

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Порівняльне дослідження сучасних відеоформатів,

контейнерів та алгоритмів кодування відео

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи СТМм-21-1
Владислав ГАМІЛОВ

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Сергій ШЕЙКО
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

_____ (підпис)

Володимир КАРТАШОВ

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 171 Електроніка _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові _____ Гамілову Владиславу Романовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Порівняльне дослідження сучасних відеоформатів, контейнерів та алгоритмів кодування відео.

затверджена наказом по університету від " 21 " 11 _____ 2021 р. № 1503 СТ _____

2. Термін подання студентом роботи _____ 08.12.2022 р. _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1) Дослідити існуючі відеоформати, контейнери і системи та алгоритми кодування відео

2) Зробити порівняльний аналіз відеоформатів, контейнерів і систем та алгоритмів кодування відео

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ _____

1. Аналітичний огляд створення відеоконтенту _____

2. Аналіз цифрових форматів відеофайлів _____

3. Порівняльний аналіз методів компресії відеопотоків. _____

Висновки. _____

Перелік посилань. _____

Додатки. _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:


1. Слайд "Тема"; 2. Слайд "Об'єкт і мета"; 3. Слайд "Мультимедійний контейнер"; 4. Слайд "Найпоширеніші формати"; 5. Слайд "Кодек"; 6. Слайд "Алгоритм роботи кодеку"; 7. Слайд "Найпоширеніші кодеки"; 8. Слайд "Порівняльна таблиця кодеків H.264 та H.265"; 9. Слайд "Порівняльна таблиця кодеків H.264 та H.265"; 10. Слайд "Основні етапи

відеокодування”; 11. Слайд “Розбиття відеокадра на CU”; 12. Слайд “Формати експорту”; 13. Слайд “Практична частина”; 14. Слайд “Практична частина”; 15. Слайд “Практична частина”; 16. Слайд “Практична частина”; 17. Слайд “Висновки”

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд створення відеоконтенту	21.11.22–28.11.22	
2.	Аналіз цифрових форматів відеофайлів	23.11.22–02.12.22	
3.	Порівняльний аналіз методів компресії відіопотоків	01.12.21–05.12.22	
4.	Графічна частина роботи	07.12.21–08.12.22	
5.	Перевірка керівником	07.12.22–08.12.22	
6.	Перевірка на академічний плагіат	08.12.22–09.12.22	
7.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	09.12.22–10.12.22	

Дата видачі завдання _____ 21.11.2022 р. _____

Студент _____  _____ Владислав ГАМІЛОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій ШЕЙКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 67 сторінок, 21 рисунок, 5 таблиць, 43 джерела.

КОДЕК, ВІДЕО, ВІДЕОКОНТЕЙНЕР, ВІДЕОФОРМАТ, QUICKTIME, MOV,
MPEG-4, AVI, H.261

Об'єкт дослідження – відео.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження існуючих відеоформатів, контейнерів і систем та алгоритмів кодування відео та їх порівняльний аналіз.

Методи роботи – теоретичний аналіз, порівняння, синтез, статистична обробка даних, експеримент.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження існуючих відеоформатів та кодеків, розглянуто характеристики відео для публікації в YouTube та зроблено порівняльний аналіз таких форматів стиску: MPEG-4(кодек HEVC H.265), MPEG-4 (кодек H.264), QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ).

ABSTRACT

Explanatory note to the qualification work: 67 pages, 21 figures, 5 tables, 43 sources.

CODEC, VIDEO, VIDEO CONTAINER, VIDEO FORMAT, QUICKTIME,
MOV, MPEG-4, AVI, H.261

The object of research is a video.

The purpose of the master's thesis is to study existing video formats, containers and video coding systems and algorithms and their comparative analysis.

Work methods – theoretical analysis, comparison, synthesis, statistical data processing, experiment.

In the qualification work, a study of existing video formats and codecs was carried out, the characteristics of videos for publication on YouTube were considered, and a comparative analysis of the following compression formats was made: MPEG-4 (HEVC H.265 codec), MPEG-4 (H.264 codec), QuickTime (Timecode codecs , Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ).

