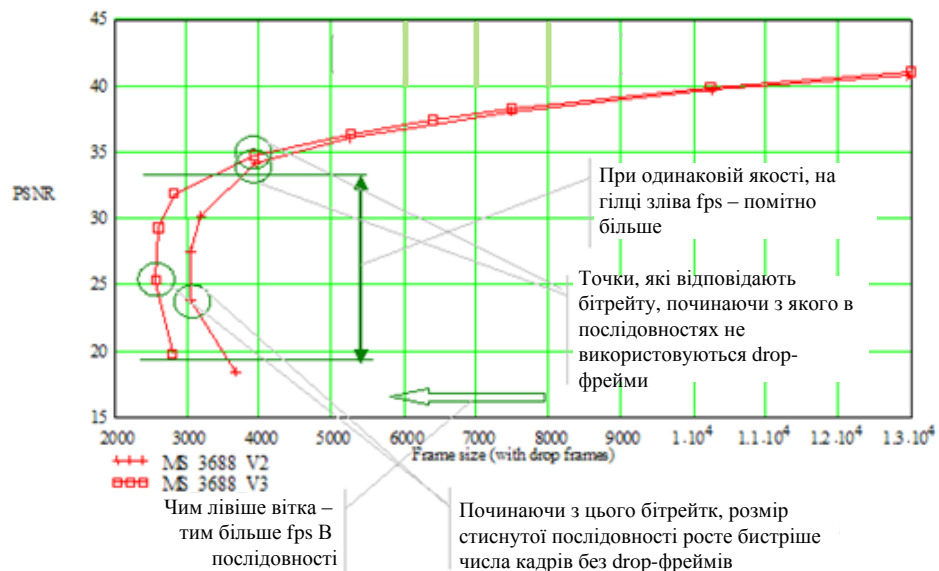


Рисунок 2.4 – Графік PSNR з врахуванням drop-фреймів

Drop-фреймами називаються кадри, які кодек пропускає; на їх місце в відеопослідовності підставляється останній стислий кадр. Drop-фрейми є засобом зниження бітрейта стискаючої послідовності. Однак при великій кількості drop-фреймів в послідовності спостерігається ефект «слайд-шоу» - замість динамічної сцени кодується лише один кадр, який і буде представлений в потрібний інтервал часу при програванні стисненого відео. Графіки цього виду дозволяють оцінити кількість реальних кадрів у відеопослідовності.

При порівнянні кодеків на даних графіках слід звертати увагу на те, як близько до осі ординат розташовані вітки на моделі, що відображає використання drop-фреймів. Чим лівіше знаходиться вітка кодека, тим менші середні розміри кадрів характерні для відповідної стиснутої послідовності. І отже, тим більше FPS на виході. Таким чином, кодеки, вітки якого розташовані лівіше, дають на виході більше FPS при тій же якості [17].

За суттю ця методика близька до середньоквадратичної помилки, але більш зручна завдяки логарифмічній шкалі.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_1^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_1}{\sqrt{MSE}} \right)$$

де MAX_1 – максимальне значення, що може бути прийняте пікселем зображення, а MSE – середньоквадратичне відхилення для двох монохромних зображень I та K розміром $m \times n$, одне з яких вважається зашумленим наближенням іншого, обчислюється так:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2$$

SSIM – структурний індекс, який показує схожість між двома зображеннями. Система оцінки SSIM складається із трьох частин: структурної, яскравісної та контрасної. В першу чергу порівнюється яскравісна складова, яка розраховується як середня інтенсивність сигналу, та для відеозображення S розміром $M \times N$ обчислюється за формулою:

$$\mu = \frac{1}{N \cdot M} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S(i, j)$$

Далі необхідно середню інтенсивність відняти із сигналу для того, щоб отримати контрасну складову. Оцінкою даної складової є варіація, яка для сигналу $(S(i, j) - \mu)$ обчислюється так:

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{1}{(N-1) \cdot (M-1)} \cdot \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S(i, j) - \mu)^2\right)}$$

Таким чином кінцева оцінка схожості двох відеозображень x та y буде наступною:

$$SSIM(x, y) = l(x, y) \cdot c(x, y) \cdot s(x, y)$$

де $l(x, y)$ – функція порівняння яскравісних складових x та y ;

$c(x, y)$ – функція порівняння контрасних складових x та y ;

$s(x, y)$ – функція порівняння структурних складових x та y ;

Функція порівняння яскравісних складових визначається так:

$$l(x, y) = \frac{2 \cdot \mu_x \cdot \mu_y + c_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1}$$

де μ_x – середнє значення x ;

μ_y – середнє значення y ;

$c_1 = k_1 \cdot L^2$ – змінна, яка необхідна для стабілізації значення

внаслідок незначного знаменника;

L – динамічний діапазон пікселів;

$k_1 = 0.01$ – константа.

Функція порівняння контрасних складових визначається наступним образом:

$$c(x, y) = \frac{2 \cdot \delta_x \cdot \delta_y + c_2}{\delta_x^2 + \delta_y^2 + c_2}$$

де δ_x - варіація x ;

δ_y - варіація y ;

$c_2 = k_2 \cdot L^2$ – змінна, яка необхідна для стабілізації значення внаслідок незначного знаменника;

$k_2 = 0.03$ – константа.

Функція порівняння контрастних складових визначається за формулою:

$$s(x, y) = \frac{\delta_x \cdot \delta_y + c_3}{\delta_x + \delta_y + c_3}$$

де $c_3 = c_2 / 2$

Підставляючи (6), (7) и (8) у (5), отримаємо оцінку SSIM:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2 \cdot \mu_x \cdot \mu_y + c_1) \cdot (2 \cdot \delta_x \cdot \delta_y + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1) \cdot (\delta_x^2 + \delta_y^2 + c_2)}$$

Індекс структурної схожості (SSIM – structure similarity) SSIM оснований на ідеї, що людська зорова система пристосована для обробки структурної інформації. Тому алгоритм розроблено для вимірювання зміни в цій інформації між еталонним і спотвореним зображенням. Особливістю є те, що результат завжди лежить в проміжку від -1 до 1, причому якщо його значення дорівнює 1, це означає, що ми маємо дві однакові картинки. Значення 0 означає відсутність кореляції [18]. Тому такий метод є найдоцільнішим у використанні.

2.2 Суб'єктивні методи оцінювання

Головною метою великої кількості об'єктивних метрик оцінки якості є автоматична оцінка передбачуваного сприйняття користувачами обробленого системою відео. Але найкращим способом визначити думку користувачів це просто запитати в них. Проте іноді, суб'єктивне вимірювання якості відео є важким завданням, оскільки вимагає досвідчених експертів для їх оцінки. Більшість «вимірювань суб'єктивного якості відео описані в рекомендаціях ITU-T BT.500-13 [19] та ITU-R BT.1438 [20]. В їх основі лежить Mean Opinion Score використовувана для аудіо: відео послідовності показуються групі глядачів і потім їх думки усереднюється для того, щоб отримати підсумкову оцінку якості кожної відеопослідовності.

Суб'єктивні вимірювання передбачають оцінку якості зображень спостерігачами. Ці вимірювання завжди є прямими, оскільки думка глядачів про якість відтворення випробувальних сигналів або таблиць є недоречною. При застосуванні методів суб'єктивної оцінки, людина виступає вимірювальним приладом для визначення якості системи відображення даних. Ці методи часто розглядають, як нижчі порівняно з об'єктивними. Це може бути вірним що до точності та чіткості, але не є вірним з фундаментальної точки зору на людину, як споживача цього продукту [21], тому такий погляд на якість зображення потребує корекції.

Методи оцінки, що використовуються для новітніх систем візуалізації, можна розділити на оглядові дослідження та експериментальні. Класифікацію методів оцінки якості наведено на рис. 2.5 .

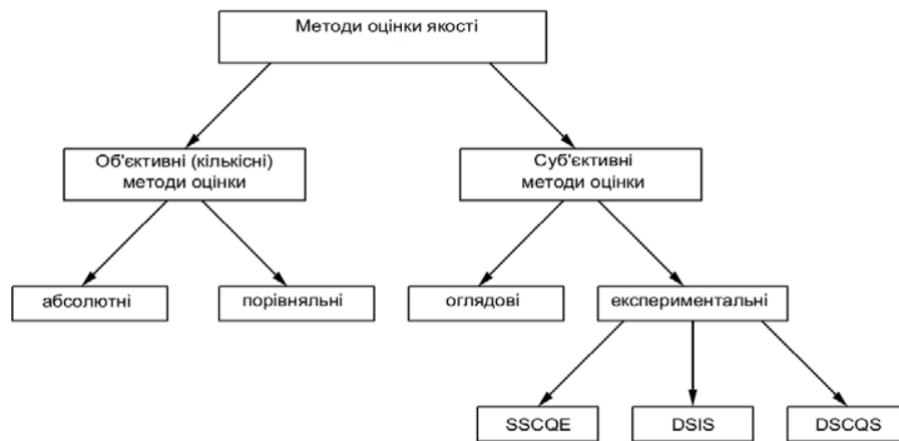


Рисунок 2.5 – Класифікацію методів оцінки якості зображень

2.2.1 Оглядові дослідження

Оглядові дослідження застосовуються для вивчення відчуттів та реакцій глядачів з незаангажованою позицією, по відношенню до новітніх технологій, таких як 3D. Приклад дослідницького вивчення – фокус-група, де неупереджені глядачі, розділені на малі групи, в яких обговорюють свій досвід перегляду матеріалів з певної системи формування зображень. Результатом є описані цими глядачами відчуття та «переживання» після перегляду 3D матеріалів. За допомогою фокус-груп також були визначені типи програм, що придатні для 3D контенту. Спостерігачі віддали перевагу фільмам-екшенам та живим подіям – спорту, театру, концертам. Програми типу новин, документалістики, серіалів та токшоу, виглядають невідповідними для 3D ТВ. До того ж, глядачі вказали, що роблять вибір між програмами, виходячи з того, шукають вони їх для 2D чи 3D перегляду [2].

2.2.2 Експериментальні дослідження

Деякі експериментальні парадигми можуть бути використані для вимірювання та обчислення якості зображень та відеопослідовностей. Можна

виділити два типи якості зображення [21]: – технічно-орієнтовані якості зображення (застосовується, коли зображення необхідне для вирішення специфічних задач, наприклад, медичного діагностування); – якості, орієнтовані на сприйняття зображень глядачем (мета демонстрації 3D зображень у якомога більшому «комфорті» для спостерігачів). Наприклад, надмірний дисбаланс призводить до візуального дискомфорту. Суб'єктивні методи оцінювання застосовують для вимірювання загальної якості зображення та загального спотворення в кадрах та відеопослідовностях, а також можуть бути застосовані для оцінювання характеристик таких як чіткість, глибина, напруження зору, натуралістичність та ефект присутності. Загалом, для оцінки якості можна застосувати три різні парадигми процесу експерименту: метод подвійного стимулу (DSCQS), метод одиночного стимулу (SSCQE) та метод порівняння стимулів (DSIS) [2].

Метод одиночних стимулів SSCQE (Single-Stimulus Continuous Quality Evaluation) – безперервна оцінка якості в ході єдиного перегляду. Спостерігачеві демонструється кілька відеороликів. Кількість спотворень в цих роликах може бути різним. Оцінки виставляються в межах від 0 (найгірша якість) до 1 (найкраща якість). Оцінка виставляється тільки один раз і в подальшому не може бути змінена [2].

Метод порівняння стимулів DSIS (Double Stimulus Impairment Scale) – попарна оцінка погіршення якості відео. Спостерігачеві пропонується порівняти дві відеопослідовності - спотворену і оригінальну. Тривалість тесту - 8 секунд. Спостерігач оцінює візуальні спотворення за п'ятибальною шкалою. Максимальний бал 5 – відповідає непомітним спотворенням, середній бал 3 – спотворення заважають дивитися, мінімальний 1 – зображення переглядати неможливо [2].

Метод подвійного стимулу DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) – безперервна оцінка якості за результатами двох переглядів. Цей метод, заснований на двох раніше описаних метриках, отримав широке застосування і дозволяє оцінювати потокове відео з високим ступенем

точності. Якість зображень оцінюється так само, як в методиці DSIS. Відмітною особливістю є те, що відеоролик відтворюється в псевдовипадковому порядку, а потім повторюється. Після закінчення перегляду спостерігачеві дається деякий час для виставлення оцінки. Методика оцінювання також п'ятибальна: 5 - чудова якість, 4 – гарна якість, 3 - задовільна якість, 2 - погана, 1 - дуже погана якість. Спостерігач записує виставлену оцінку в спеціальний бланк або заносить дані в спеціалізовану програму. Потім всі оцінки усереднюються і перетворюються в стандартну шкалу (від 0 до 100). Таким чином, завжди можна оцінити відмінності між оригінальним і спотвореним відеорядом. По закінченні збору інформації від всіх експертів дані обробляються з використанням статистичних алгоритмів [2].

Висновки до розділу

1. Методи оцінювання якості поділяють на об'єктивні та суб'єктивні методи. Більшості об'єктивних методів працює за принципом вимірювання кадрової різниці між вхідним сигналом і сигналом на виході системи. Суб'єктивні методи, в свою чергу, базуються на думці експертів, що не завжди дає точні результати оцінювання якості.

2. Встановлено, що будь-який відеокодек дає різну якість для кадрів різних типів. Якість відеозображення для опорних кадрів буде значно вищою ніж для інших кадрів. Щоб уникнути значних перепадів якості, необхідно використовувати регулювання коефіцієнту стиснення шляхом оцінювання якості відеоматеріалів.

3. У випадку постійної бітової швидкості (CBR) відеоконтенту на повільних сценах якість буде високою, а на швидких – низькою. Тому виникає необхідність у введенні класифікації відеопослідовностей за характерними ознаками для окремого регулювання бітового потоку в залежності від якості відеозображення.

4. З усіх досліджених об'єктивних методів оцінювання якості, найбільш доцільним є використання методу MS SSIM, оскільки цей метод має найбільший ступінь кореляції з суб'єктивними оцінками якості.

3. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ВІДЕОКОНТЕНТУ

3.1 Технологічний процес виробництва цифрових телевізійних програм

Безстрічкова система архівування цифрових телевізійних програм складається із декількох функціональних частин (рис. 3.1). Ядром системи є середовище зберігання контенту з використанням одного або кількох серверів. Транспортним середовищем є мережна інфраструктура, що базується на інтерфейсах Gigabit Ethernet та/або Fibre Channel [22, 23].



Рисунок 3.1 – Структура технологічного процесу виробництва телепрограм

На вході системи розміщено зону введення первинного матеріалу. Тут здійснюють введення відео та звуку, що надходять із супутникових каналів зв'язку або від відеокамер чи відеомагнітофонів, приведення їх у відповідність до внутрішніх форматів системи та розміщення аудіовізуальних даних у системі зберігання [3].

Важливим аспектом у технологічному процесі виробництва цифрових телепрограм є контроль та керування якістю зображення у системі архівування. Найбільш доцільно вимірювати якість відеоконтенту після кодування у форматах MPEG-2, H.264, H.265 чи сімейства Apple ProRes, перед архівуванням. Етап контролю та керування якістю відеоконтенту на схемі технологічного процесу вказано пунктирною лінією (рис. 3.1).

Донедавна поліпшення якості відеозображення, яке сприймає глядач, здійснювали лише виробники телевізійних приймачів, застосовуючи ряд технологій [22], серед яких підвищення якості відтворення синього і зеленого кольорів на світлих ділянках зображення, збільшення глибини оброблених кольорів, збільшення кількості кадрів для усунення дискретності швидкого руху об'єктів, підвищення контрастності зображення, застосування фільтрації елементів зображення для очищення від шумів, масштабування, підвищення чіткості тощо.

В той же час передавальні центри формують відеосигнал, параметри якого відповідають рекомендаціям ITU-R BT.601-7 [24], але на якість результуючого відеозображення не впливають. Крім того, якість відозображення, яке демонструють кінцевому глядачеві, може залежати від вмісту відеоконтенту.

Для того щоб автоматизувати телевізійне виробництво, необхідно застосовувати одне сімейство відео кодеків для можливості синхронізувати всі процеси між собою. Не можна застосовувати стандарти, несумісні один з одним. Причиною цього є той факт, що один алгоритм не може коректно декодувати результат, отриманий за допомогою роботи іншого алгоритму. Тому на різних етапах виробництва необхідно використовувати стандарти одного сімейства MPEG (1, 2, 3, 4, 7, 21) або H.264, H.265, або Apple ProRes (422 Proxy, 422 LT, 422 XQ, 422 HQ, 444). Детальніше про підбір кодеку для кожного етапу йдеться в п. 1.3.4 .

Для вдосконалення технологічного процесу архівування відеоматеріалів запропоновано метод керування відеопотоком, який

заснований на застосуванні системи контролю та управління якістю відеоконтенту (рис.3.1), що використовує відеотранскодер для зміни бітової швидкості відеопотоку відповідно до вимірної якості архівного відеозображення на підставі об'єктивних показників [3].

3.2 Концепція транскодера зі зворотним зв'язком для керування відеопотоком за критерієм якості відеозображення

Для реалізації запропонованого підходу для покращення якості відеоконтенту на етапах архівування, що заснований на застосуванні у технологічному процесі телевиробництва системи контролю та управління якістю відеоконтенту у спосіб, показаний на рис.3.1, необхідно використати відеотранскодер для керування бітовою швидкістю відеопотоку відповідно до вимірної якості сформованого кодером відеозображення на підставі об'єктивних показників. Тому з'ясуємо тип відеотранскодера, який потрібно застосувати для виконання такого завдання [3].

Транскодер без зворотного зв'язку має більш просту структуру та потребує менших обчислювальних витрат через відсутність необхідності здійснювати обернене та пряме ДКП [3]. Проте його суттєвими недоліками є:

- неможливість отримання первинних сигналів зображення (відліків сигналу яскравості та кольорових різницевих сигналів) в процесі транскодування;
- робота лише на зниження бітової швидкості відеопотоку, що призводить до пониження якості відеоконтенту та унеможливорює покращення його якості шляхом збільшення бітової швидкості у разі необхідності.

У каскадному транскодері відсутній перший недолік, оскільки з виходу блоку ОДКП можна отримати первинні сигнали зображення, що будуть надалі використані для обчислення якості сформованого відеоконтенту за

допомогою об'єктивних показників. Другий недолік можна усунути шляхом модифікації схеми транскодера (рис. 3.2). Тоді після декодування та обчислення якості відеозображення відеотранскодер буде працювати не лише на зниження бітової швидкості, але й на підвищення бітової швидкості відеопотоку для керування якістю відеоконтенту в процесі архівування [23, 25].

Відеотранскодер побудований за схемою зі зворотним зв'язком і складається із трьох частин: декодера, кодера та блоку об'єктивного аналізу якості і керування бітовою швидкістю [25, 26]. Відеотранскодер використовують у парі зі штатним відеокодером MPEG, який у свою чергу здійснює формування відеопотоку MPEG. Відеопотік потрапляє на декодер відеотранскодера, що здійснює операції, протилежні до операцій в штатному відеокодері. При цьому інформацію про параметри таблиці кодування кодом змінної довжини, про поточну бітову швидкість R_0 і про поточний коефіцієнт квантування q_0 , який впливає на бітову швидкість і якість переданого відеозображення, беруть безпосередньо із службових даних відеопотоку [3].

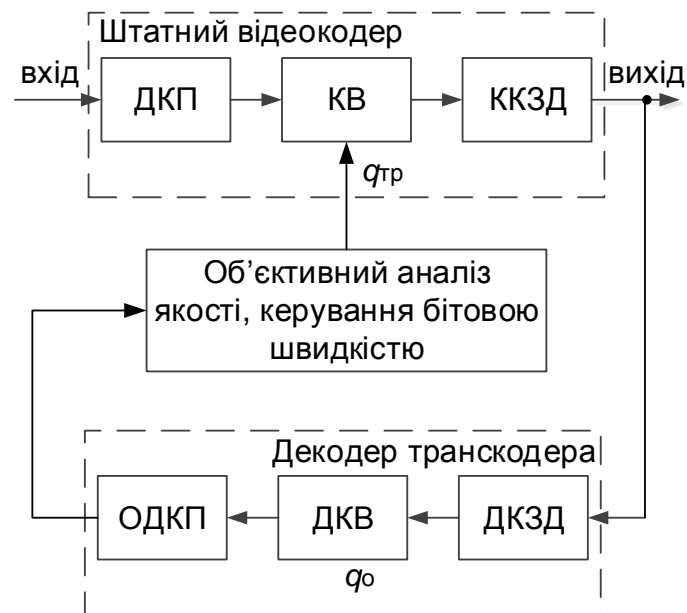


Рисунок 3.2 – Каскадний відеотранскодер зі зворотним зв'язком

Таким чином, на виході декодера відеотранскодера отримуємо дискретні значення відліків сигналу яскравості і кольорових різницевих сигналів кожного кадру відеопослідовності, готові для передавання до блоку об'єктивного аналізу якості. Як об'єктивний показник якості необхідно використати метрику, яка найбільше відповідає суб'єктивному сприйняттю людини [3].

Оскільки каскадний транскодер зі зворотним зв'язком (КТЗЗ) за своєю структурою та принципом функціонування мало відрізняється від транскодера без зворотного зв'язку (лише наявністю операцій прямого та оберненого ДКП), запропоновано застосувати для опису роботи КТЗЗ лінійну функцію транскодування, яка добре зарекомендувала себе у випадку відеотранскодера без зворотного зв'язку [27, 28].

Тоді зміну бітової швидкості відеопотоку здійснюють шляхом зміни значення глобального коефіцієнта квантування q_{tr} , який подають лінією зворотного зв'язку на штатний відекодер MPEG та який у випадку пониження якості відеоконтенту пов'язаний зі значенням глобального коефіцієнта квантування початкового відеопотоку q_0 виразом:

$$q_{tr} = m \cdot q_0 , \quad (3.1)$$

де m – коефіцієнт, що визначає зміну бітової швидкості потоку ($m > 1$).

У випадку підвищення якості відеоконтенту зв'язок між значенням глобального коефіцієнта квантування початкового відеопотоку q_0 та глобальним коефіцієнтом квантування транскодованого потоку q_{tr} буде описано виразом [3]:

$$q_0 = m \cdot q_{tr} , \quad (3.1a)$$

де коефіцієнт m також приймає значення $m > 1$.

З іншого боку відношення необхідної бітової швидкості $R_{тр}$ до початкової бітової швидкості R_0 відеопотоку пов'язане лінійною залежністю з відношенням між значеннями коефіцієнта квантування початкового q_0 і транскодованого $q_{тр}$ відеопотоку [25]:

$$\frac{R_{тр}}{R_0} = c \left(\frac{q_0}{q_{тр}} \right) + d, \quad (3.2)$$

де c і d – параметри удосконаленої моделі транскодера зі зворотним зв'язком.

Для подальших досліджень роботи КТЗЗ необхідно встановити взаємозв'язок між якістю сформованого відеокодером зображення та бітовою швидкістю відеопотоку на виході відеокодера.

3.3 Застосування ранжування відеозображень для керування якістю відеоконтенту

Скориставшись результатами проведеного експерименту зі з'ясування впливу швидкості бітового потоку на погіршення якості зображення відеопослідовностей [3], зробимо припущення, яке буде використано під час подальших досліджень КТЗЗ. Досліджувані відеопослідовності представляють набір ситуацій, які виникають під час роботи телеканалу новин та характеризуються певними ознаками, такими як наявність руху в кадрі, новинна графіка, зображення диктора в кадрі тощо. Тому запропоновано ввести ранжування відеозображень для виділення трьох класів відеопослідовностей, з якими працюватиме КТЗЗ. Відповідні класи ВП, їхні типові ознаки та відповідність тестовим послідовностям, які були застосовані під час експерименту, наведено в табл. 3.1 [29, 30].

Таким чином, до першого класу $k = 1$ віднесено відеозображення з найвищими експертними оцінками, що мають штучну природу походження –

новинна графіка. В телевізійному виробництві використовуються оперативна графіка, така як слайд-шоу, накладання титрів та логотипів, а також проста 2Д графіка.

До другого класу $k = 2$ віднесено відеокадри, що містять зображення людей, запис телеведучої в студії, інтерв'ю, бліц опитування або адресні плани будівель – статичне відео. Це такий вид відео, коли в кадрі спостерігають статичне, майже не рухоме, зображення. Експертні оцінки таких відеозображень дещо нижчі.

До третього класу $k = 3$ віднесено відеокадри підвищеної складності, які містять насичений колір, дрібні деталі та різні типи руху – динамічне відео. Прикладом може бути концерт, рух транспорту та футбольні матчі.