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Кодек – це ПО, призначене для стиснення та відтворення аудіо та відео файлів.

MP4 – один з найбільш поширених форматів відеофайлів, що використовуються для завантаження та потокового відео з Інтернету.

XviD – кодек стандарту MPEG4.

MOV – файл із розширенням файлу MOV - файл Apple QuickTime Movie, який зберігається у файлі контейнера у форматі QuickTime File Format (QTFF).

Мультимедійний контейнер (англ. Container format) — формат файлів, що може містити дані різних типів, стиснених різними кодеками і дозволяє зберігати аудіо, відео і текстову інформацію в єдиному файлі.

U_{ϕ} – сигнал по фону.

D_{ϕ} – дисперсія по фону.

ϕ – величина сигнал/шум.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТВОРЕННЯ ВІДЕОКОНТЕНТУ	9
2 АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ФОРМАТІВ ВІДЕОФАЙЛІВ	24
2.1 Цифрові формати відеофайлів та основи кодека.....	24
2.2 Основні етапи відеокодування.....	35
2.3 Формати відео для YouTube, параметри: розмір, роздільна здатність та якість відео	43
3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОМПРЕСІЇ ВІДІОПОТОКІВ.....	46
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60
ДОДАТКИ.....	68
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	69
Додаток Б	78

ВСТУП

Суть мультимедіа полягає у використанні різних способів подання інформації — відео- і звуковий супровід текстів, високоякісна графіка та анімація дає можливість зробити програмний продукт інформаційно насиченим і зручним для сприйняття, щоб він став потужним інструментом донесення інформації завдяки своїй здатності одночасного впливу на різні канали її сприйняття.

Відеокліпи — це сукупність рухомих малюнків та звуків, умонтованих у вигляді фільму в мультимедійні видання. На жаль, у відеокліпів є суттєва вада, що ускладнює їх застосування. Вони мають значні розміри.

Існує багато різних форматів відеофайлів, що дозволяють зберігати у стислому вигляді аудіо та відеоінформацію в одному файлі. Багато хто звикли називати форматом відео розширення самого відеофайлу, але насправді це розширення є лише контейнером, в якому може зберігатися відео різних форматів[1]. Потрібно вибирати необхідний формат відповідно до потреб, адже не існує універсального рішення. Саме тому і сучасному фахівцю мультимедіа і вчителю, що проводить інтерактивні завдання, необхідно відрізняти формати, контейнери, та розумітися на системах та алгоритмах кодування відео.

Об'єкт дослідження – відео.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження існуючих відеоформатів, контейнерів і систем та алгоритмів кодування відео та їх порівняльний аналіз.

Методи роботи – теоретичний аналіз, порівняння, синтез, статистична обробка даних, експеримент.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТВОРЕННЯ ВІДЕОКОНТЕНТУ

28 грудня 1895 року в паризькому «Гран-кафе» Люм'єри провели перший у світі платний кіносеанс, на якому трьом десяткам глядачів показали десять стрічок, знятих з допомогою власного винаходу, що суміщав функції камери та проектора і названого «кінематограф». Їх винахід відразу став популярним і за наступні пару років Огюст і Луї Люм'єри зняли майже півтори тисячі короткометражних фільмів, але зрештою відмовились від кіновиробництва, не в змозі конкурувати з художньо професійнішими кінематографістами, що з'явилися у Франції та Європі. На обкладинці: Огюст (зліва) і Луї Люм'єр © Інститут Люм'єр, Ліон, Франція

Брати Огюст і Луї Люм'єр народились в Безансоні в 1862 і 1864 роках, відповідно, і були первістками в родині художника Антуана Люм'єра. Після отримання середньої освіти і закінчення технічної школи в Ліоні вони працювали спочатку в портретному ательє свого батька, який захопився модною на той час фотосправою, а згодом — на його невеликій фабриці з виробництва фотоматеріалів.