Таблиця 3.1 – Класи відеопослідовностей

Клас ВП k	Типові ознаки класу	Відповідна тестова ВП
1	Рух, текст, зміна масштабу зображення, тонкі деталі та ефект маскування (найчастіше оперативна графіка)	Новинна графіка
2	Повільний рух, насичені кольори (найчастіше запис диктора)	Статичне зображення
3	Швидкий рух, насичені кольори, зміна плану, тонкі деталі (найчастіше запис концерту)	Динамічне зображення

3.4 Алгоритм роботи каскадного транскодера зі зворотним зв'язком з різними класами відеозображень

Визначимо алгоритм роботи КТЗЗ із послідовностями відеокadrів різних класів під час транскодування відеопотоку за критерієм якості відеозображення [31].

1. Використовуючи інформацію про пікселі еталонного x_i та спотвореного y_i кадрів зображення з виходу декодера відеотранскодера (див. рис. 3.2), обчислюють об'єктивний показник якості Q_0^{cp} для відеопотоку на вході КТЗЗ, який було оброблено за допомогою глобального коефіцієнта квантування q_0 .

2. За допомогою обчисленого значення об'єктивного показника якості Q_0^{cp} та значення швидкості бітового потоку R_0 на вході КТЗЗ, використовуючи алгоритм класифікації за мінімумом відстані [32], приймають рішення про приналежність відеокадрів до певного класу k .

3. Маючи інформацію про клас k послідовності відеокадрів, за нею закріплюють керуючу характеристику (рис. 3.3):

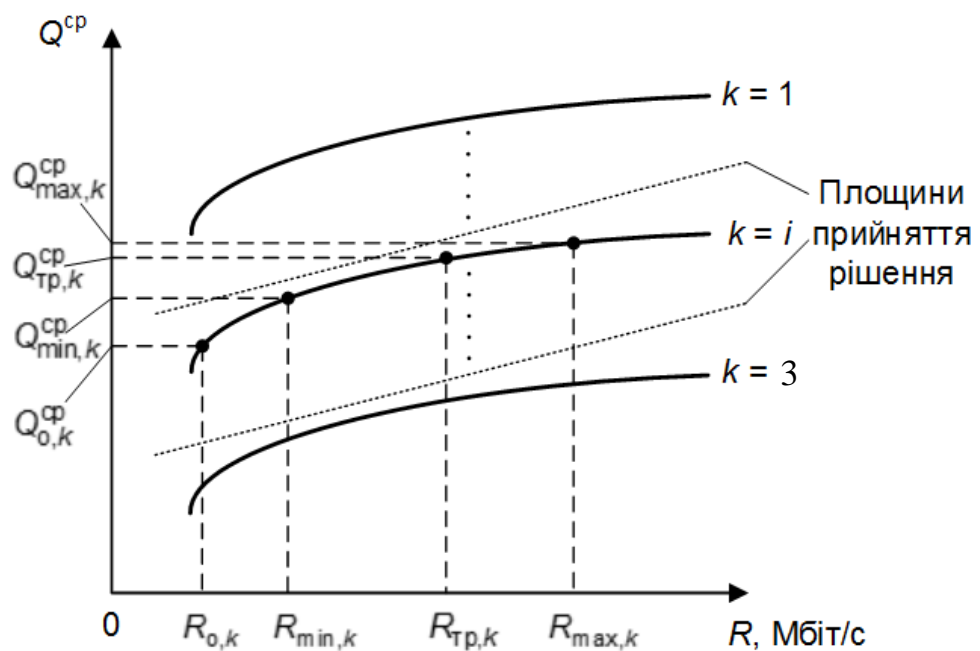


Рисунок 3.3 – Керуючі характеристики для послідовностей відеокадрів різних класів

$$Q_k^{cp} = f(R_k). \quad (3.3)$$

4. Для кожного класу k ВП мають бути визначені граничні показники якості $Q_{\min,k}^{\text{cp}}$, $Q_{\max,k}^{\text{cp}}$ та відповідні їм значення швидкості бітового потоку $R_{\min,k}$, $R_{\max,k}$. Значення $Q_{\min,k}^{\text{cp}}$ відповідає ситуації, коли спотворення трохи заважають сприйняттю зображення глядачем (оцінка «задовільно» за 5-бальною шкалою). Значення $Q_{\max,k}^{\text{cp}}$ відповідає ситуації, коли спотворення помітні, але не заважають сприйняттю зображення (оцінка «добре» за 5-бальною шкалою) [3].

5. Здійснюють порівняння обчисленого показника якості $Q_{o,k}^{\text{cp}}$ послідовності відеокадрів, віднесеної до k -го класу, з граничними показниками якості $Q_{\min,k}^{\text{cp}}$ та $Q_{\max,k}^{\text{cp}}$.

Якщо виконується умова

$$Q_{o,k}^{\text{cp}} < Q_{\min,k}^{\text{cp}}, \quad (3.4)$$

то це означає, що якість відеозображення у підготовленому до архівування відеопотоці нижча від мінімальної граничної якості для даного класу відеозображень (рис. 3.3), тому необхідно підвищити якість відеоконтенту так, щоб бажане значення показника якості $Q_{\text{тр},k}^{\text{cp}}$ знаходилося у межах граничних показників якості на інтервалі $[Q_{\min,k}^{\text{cp}}; Q_{\max,k}^{\text{cp}}]$.

Якщо виконується умова

$$Q_{o,k}^{\text{cp}} > Q_{\max,k}^{\text{cp}}, \quad (3.5)$$

то це означає, що якість відеозображення у підготовленому до архівування відеопотоці вища від максимальної граничної якості для даного класу відеозображень, тому необхідно понизити якість відеоконтенту так, щоб

бажане значення показника якості $Q_{тр,k}^{cp}$ також знаходилося у межах граничних показників якості на інтервалі $[Q_{min,k}^{cp}; Q_{max,k}^{cp}]$.

При цьому у обох випадках запропоновано обчислювати $Q_{тр,k}^{cp}$ як середнє арифметичне граничних показників якості:

$$Q_{тр,k}^{cp} = \frac{Q_{min,k}^{cp} + Q_{max,k}^{cp}}{2}. \quad (3.6)$$

6. Якщо умови (3.4) – (3.5) не виконуються, це означає, що якість відеозображення у підготовленому до архівування відеопотоці знаходиться у прийнятних межах, тому немає потреби у зміні бітової швидкості відеопотоку та обчисленні нового значення $q_{тр}$ глобального коефіцієнта квантування.

7. У випадку виконання умов (3.4) – (3.5), маючи бажане значення показника якості $Q_{тр,k}^{cp}$, обчислюють та надсилають до штатного кодера MPEG-2 нові значення бітової швидкості $R_{тр,k}$ та глобального коефіцієнта квантування $q_{тр}$, які буде використано для архівування з новим показником якості.

Алгоритм роботи КТЗЗ із послідовностями відеокадрів різних класів під час транскодування відеопотоку за критерієм якості системи архівування наведено на рис. 3.4.

3.5 Удосконалення системи керування якістю відеоконтенту за критерієм якості відеозображення

Із врахуванням узагальненої структури КТЗЗ (рис. 3.3) та алгоритму його роботи (рис. 3.4) запропоновано функціональну схему системи керування якістю відеоконтенту, що відповідає підходу, описаному в п.3.1 [22, 23].

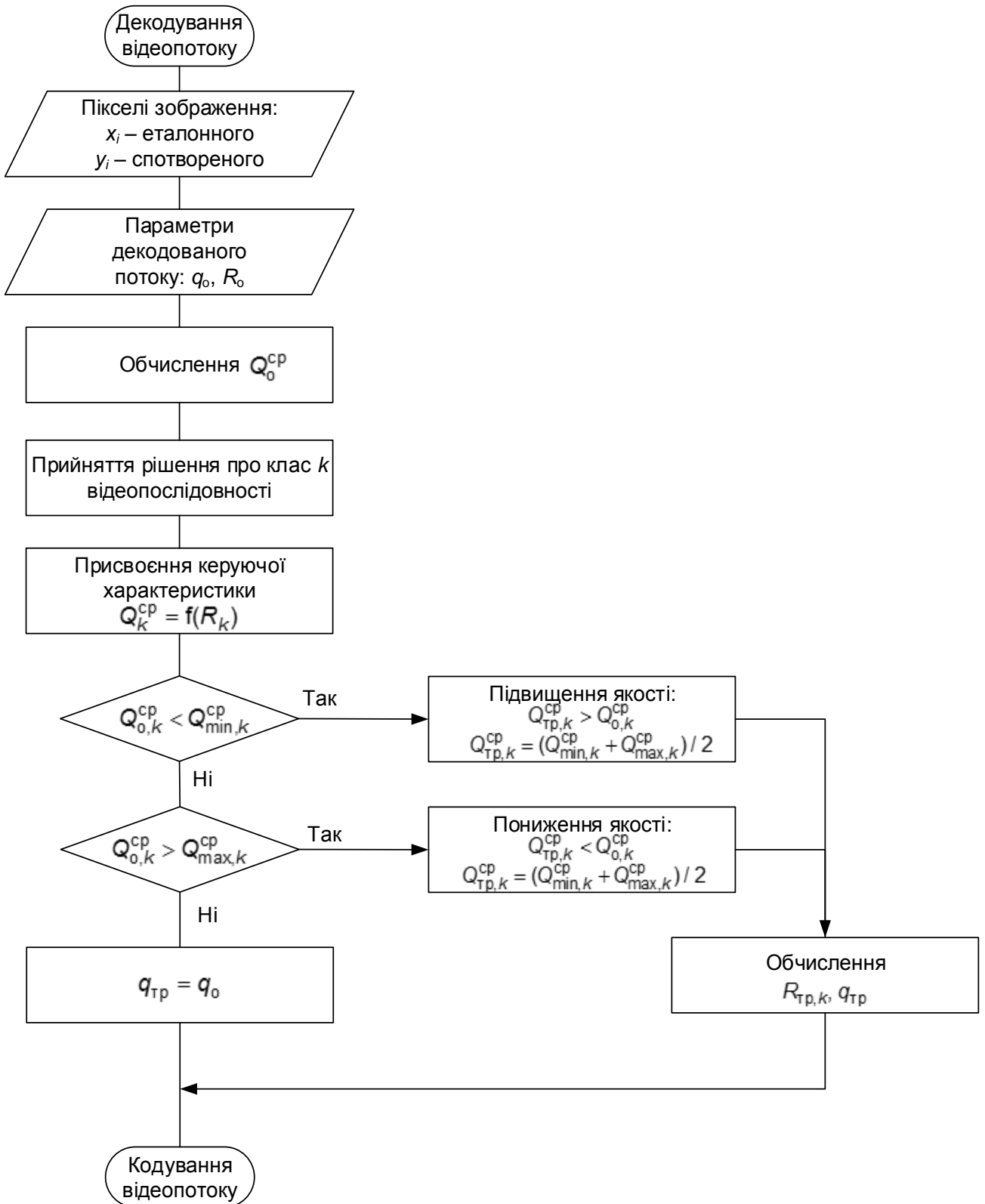


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи КТЗЗ за критерієм якості результуючого відео зображення

Система працює зі змонтованим та готовим до архівування відеоконтентом. Штатний відеокодер MPEG-2 формує стиснутий цифровий відеопотік, який характеризують значеннями глобального коефіцієнта квантування q_0 та бітової швидкості R_0 , готовий для передавання у систему каналного кодування та модуляції [3].

Для керування якістю системи архівування через лінію зворотного зв'язку стиснутий цифровий відеопотік надходить на декодер відеотранскодера, з виходу якого отримують декодовану та спотворену внаслідок стиснення кодером MPEG-2 послідовність відеокадрів y_i , що подають в блок об'єктивного аналізу якості та керування бітовою швидкістю (ОАЯ та КБШ) [3].

На інший його вхід через БЗП подають неспотворену початкову (еталонну) послідовність відеокадрів x_i (рис. 3.5).

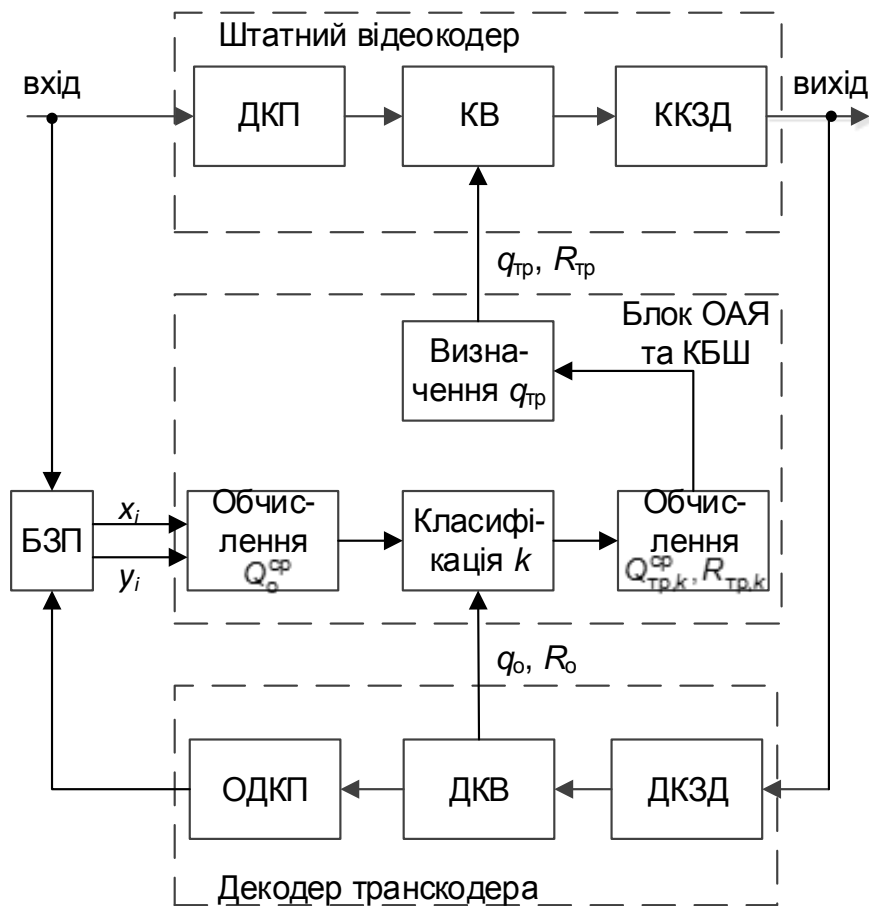


Рисунок 3.5 – Функціональна схема системи керування якістю відеоконтенту за критерієм якості зображення

Необхідність застосування буферу можна пояснити двома причинами: компенсацією затримки проходження відеокадрів через кодер та декодер (затримка транскодування) і необхідністю накопичення деякої кількості еталонних та спотворених відеокадрів для усереднення отриманого об'єктивного показника якості.

Суб'єктивний аналіз якості є одним із завдань для подальших досліджень у рамках цієї роботи. Потім за допомогою обчисленого показника якості Q_0^{cp} та бітової швидкості R_0 блок ОАЯ та КБШ здійснює класифікацію послідовностей відеокадрів та визначення бажаної якості послідовності відеокадрів класу k $Q_{tp,k}^{cp}$, як показано у п.3.4.

Висновки до розділу:

1. Запропоновано для реалізації автоматизованої системи телевиробництва використовувати відеокодеки одного сімейства на його різних етапах (наприклад, Apple ProRes 422 Proxy на етапі архівування; Apple ProRes 4444 і Apple ProRes 4444 XQ – графічного дизайну; Apple ProRes 422 – відео монтажу тощо).

2. Для телеканалів новин запропоновано класифікацію відеозображень за характерними ознаками, виокремлено 3 класи відеопослідовностей: графіка, статичне зображення – диктор в кадрі, динамічне зображення – трансляція спортивних подій, концертів тощо.

3. Розроблено удосконалену систему архівування відеоматеріалів для телеканалів новин, що враховує якість відеозображення підготовленого до архівування, на основі каскадного транскодера зі зворотнім зв'язком

4. Розроблено алгоритм роботи КТЗЗ системи архівування з відеопослідовностями різних класів.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОПОСЛІДОВНОСТІ В СИСТЕМІ АРХІВУВАННЯ

4.1 Програмне забезпечення

Для реалізації експерименту з визначення якості відеопослідовностей нам знадобилися такі програми, як:

1. *Movavi Video Converter 19 Premium.*

Програмний пакет, що дозволяє конвертувати відео файли з різним бітрейтом, тим самим керувати розміром та якістю відео, що стискається.

Основними перевагами цієї програми є те, що вона дозволяє:

- зберігати якість оригінального відео, в тому числі знятого в HD і Ultra HD якості;
- оцінювати оптимальне стиснення файлів без будь-яких помилок в процесі обробки;
- застосовувати зручні готові профілі – не потрібно нічого налаштовувати для досягнення кращого ефекту;
- використовувати функцію попереднього перегляду, щоб легко перевіряти, як буде виглядати файл після конвертації;
- конвертувати в будь-який з більш ніж 180 форматів медіа, в тому числі AVI, MKV, MOV, MP4; AAC, MP3, OGG; GIF, JPG, PNG і багато інших;
- обирати з більш 200 профілів для всіх популярних пристроїв, включаючи останні моделі iPhone, iPad, Samsung Galaxy, Sony PlayStation і багато інших.

Загальний інтерфейс програми наведений на рис. 4.1:

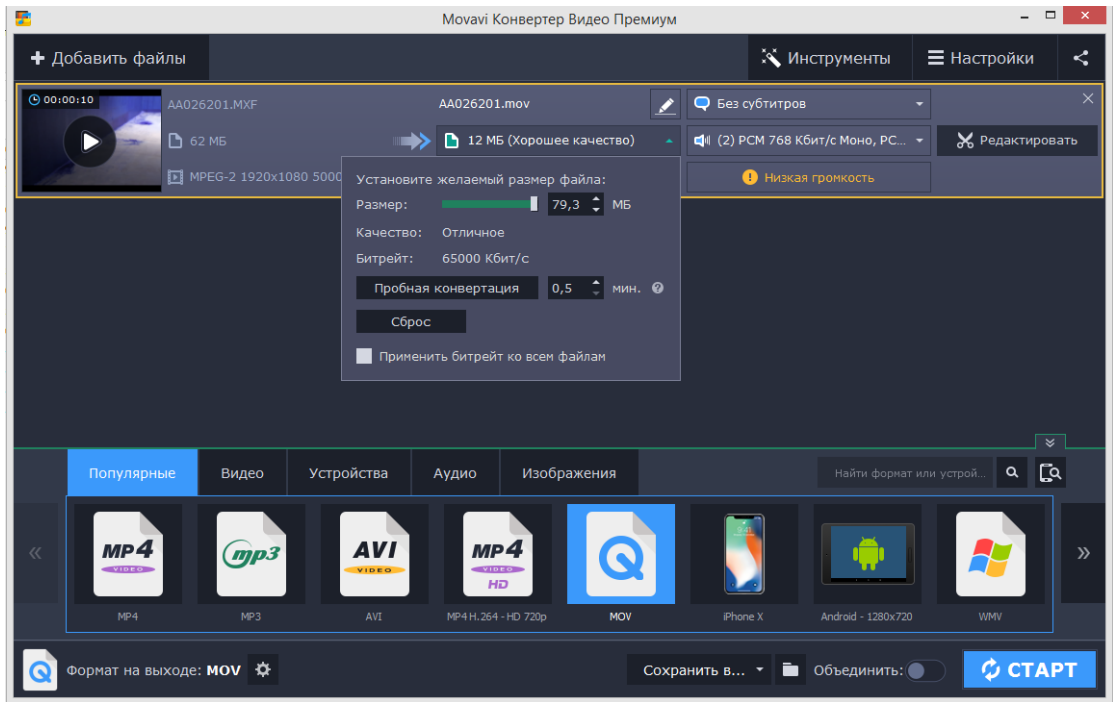


Рисунок 4.1 – Интерфест програми Movavi Video Converter 19 Premium

2. *MSU Video Quality Measurement Tool.*

Інструмент вимірювання якості відеопослідовностей (VQMT) – програма для об'єктивного оцінювання якості відео. Вона дозволяє порівнювати еталонне відеозображення з одним чи двома спотвореними внаслідок застосування відео кодеків з різними параметрами. Основна схема застосування інструменту показана нижче (рис. 4.2).

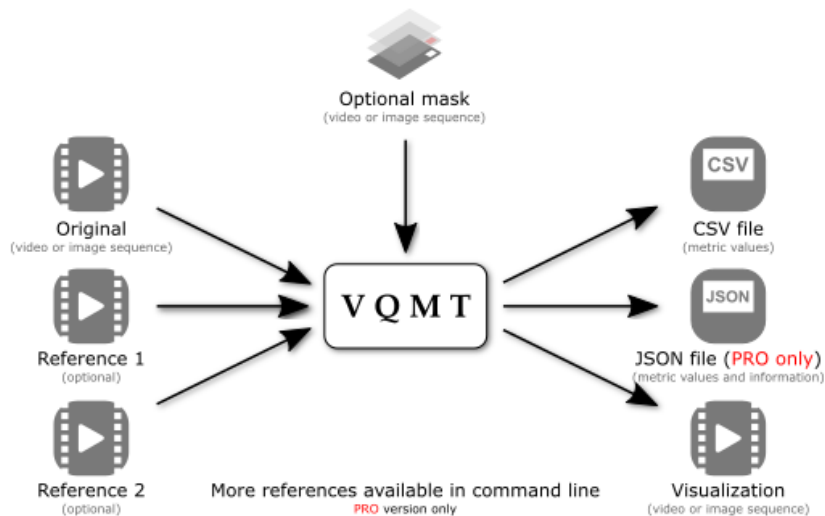


Рисунок 4.2 – Принцип роботи MSU VQMT

Якість відео – це характеристика відео, переданого через систему передавання/обробки відео, формальні чи неформальні показники сприйманої деградації відео (як правило, у порівнянні з оригінальним відео). Системи обробки відео можуть вводити певні спотворення або артефакти у відеосигнали, тому оцінка якості відео є важливою проблемою. MSU VQMT – це програма для вимірювання якості відео. Ця програма дозволяє створювати об'єктивне порівняння відеокодеків та аналізувати фільтри для обробки відео.

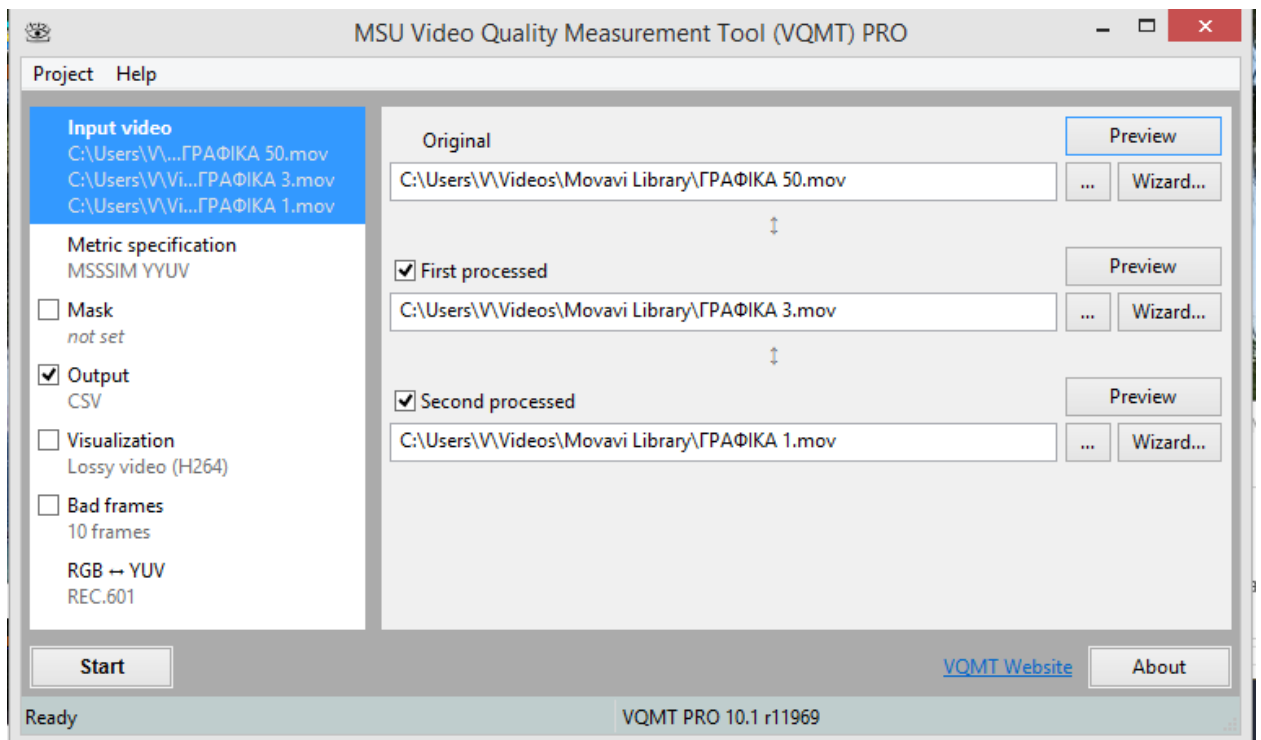


Рисунок 4.3 – Інтерфейс програми MSU VQMT

На рис. 4.3 введено такі позначення:

Original - оригінальний відеофайл. Інші файли будуть порівнюватися з ним. Відзнятий файл без стиснення.