На початку 1894 року в Парижі Антуан Люм'єр мав змогу подивитись «рухомі зображення», що демонструвались пристроєм, відомим як «кінетоскоп Томаса Едісона» (рис. 1.1). У ньому набір нанесених на целулоїдну плівку фотографій, що відображали послідовність рухів, через низьку світлову ефективність пристрою доводилось переглядати через спеціальний окуляр, вмонтований у закритий корпус. Незважаючи на такий суттєвий недолік, Едісон зумів комерціалізувати свій винахід, заснував спеціальну студію для виробництва 20-секундних роликів і його кінетоскопи стали популярними не лише в США, але й у Європі.



Рисунок 1.1 - Салон з кінетоскопами Едісона. Сан-Франциско, бл. 1894-95 року

Вражений побаченим, Антуан Люм'єр (рис. 1.2) запропонував синам удосконалити кінетоскоп таким чином, щоб «рухомі зображення» можна було переглядати колективно, проектуючи їх на екран або, як він висловився, «випустити з коробки». Технічне рішення було знайдене 20-річним Луї, який скористався створив спеціальний кулачковий механізм на основі аналогічного для швейної машинки, завдяки якому можна було переривчасто, але рівномірно, переміщувати плівку біля спеціального об'єктива, куди направлявся світловий потік прилаштованого до пристрою спеціального ліхтаря. Свій винахід Луї Люм'єр назвав «сінематограф» («той, що записує рух»), придбавши цю назву у винахідника Леона Булі, який два роки перед тим запатентував власний подібний пристрій, проте не мав грошей на його удосконалення і продовження патенту.



Рисунок 1.2 - Антуан Люм'єр (1840-1911), 1904 рік

У сінематографі Люм'єр використовувалась така ж, як і в апаратах Едісона, плівка шириною 35 мм. Проте, знаючи, що чотирирядна прямокутна перфорація навколо кожного кадра (до сьогодні — загальноприйнята у світі) вже запатентована Едісоном, Луї Люм'єр замінив її двома круглими отворами, через що довелось удвічі зменшити частоту кадрів (запропонована ним швидкість 16 кадрів/сек згодом стала загальносвітовим стандартом німого кіно). Апарат Люм'єра (рис. 1.3) приводився в дію вручну, важив лише 16 фунтів, що дозволяло його легко переміщувати, і, на відміну від пристрою Едісона, завдяки користаному в ньому об'єктиву давав можливість не лише проектувати зображення на екран, але й ним же проводити зйомку «рухомих картинок».



Рисунок 1.3 - Кінематограф братів Люм'єр Інститут Люм'єр, Ліон, Франція

13 лютого 1895 року Луї Люм'єр запатентував сінематограф, з допомогою якого через шість тижнів разом з братом провів першу у світі публічну демонстрацію фільму: 22 березня на площі Сен-Жермен-де-Пре, 4 у Парижі членами Національного товариства сприяння промисловості було переглянуто 42-секундну стрічку «Вихід робітників з фабрики Люм'єр в Ліоні», перший фільм Луї Люм'єра, знятий ним за тиждень до прем'єри. Безсумнівний успіх надихнув братів провести ще кілька презентацій кінематографу: 10-12 червня для учасників з'їзду фотографів у Ліоні, 11 липня — для редакції наукового журналу «Revue generale des sciences» в Парижі, 10 листопада в Брюсселі перед Бельгійською асоціацією фотографів, 16 листопада — для професури технічного факультету Сорбонни.

Не полишаючи зйомок нових стрічок, серед яких з'явилися й ігрові, та удосконалення свого пристрою (наприклад, скляною лінзою, наповненою водою, що дозволило збільшити потужність світлового ліхтаря, водночас

захистивши плівку від перегрівання і нищення теплом), брати Люм'єр вирішили провести перший комерційний кіносеанс. Він був влаштований в індійському залі «Гран-кафе» (нині готель «Scribe») на бульварі Капуцинок, 14 в Парижі, де 28 грудня 1895 року Антуан Люм'єр з сином Огюстом і Шарлем Муассоном в якості кіномеханіка (Луї був відсутній) тридцятитрьом глядачам, що заплатили по франку, показали десять «німих» фільмів тривалістю до 50 секунд. Відкривав кіносеанс все той же «Вихід робітників з фабрики», проте найбільше враження справили перші у світі постановочні комедії «Вольтижування» і «Политий поливальник».