First processed – оброблений (стиснений) файл, який буде порівнюватися з оригіналом. Папка, що містить цей файл, автоматично встановлюється, як папка виводу для файлів *.csv та візуалізації.

Порівняльний аналіз – дозволяє порівнювати два файли в один прохід.

Second processed – другий оброблений файл для порівняльного аналізу. Дозволяє порівнювати два файли з одним оригіналом в один прохід (наприклад, стиснуті при різному бітрейті). Папка, що містить цей файл, автоматично встановлюється як папка виводу для файлів * .csv та візуалізації (якщо вона не дорівнює папці, що містить перший оброблений файл, тоді остання зазначена папка використовується як папка виводу).

Результати об'єктивного порівняння стиснутих відеопослідовностей з оригіналом представлені графіками (рис. 4.4) та експортуються у файл Excel .

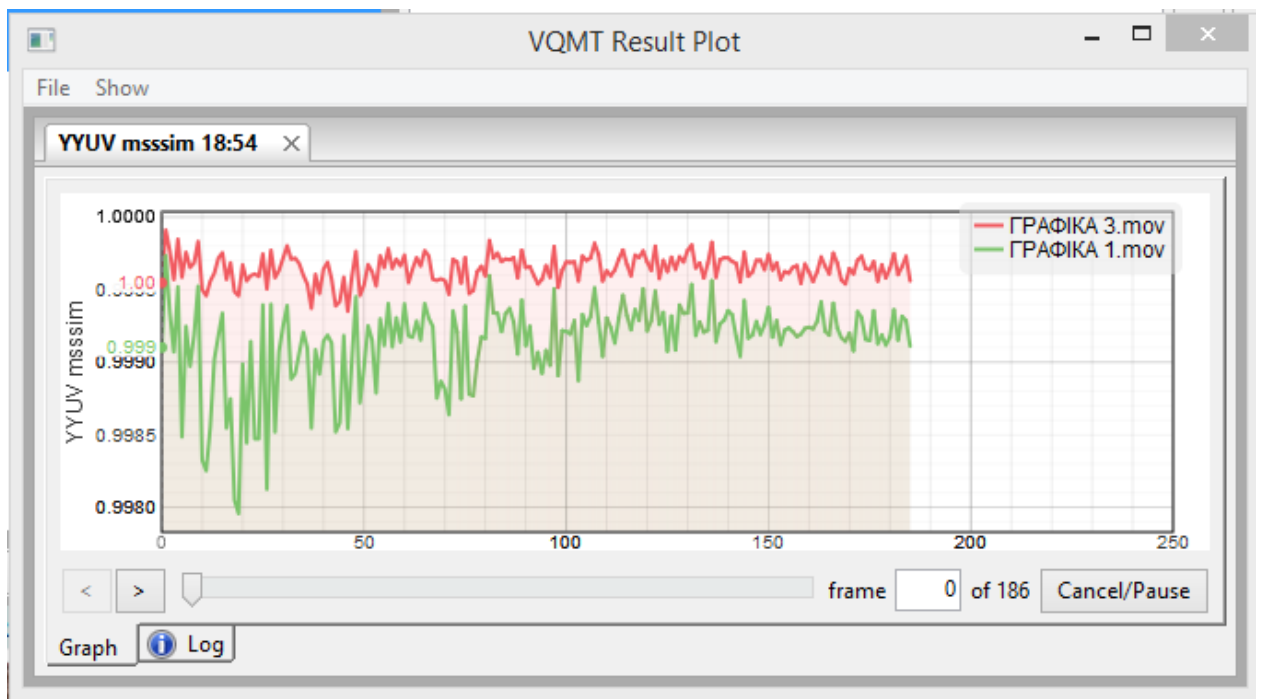


Рисунок 4.4 – Результати роботи програми графіки VQMT

3. Наступним, не менш важливим, програмним забезпеченням є *Microsoft Office Excel*. На основі даних про бітрейт та середню оцінку якості (AVG), отриманих в результаті роботи програми MSU VQMT, упорядкованих у рядки або стовпці на аркуші, можна побудувати точкові діаграми, розмістивши значення X в одному рядку або стовпці, а потім представивши відповідні значення Y у суміжних рядках або стовпцях середовища Excel.

Точкові діаграма мають дві осі даних: вісь абсцис (X) і вісь ординат (Y). Ці значення поєднуються в єдині точки й відображаються в кластерах. Точкові діаграми застосовують для відображення та порівняння числових значень, наприклад, в нашому випадку для різних класів ВП.

Нижче наведено типи діаграм, які можна побудувати за допомогою цього програмного забезпечення (рис. 4.5).

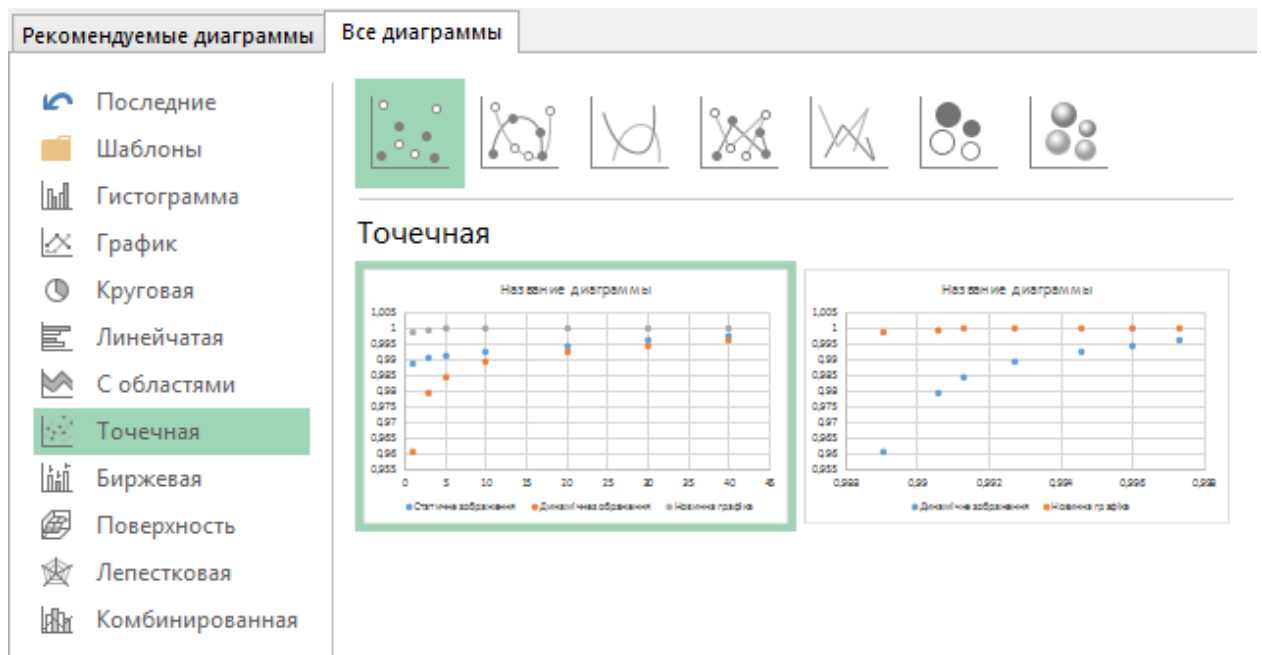


Рисунок 4.5 – Типи діаграм в Microsoft Office Excel

Також за допомогою програмного пакету Microsoft Office Excel [33] можна апроксимувати точкові діаграми. Головний інструмент, за допомогою якого проводиться згладжування в Excel – це побудова лінії тренду. Суть полягає в тому, що на основі вже наявних показників добудовується графік функції на майбутні періоди. Основне призначення лінії тренду, як не важко здогадатися, це складання прогнозів або виявлення загальної тенденції.

Але лінія тренду може бути побудована з застосуванням одного з п'яти видів апроксимації:

1. Лінійної;
2. Експоненційної;

3. Логарифмічної;
4. Поліноміальної;
5. Степеневої.

В нашій роботі найбільш доцільним є використання логарифмічної апроксимації. Алгоритм наступний :

1. Через контекстне меню запускаємо вікно формату лінії тренда. Встановлюємо перемикач в позицію «Логарифмічна» і тиснемо на кнопку «Закрити» (рис.4.6).

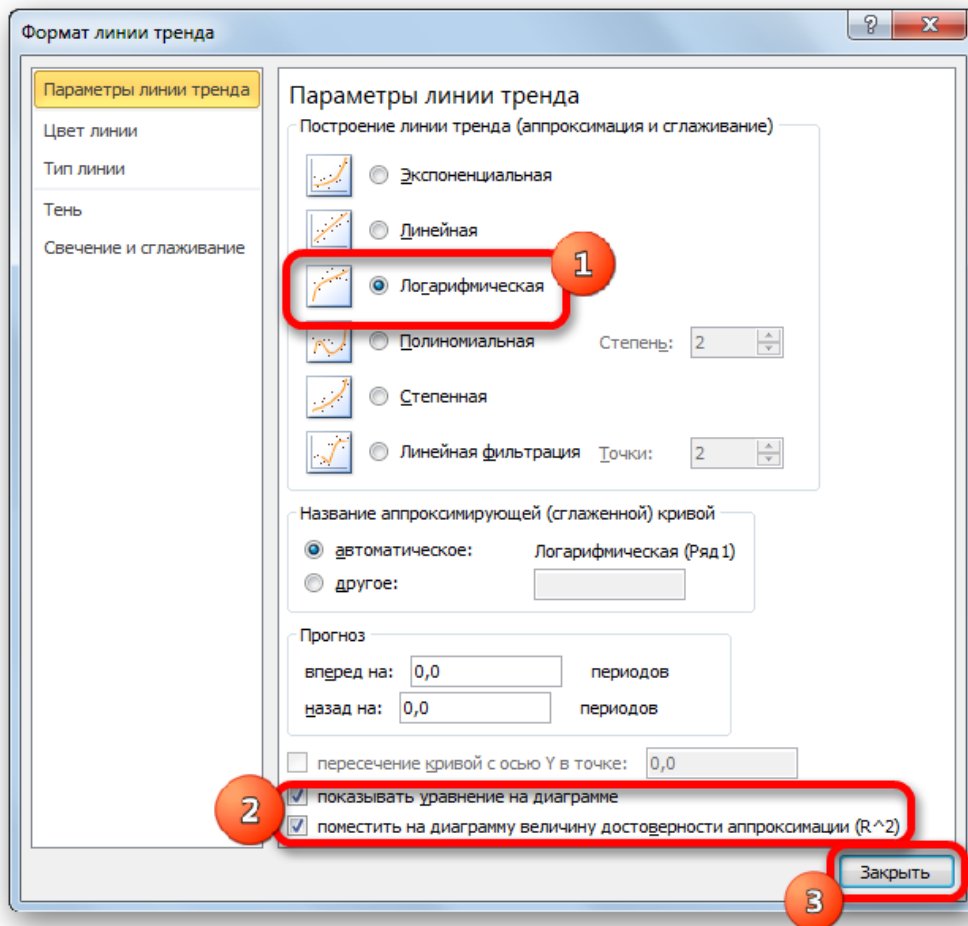


Рисунок 4.6 – Меню формат лінії тренду

2. Відбувається процедура побудови лінії тренду з логарифмічною апроксимацією. Такий варіант краще використовувати тоді, коли спочатку

дані швидко змінюються, а потім приймають збалансований вигляд (рис. 4.7) [33]. Як бачимо, рівень достовірності дорівнює 0,958. Це вище, ніж при використанні лінійного методу.

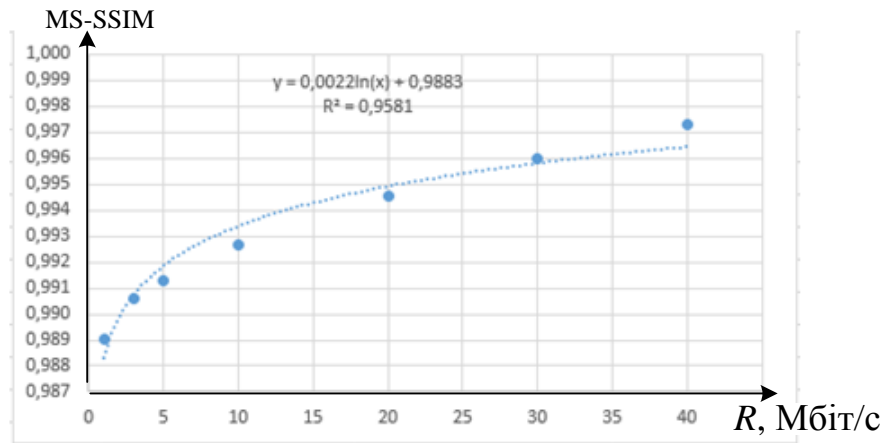


Рисунок 4.7 – Лінія тренду з логарифмічною апроксимацією

У загальному вигляді формула згладжування виглядає так:

$$y = a \cdot \ln(x) + b,$$

де $\ln()$ – це величина натурального логарифма. Звідси і назва методу.

4.2 Опис та підготовка експерименту

В сучасному телевізійному виробництві існує проблема в недостатній кількості вільного простору для архівних матеріалів. Суть експерименту полягає в тому, щоб встановити залежність якості відеоматеріалів від бітового потоку.

Для реалізації експерименту проаналізовано набір ситуацій, які виникають під час роботи телеканалу новин, та запропоновано використовувати три класи відеозображень (1-й клас – новинна графіка, 2-й клас – динамічне відео та 3-й клас – статичне відео). Для дослідження обрано

тестові відеопослідовності тривалістю по 10 секунд, що належать до відеопослідовностей певного класу. Представлено по сім зразків ВП кожного класу з різним бітрейтом (1 Мбіт/с, 3 Мбіт/с, 5 Мбіт/с, 10 Мбіт/с, 20 Мбіт/с, 30 Мбіт/с, 40 Мбіт/с), щоб встановити вплив ступеня стиснення в процесі архівування на якість відеоматеріалів.

Під час підготовки даних зразків використано ПЗ Movavi Video Converter 19 Premium. Спостерігається закономірність – зменшення розміру файлу та погіршення якості відеопослідовності зі зменшенням бітрейту відео (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Залежність розміру файлів від бітового потоку

R, Мбіт/с	1-й клас ВП (розмір, Мбайт)	2-й клас ВП (розмір, Мбайт)	3-й клас ВП (розмір, Мбайт)
Оригінал	91	62	71
40	49	50	57
30	37	37,5	43
20	25	25,5	29
10	13	13,5	15,5
5	6,5	7	8
3	4	5	5,5
1	1,8	2,5	3

Наступним кроком є оцінювання якості відеопослідовностей за допомогою програмного забезпечення MSU Video Quality Measurement Tool, що ґрунтується на об'єктивному методі SSIM, алгоритм якого розроблено для вимірювання зміни між еталонним і спотвореним зображенням.

Порівнюємо кожен зразок стиснутої ВП з еталонним, середня оцінка якості експортується в файл Excel. Після покрокового виконання на виході отримуємо набір точок для кожного класу, які представляють собою залежність якості відеоматеріалу від швидкості бітового потоку.

Microsoft Office Excel дозволяє побудувати точкову діаграму на основі даних з попередньої програми.

Необхідно визначити керуючу характеристику для кожного з класів. Для цього проводимо апроксимацію, скориставшись функцією побудови лінії тренду. Логарифмічна апроксимація в порівнянні з лінійною, степеневою, поліноміальною та експоненціальною апроксимаціями найточніше описує залежність для всіх трьох класів (достовірність апроксимації близько 90%, як наведено в табл. 4.3).

Визначаємо межі та знаходимо коефіцієнти керуючої характеристики кожного класу.

На основі отриманих даних, використовуючи алгоритм роботи КТЗЗ, знаходимо коефіцієнт квантування та бітову швидкість транскодеру, необхідну для кожного класу відеопослідовностей.

4.3 Результати експерименту

Результати оцінювання якості тестових послідовностей різних класів методом MS-SSIM наведено на рис. 4.8 та табл. 4.2

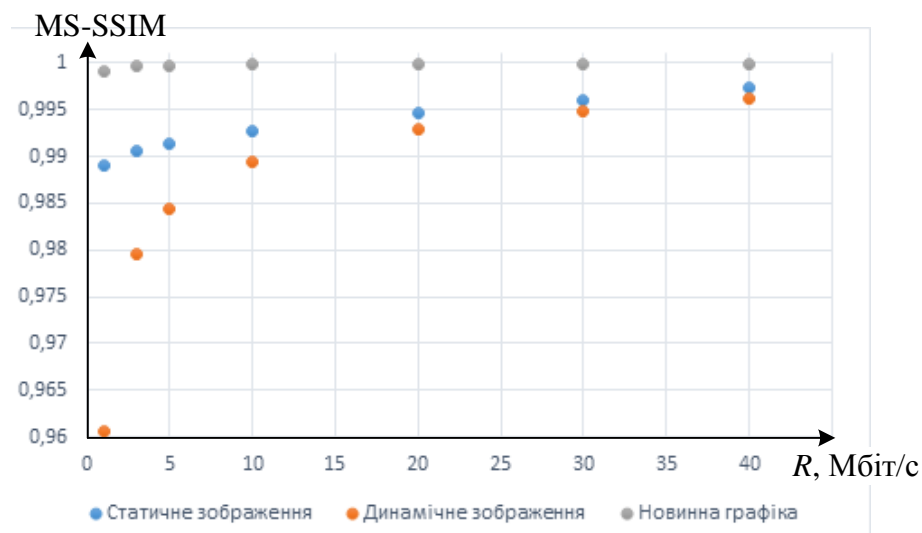


Рисунок 4.8 – Графік залежності об'єктивної оцінки якості від значення бітового потоку

Таблиця 4.2 – Значення об'єктивної оцінки якості для різних класів відеопослідовності

Клас ВП	Швидкість бітового потоку R, Мбіт/с	Об'єктивна оцінка якості MS-SSIM
1	1	0,9991325736
	3	0,9996473193
	5	0,9997415543
	10	0,9998219013
	20	0,9998701811
	30	0,9998943806
	40	0,9999129176
2	1	0,9890642166
	3	0,9905926585
	5	0,9912782311
	10	0,9926954508
	20	0,9945637584
	30	0,9960069656
	40	0,9972833395
3	1	0,9606207609
	3	0,9796184301
	5	0,9844475985
	10	0,9894878268
	20	0,9929121137
	30	0,9947550297
	40	0,9961860776

4.4 Апроксимація отриманих результатів

Використовуючи алгоритм роботи каскадного транскодера зі зворотнім зв'язком (п. 3.4), знаходимо необхідний бітрейт транскодера для кожного класу.

1) Вхідні дані:

q_0 – глобальний коефіцієнт квантування;

R_0 – значення швидкості бітового потоку на вході КТЗЗ;

Q_0^{cp} – об'єктивний показник якості, обчислений в п. 2.1.

2) Використавши алгоритм класифікації приймаємо рішення про приналежність відеокадрів до певного класу k , закріплюємо керуючу характеристику $Q = f(R)$:

– граничні показники для 1-го класу: $Q_{\text{min},k}^{\text{cp}} = 0,999$, $Q_{\text{max},k}^{\text{cp}} = 1$, тоді

$$Q_{\text{тр}}^{\text{cp}} = 0,9995$$

– граничні показники для 2-го класу: $Q_{\text{min},k}^{\text{cp}} = 0,989$, $Q_{\text{max},k}^{\text{cp}} = 1$, тоді

$$Q_{\text{тр}}^{\text{cp}} = 0,9945$$

– граничні показники для 3-го класу: $Q_{\text{min},k}^{\text{cp}} = 0,961$, $Q_{\text{max},k}^{\text{cp}} = 1$, тоді

$$Q_{\text{тр}}^{\text{cp}} = 0,9805$$

3) Наступним кроком є обчислення значень необхідної бітової швидкості $R_{\text{тр}}$, яку можна виразити з керуючої характеристики. Щоб отримати вираз для керуючої характеристики, виконаємо апроксимацію результатів об'єктивного вимірювання якості, використовуючи логарифмічну функцію:

$$Q = a \cdot \ln(R) + b.$$

Результати апроксимації наведено на рисунках 4.9 - 4.11 та в таблиці 4.3, де коефіцієнти a і b однозначно ідентифікують керуючу характеристику заданого класу.

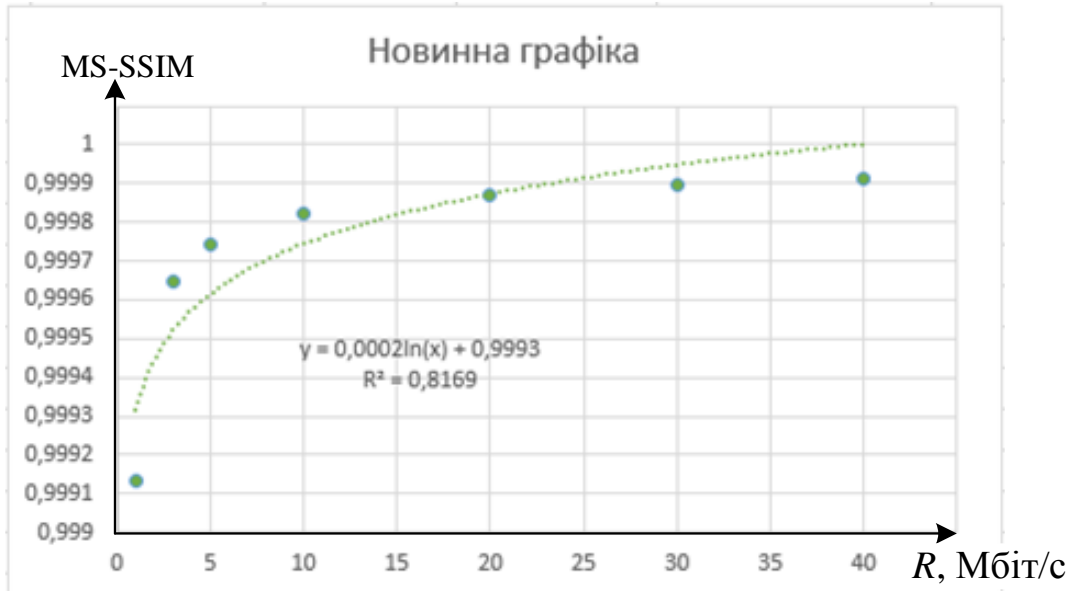


Рисунок 4.9 – Лінія тренду з логарифмічною апроксимацією для 1-го класу

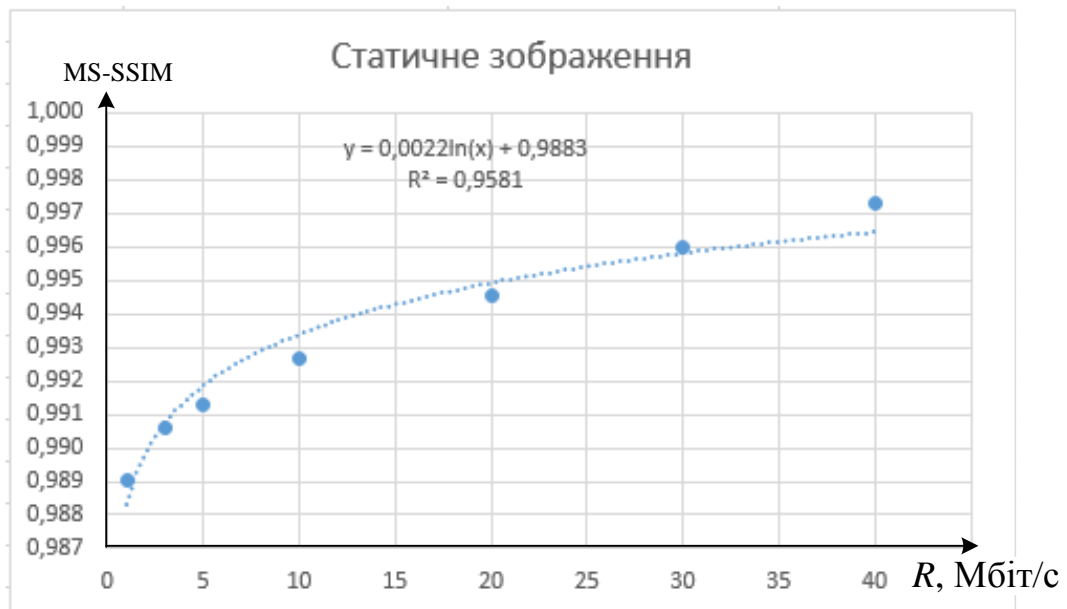


Рисунок 4.10 – Лінія тренду з логарифмічною апроксимацією для 2-го класу

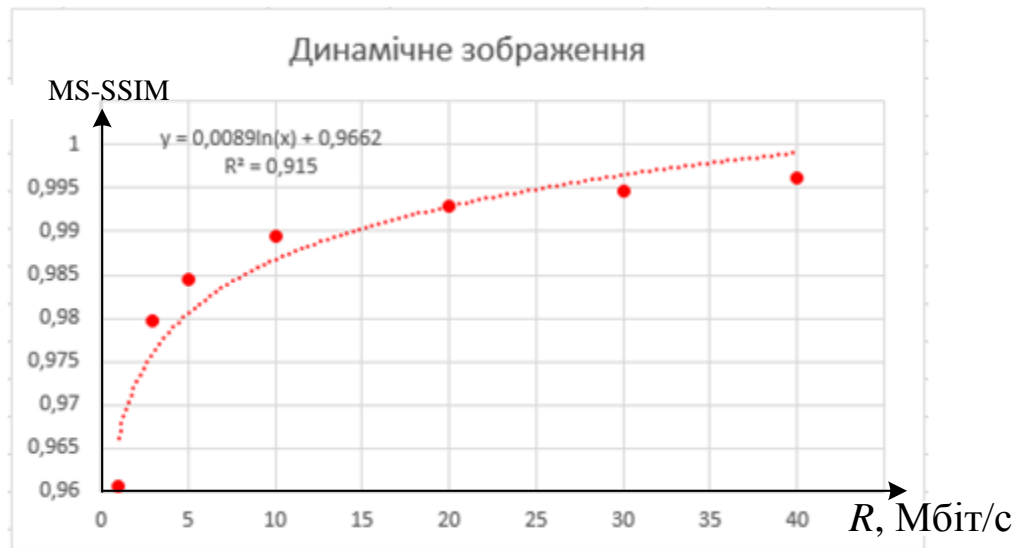


Рисунок 4.11 – Лінія тренду з логарифмічною апроксимацією для 3-го класу

Таблиця 4.3 – Таблиця відповідності класу відеопослідовності керуючій характеристиці та точність апроксимації r^2

Клас	a	b	r^2
1	0,0002	0,9993	0,8169
2	0,0022	0,9883	0,9581
3	0,0089	0,9662	0,915

Визначивши значення $R_{\text{тр}}$ через показник якості для керуючої характеристики отримуємо :

$$R_{\text{тр}} = \exp\left(\frac{Q_{\text{тр}}^{\text{сп}} - b}{a}\right)$$

4) Обчисливши $R_{\text{тр}}$ знаходимо коефіцієнт квантування транскодованого відеозображення $q_{\text{тр}}$ із співвідношення:

$$\frac{R_{\text{тр}}}{R_0} = c \left(\frac{q_0}{q_{\text{тр}}} \right) + d.$$

Тоді отримаємо вираз, що пов'язує коефіцієнт квантування транскодованого відеозображення з початковими параметрами відеопотоку та бажаним показником якості архівованого відеозображення:

$$q_{\text{тр}} = \frac{cR_o q_o}{R_{\text{тр}} - dR_o}$$

де c і d – параметри удосконаленої моделі транскодера зі зворотним зв'язком.

Висновки до розділу

1. В результаті виконання експерименту отримано залежність якості відеозображення від швидкості бітового потоку для кожного класу відеопослідовностей.

2. Апроксимовано отриману залежність за допомогою логарифмічної функції (точність апроксимації перевищує 0,8) та визначено коефіцієнти керуючої характеристики, що однозначно ідентифікують відеопослідовності різних класів.

3. Отримано аналітичний вираз керуючої характеристики транскодера зі зворотним зв'язком для розробленої системи архівування

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1 Опис ідеї проекту

Суть стартап-проекту полягає: запропонувати вдосконалену систему архівування для телеканалів новин. Зміст ідеї та визначення характеристик ідеї стартапу наведено в табл. 5.1 та табл. 5.2 [34].

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямок застосування	Вигоди для користувача
Запропонувати вдосконалену систему архівування	Телевізійне виробництво	1.Зменшити розміри файлів, зберігши якість 2.Зменшити витрати для придбання додаткової пам'яті 3.Автоматизована система керування, що з легкістю підключається до загального тракту будь-якої телекомпанії.

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї проекту [34]

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонований метод	Загальноживаний метод			
1.	Пропозиція продажу або оренди програмного забезпечення для системи архівування	Дає змогу	Дає змогу	Необхідно придбати ліцензію для всього програмного забезпечення	Рівень цін продажу та оренди не задовільняє малі телеканали	Рішення є дешевшим ніж аналоги конкурентів
2.	Підтримання високої якості при стисканні відеоконтенту	Дає змогу	Не дає змогу	Не гарантується 100% якість для всіх класів ВП	Потребує додаткових затрат на периферію	Забезпечує збереження вільного простору

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У таблиці 5.3 показано оцінку технологічної здійсненності ідеї проекту та наведено технології, що можуть бути використані для реалізації проекту

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту [34]

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: оцінка якості на основі роботи КТЗЗ.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Удосконалена система архівування для продажу новинним телеканалам	Спеціалізоване програмне забезпечення для процесу архівування	Наявна	Доступна
2		Технологія оцінювання якості відеозображення	Необхідно розробити	Доступна при обмеженому бюджеті
3		Розробка алгоритму роботи КТЗЗ	Необхідно розробити	При обмеженому бюджеті недоступна

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 5.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту [34].

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	300000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зацікавлення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Ліцензування на телевізійне мовлення
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$300000/210000 = 143\%$

У таблиці 5.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту. [34]

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Забезпечення надійного зберігання медіаконтенту	ЗМІ, медійні компанії, телевізійні новини	Рівень очікування якості передавання відеоконтенту	Відповідність результату найвищим стандартам якості
2	Забезпечення довготривалого зберігання	ЗМІ, медійні компанії, телевізійні новини	Кожна з потенційних цільових груп має свої вимоги до стандартів відеозображення	Забезпечення хорошої якості всього обсягу контенту

У табл. 5.6 показані фактори загроз реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.6. Фактори загроз [34]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Незацікавленість клієнтів	Внаслідок невдалого маркетингу клієнт може не зацікавитись послугами	Внесення додаткових сервісних послуг
2	Втрата конкуренції	Втрата рангу надійного поставника	Якісне та кількісне нарощування інтенсивності та грамотна цінова політика

У табл.5.7 показано фактори можливостей при реалізації стартап- проекту [34].

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід до домінування на ринку медійних послуг	Зростання попиту	Якісне та кількісне нарощування потужностей
2	Імплементация технологій в існуючі системи архівування	Зростання попиту внаслідок зростання об'ємів закупівель	Якісне та кількісне нарощування потужностей

У таблиці 5.8 визначено особливості конкурентного середовища та його вплив на впровадження проекту.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку [34]

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

У таблиці 5.9 показано аналіз конкуренції проекту в галузі за М. Портером [34]

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Апаратні постачальники	Необхідність пошуку постачальників	Залучення малопопулярних постачальників	Незалежність у прийнятті клієнтських рішень	Надання переваги більш авторитетним апаратним рішенням
Висновки:	Середня	Можливість виходу на ринок	Постачальники диктують цінову політику на обладнання	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від діагностики

У табл. 5.10 показано факти конкурентоспроможності та їх обґрунтування [34].

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

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

У табл. 5.11 наведено сильні та слабкі сторони проекту [34].

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Раціональніший ціновий показник	13		+						
2	Надання сервісних послуг	12			+					
3	Періодична діагностика	7					+			
4	Необхідність залучення висококваліфікованих кадрів	18							+	

У табл.5.12 наведено SWOT-аналіз стартап-проекту [34].

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, надання сервісних послуг	Слабкі сторони: періодична діагностика, необхідність залучення висококваліфікованих кадрів
Можливості: Перехід до ексклюзивного застосування нового методу, Імплементация методу в існуючі аудіовізуальні комплекси	Загрози: Незацікавленість клієнтів, Втрата монополії

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту наведені у табл.5.13. [34]

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	незначні

Обрана альтернатива - укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів наведено у табл. 5.14 [34].

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медійні компанії надання якісних послуг	Середня	Високий	Низька	Середня

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл. 5.15 [34].

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Використання альтернативних технологій та пристроїв	Встановлення нового стандарту якості	Зацікавлення та залучення гігантів у галузі телебачення	Стратегія диференціації

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено у табл.5.16 [34].

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

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

Визначення стратегії позиціонування наведено у табл. 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування [34].

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

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено у табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Якість	Висока якість, надійність	Надійність
2	Дешевизна	Раціональне використання коштів, дешевше обладнання	Дешевизна

Визначено три рівні моделі товару. Сутність та складові рівнів товару наведено у табл. 5.19 [34].

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

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

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: специфічна методика обробки даних [34].

Визначення меж встановлення ціни на послугу наведено у табл. 5.20.

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи Споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000 у.о./од. (стандартна методика)	-	Високий	Н.7000 у.о. – В.11000 у.о. (Товар) Н.400 у.о. – В.1000 у.о. (Послуга)

Формування системи збуту послуги наведено у табл. 5.21.

Таблиця 5.21. Формування системи збуту [34].

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

Концепції маркетингових комунікацій наведено у табл. 5.22 [34].

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

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

Висновки до розділу

1. Комерціалізацію стартап-проекту щодо розробки та впровадження удосконаленої системи архівування, можна вважати доцільною. На дану пропозицію на ринку медійних послуг присутній попит, наразі він задовольняється товарами заміниками та більш дорогими рішеннями при меншій ефективності використання дискового простору, саме тому важливо

зайняти нішу конкурента у якості поставника вигідного продукту, порівнюючи з конкурентами.

2. Впровадження є перспективним, адже основними групами клієнтів є масштабні телевізійні компанії і після набуття достатньої авторитетності можливе охоплення у масштабах міжнаціональних ринків. Конкурентноспроможність проекту обумовлена меншою ціною на повний продукт та високою якістю відеозображення при мінімальній швидкості бітового потоку, коли конкуренти за цим параметром у даних умовах програють. Це вигідно вирізняє запропоноване рішення, власне, і є основним критерієм входження на ринок.

3. Обраною альтернативою впровадження є пошук альтернативних технологій та пристроїв для побудови систем архівування. Імплементация проекту доцільна, оскільки рентабельність та зацікавленість потенційних груп клієнтів створює досить сприятливі умови для розвитку проекту.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської дисертації, отримано такі результати:

1. В результаті аналізу доступних фахових та наукових публікацій виокремлено проблему обмеженості дискового простору для зберігання відеоданих в системах архівування, яка пов'язана з тим, що більшість відеокодеків кодують відеодані з постійною швидкістю і не враховують характеристики відеоконтенту.

2. В системах архівування використовують такі відео кодеки: MPEG2, H.264, H.265 та сімейство Apple ProRes, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Показано, що сімейство кодеків Apple ProRes характеризується високою якістю відеозображення, проте обсяг відеоданих досить великий. Серед кодеків MPEG2, H.264, H.265 за однакових значень бітової швидкості MPEG2 має найнижчу якість відеозображення, а H.265 – найвищу. Ці фактори потрібно враховувати під час вибору кодеку для системи архівування.

3. Для ефективного стиснення відеоматеріалів необхідно застосовувати методами оцінювання якості, щоб регулювати процес стиснення.

4. Встановлено, що будь-який відеокодек дає різну якість для кадрів різних типів. Якість відеозображення для опорних кадрів буде значно вищою ніж для інших кадрів. Щоб уникнути значних перепадів якості, необхідно використовувати регулювання коефіцієнту стиснення шляхом оцінювання якості відеоматеріалів.

5. У випадку постійної бітової швидкості (CBR) відеоконтенту на повільних сценах якість буде високою, а на швидких – низькою. Тому виникає необхідність у введенні класифікації відеопослідовностей за характерними ознаками для окремого регулювання бітового потоку в залежності від якості відеозображення.

6. З усіх досліджених об'єктивних методів оцінювання якості, найбільш доцільним є використання методу MS SSIM, оскільки цей метод має найбільший ступінь кореляції з суб'єктивними оцінками якості.

7. Для телеканалів новин запропоновано класифікацію відеозображень за характерними ознаками, виокремлено 3 класи відеопослідовностей: графіка, статичне зображення – диктор в кадрі, динамічне зображення – трансляція спортивних подій, концертів тощо.

8. Розроблено удосконалену систему архівування відеоматеріалів для телеканалів новин, що враховує якість відеозображення підготовленого до архівування, на основі каскадного транскодеру зі зворотнім зв'язком

9. Розроблено алгоритм роботи КТЗЗ системи архівування з відеопослідовностями різних класів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Schüller D. Audiovisual Research Archives URL: http://www.digiwiki.fi/fi/images/7/7b/Audiovisual_research_collections.pdf
2. Н.В. Рудченко. Формирование системы критериев оценки качества стереоскопических изображений// Научно-технический журнал «Электроника и связь». – К. 2013. – 39 с. URL: http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/3678/1/Руденко_5.pdf
3. Попович П. В. Удосконалення методів керування відеопотоком у системах цифрового телебачення за критерієм якості відеозображення : дис. канд. техн. наук : 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи / Попович Павло Васильович. – Київ, 2017. – 194 с.
4. Автоматизация, архивы и безленточные технологии в телевизионном производстве URL: <http://broadcast.net.ua>
5. Організація телевізійного виробництва: конспект лекцій навч. посіб. для студ. спеціальності 6.050803 Акустотехніка/ В.С, Лазебний, В.М. Бакіко, О.О. Омелянець;КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,45 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 162 с.
6. Нерре D. Automating media ingest for broadcasters // IBE. — 2002, September. — P.26.
7. В.В. Губинець. Сучасні тенденції архівування відеоматеріалів / П.В. Попович, В.В. Губинець // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «ЕЛЕКТРОНІКА-2018». – К., 2018, - С. 371-374 URL: <http://elconf.kpi.ua>;
8. Anderson S. Archive of the Automation // Broadcast Engineering. — 2010, April 2.
9. Быков В.В. Файловые форматы для обмена медиаматериалами // Broadcasting. — 2006. — №7.
10. Описание форматов сжатия MPEG-2 и MPEG-4 URL: https://www.sit-com.ru/tv/standart_mpeg_2_4.html

11. Губинець В. В. Аналіз шляхів підвищення якості передавання відеоконтенту в безпроводових мережах : дипл. атес.бакал. роб : 10.06.17 / Губинець Валерія Василівна. – Київ, 2017. – 80 с.
12. H.264 чи H.265? Перспективи в області технологій стиснення відео URL: <https://hikvision.org.ua/ua/articles/h264-chy-h265-perspektyvy-v-oblasti-tehnologiy-stysnennya-video>
13. В.В. Губинець. Особливості застосування відеокодеків в телевиробництві // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К., 2018, - С. 15;
14. Apple ProRes URL: https://www.apple.com/final-cut-pro/docs/Apple_ProRes_White_Paper.pdf
15. Обзор семейства кодеков Apple ProRes URL: https://www.apple.com/support/assets/docs/products/finalcutpro/Apple_ProRes_June_2014_loc_ru_RU.pdf
16. Якість відео – вільна електронна енциклопедія URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Якість_відео
17. Сравнение видеокодеків при помощи метрики PSNR URL: <https://www.ixbt.com/divideo/codex-psnr.shtml>
18. SSIM – вільна електронна енциклопедія URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SSIM>
19. Телебачення мовленнєве. Якість телевізійних зображень. Методологія суб'єктивного оцінювання: ДСТУ ІТУ-R ВТ.500-13 (ІТУ-R ВТ.500-13, ІДТ). – [Чинний від 01.2012]. – Женева: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2012. – 44 с. – (Міжн--ародний союз електрозв'язку. Рекомендація).
20. Телебачення. Системи стереоскопічного телебачення. Методи суб'єктивного оцінювання якості зображень: ДСТУ ІТУ-R ВТ.1438:2009 (ІТУ-R ВТ.1438:2000, ІДТ). – [Чинний від 01.07.2011]. – Женева: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2000. – 14 с. – (Міжнародний союз електрозв'язку. Рекомендація).

21. Roufs J. A. J., Perceptual image quality: Concept and measurement // Philips Journal of Research.- 1992 - 47:35–62.
22. Абакумов В.Г. Про підходи до покращення якості відеоконтенту в системах цифрового телебачення // Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки: міжнар. наук.-практ. конф., 23-25 жовтня 2014 р.: тези доп. – Чернівці: 2014. – С.48-49.
23. Абакумов В.Г. Способ улучшения качества видеоконтента по критерию качества результирующего изображения / П.В. Попович // Электротехнические и компьютерные системы. – 2015. – №17(93). – С.74-
24. ITU-R Recommendation BT.601-7. Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios (03/2011)
URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-E.pdf
25. Абакумов В.Г. Применение объективных показателей качества видеоизображений для управления скоростью видеопотока / Попович П.В. // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: междунар. науч.-техн. конф., 5-9 сентября 2011 г.: тезисы докл. – Севастополь: 2011. – С.198-200.
26. Попович П.В. Измерение качества видеоизображений как способ управления скоростью видеопотока // Искусственный интеллект. – 2011. – №3. – С. 219-224.
27. Rate Control in Open-Loop Video Transcoder / V.G. Abakumov, A. Kane, P.V. Porovych [и др.] // Электроника и связь. – 2010. – Т. 2, №6. – С. 172-177.
28. DSP Implementation of a Video Bitrate Transcoder / V.G. Abakumov, A. Kane, P.V. Porovych [и др.] // Электроника и связь. – 2011. – №3. – С. 89-91.
29. Попович П.В. О подходе к управлению скоростью транспортного потока по критерию качества видеоизображений // Электротехнические и компьютерные системы. – 2011. – №4. – С. 185-189.
30. Porovych P. Video Bitrate Control by Criteria of Picture Quality // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science

(TCSET'2012): міжнар. наук.-техн. конф., 21-24 лютого 2012 р.: тези доп. – Львів- Славське: 2012. – С. 138.

31. Абакумов В.Г. Алгоритм работы видеотранскодера с обратной связью по критерию качества видеоизображения / П.В. Попович // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-21-2015): междунар. науч.-практ. конф., 11-13 ноября 2015 г.: тезисы докл. – Томск: 2015. – С. 54-58.

32. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.

33. Метод апроксимації в Excel URL: <http://askme.zone/t/metod-aproksimacz-v-microsoft-excel/24654>

34. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ«КПІ», 2016. – 28 с.

Додаток А

РЕФЕРАТ
АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ
ДИСЕРТАЦІЇ

ABSTRACT

The future of television archives. Not everyone knows that there even are television archives. Europe is fortunate in having a tradition of public service broadcasters. They are publicly supported in various ways (licence fee, limited advertising, direct government funding) but all have a remit to provide high-quality information and entertainment. Broadcasting can be seen as ephemera, but yesterday's ephemera becomes today's heritage. Of particular interest in a time of fake and false news is the role of public service broadcasters in providing quality factual material: news and current affairs.

Public service broadcasters, particularly in Europe, have also led the way in maintaining archives of their productions. While drama and entertainment programmes are kept for repeats and for sale to other countries, factual content is heavily recycled to add depth and interest to current programmes. In the BBC, about 30 to 40 percent of 'the news' is actually archive material. Other uses include biographies; retrospectives on people, places and political situations; cultural history; and a wide range of factual content that needs archive footage for context and historical memory. Up to 2010, about 20% of the BBC television archive was accessed each year, and 95% of that use was internal: back into the BBC for adding depth to new programmes. The other 5% was commercial use. Broadcast archives had little or no public access. In the UK, public access to BBC Archives was via copies of tapes sent from the BBC to the British Film Institute.

Broadcast archives are large: the BBC archive is about one million hours, and most national public service broadcasters across Europe have archives of several hundred thousand hours. Because of legal deposit legislation (covering national and local TV and radio), the Swedish national audiovisual collection is six million hours.

Over the last 20 years the technology of television has completely changed. Analogue transmission from huge aerials to bulky cathode-ray tube receivers has been replaced by digital transmission from aerials, satellites and fibre-optic cables,

sent to flat screen led devices. An even greater change is 'television' sent over the internet and viewed on a computer monitor, tablet or mobile phone.

Archiving has also changed. It used to be that only the broadcaster could make a professional archive, because 'off air' recordings on vhs tape were of low quality, and required a lot of manual effort to implement. With digital technology, it is relatively simple and cheap to have an automated process to grab virtually all of a nation's television from satellite transmissions.

The new technology, combined with a growing appreciation of the significance of broadcasting, has led to the rise of national television (or broadcasting or audiovisual) archives. Poland, hungary, latvia in europe and columbia, mexico, singapore and a range of other countries now have some form of national institution which collects broadcasting. A related change is for national libraries to expand to cover national broadcasting, possibly because of 'legal deposit' legislation requiring broadcasts to be collected and preserved. These new institutions are good news for the public, as they are all committed to developing wider public access, including internet access.

But – these are off-air recordings. They are better than the vhs tapes of the 1980s, but not as good as the output from the camera and the quality used in producing programmes. Off-air recordings are fine for viewing copies, but have real quality limitations when it comes to re-purposing the content for new programmes. The video signal for satellite transmission is compressed by a factor of 10 to 20. This is lossy compression, meaning original quality is not recoverable. In contrast, professional tv archives try to save uncompressed or losslessly compressed signals.

The future will care. Lossy compression today leads to 'cascaded compression' in the future, when material is recoded to new standards. Decades of experience show that there is a great risk when cascading: eventually there will be significant failures. We already see dropout, freezing and blocking of the image as a regular feature of digital television. Most such problems are caused by errors in reception, but transcoding errors and cascaded quality loss are the time bomb

ticking in all archives containing content with lossy compression – meaning all off-air archives.

In addition, professional tv archives no longer get as much master material as they used to. In 1980 the bbc made about 90% of its output in-house, so the archive could get 'the master tape'. Now that figure has been cut to 30%. The rest of the content is made by independent production companies, which come and go in a volatile business. The independents send in a file that can 'go to air' – a transmission file, with lossy compression and not significantly better than an off-air recording.

So: the future of television archives is that, having faced the hurdle of digitising their old analogue content in order to keep it alive, they now face a future of mainly holding reduced quality viewing copies. The future of master quality (production quality) video content is very much in doubt.

Videotape is fragile, expensive and can usually only be transferred for Editing etc in real-time. BBC digital media initiative project developing the fabric desktop

Production system:

- ingest from camera solid state memory card faster than real-time
- addition of metadata about the production only once

Automatic inclusion of metadata from cameras etc. Programme-makers rough-cut edits at desktop via browser. Working with browse quality proxies to low network load access to archive browse store from desktop.

Edit decisions sent to craft post-production processes for making final programme – Broadcast quality content sent to 'craft' automatically from Work in Progress store, Metro store or deep archive – Final programme, metadata and selected rushes sent to deep archive for preservation.

Archives tend to work of the principle that they preserve what they are given. Works well for film where the medium has stayed stable for many 10's of years. Video tape is less stable, also formats become obsolete after several years requiring dubbing of content onto a new format. Digital files separate the format of

the content from the parameters of the physical medium, easing transfer to a new medium as the old one become obsolete.

Video coding reduces storage requirements. Each compression technique adds its own type of impairments. Coding concatenation builds up impairments:

- Particularly if compression types are mixed
- ‘Last Straw’ effect result in sudden appearance of impairments

Compressed content is more fragile in the presence of errors. Long-term sustainability of the decoders. Audio the debate is over: – Uncompressed – 48 kHz sampling.

Accept borne digital content in the file format given. Store and supply content in same format. When the production format changes, convert content to lightly compressed, lossless compressed or uncompressed. Transcode to new production format to supply when requested. Ensure that decoders can still be run when upgrading the storage management system h/w or s/w. – If problems found, then convert content to uncompressed. Do not re-code content more than necessary. Critically view content on a good quality large display to check for visible impairments. A/V archives need to agree a set of archive quality light compression codecs for both SD and HD for situations where uncompressed is not practical.

Video and audio content needs to be put in a wrapper along with essential metadata to keep it all together. Two popular wrappers: – MXF; – Quicktime. BBC chosen MXF. MXF variants: – OP Atom (for production); – OP 1a (for archive).