Перший комерційний кіносеанс братів Люм'єр мав шалений успіх і попри відсутність на кінопрем'єрі преси чутки про їх фільми розлетілись містом й вже у наступні дні поліції доводилось силою стримувати тисячі бажаючих їх побачити.

Загалом, родина Люм'єр, головним чином, брати, є авторами понад 170 патентів, переважно в галузі фотографії. Найвідомішим їх винаходами були створена в 1881 році суха скляна фотопластина, відома під торговою маркою «Etiquette Vleue», а також запатентована у 1903-у технологія кольорової фотографії «Автохром», які використовувались аж до початку Другої світової війни

Наступного року брати Люм'єр відправилися на гастролі в Брюссель, Бомбей, Лондон, Монреаль, Нью-Йорк і Буенос-Айрес. Їх винахід зразу став популярним і за наступні три роки студія «Брати Люм'єри» зняла 1428 (за іншими даними — 1423) короткометражні кінострічки. Проте вони виявились не в змозі конкурувати з новими, художньо більш професійними кінематографістами, що з'явились у Європі, і вже у 1897 році Луї Люм'єр відійшов від кіновиробництва, в 1902-у продав усі свої патенти на кінематограф і займався удосконаленнями в галузі кольорової фотографії. У 1919 році він став членом Французької академії наук, а основним бізнесом братів стало виробництво 35-міліметрової кіноплівки.

У 1948 році, за два роки до смерті Луї Люм'єра, всі зняті ними стрічки вони з братом передали французькому кіноархіву «Сінематека».

Водночас з братами Люм'єр свої пошуки у кінематографі розпочав Ж. Мельєс, з іменем якого пов'язане виникнення феномена ігрового кіно («Червона шапочка», «Синя борода», «Подорож на Місяць» тощо). Саме у надрах ігрового кіно і почне складатися система жанрів, серед яких особливою популярністю користувалися мелодрама, комічна драма, авантюрний фільм. Вони існували на екрані і самостійно, і доповнювали один одного.

У цей самий час у мистецтві кіно формується надзвичайно цікаве явище – «система зірок». Фактично у кожному жанрі ігрового кінематографа сяяли свої «зірки». У мелодрамі це були Ф. Бертіні, Е. Сантос, М. Якобіні (Італія), А. Нільсон (Данія), В. Холодна та І. Мозжухін (Росія), Р. Валентино (США); в авантюрному фільмі – Мюзідора (Франція), У. Харт та Д. Фербенкс (США); успіх комічної драми був пов'язаний з іменем великого французького актора М. Ліндера, творчий доробок якого мав значний вплив на розвиток цього жанру у світовому кіно взагалі і на творчість класика світової комедії Чарлі Чапліна зокрема.

Творчий доробок Ч. Чапліна привертав увагу дослідників, які намагалися зрозуміти причину надзвичайної популярності цього актора. Можливо, секрет успіху великого митця полягав у тому, що його герой – бродяга Чарлі – дивився на світ очима дитини; він міг примусити глядача і сміятися, і співчувати водночас.

Ч. Чаплін розпочав свій шлях у кінематографі на студії «Кістоун філм». Її очолював патріарх американської комічної М. Сеннетт, школу якого також пройшли відомі коміки Б. Кітон та Г. Ллойд.

Проте справжнім «хрещеним батьком» американського кінематографа початку ХХ ст. безперечно був Д. У. Гріффіт (1875– 1948). Його фільми, серед яких особливо слід відзначити картини «Народження нації» та «Нетерпимість», збагатили новими виражальними засобами, удосконаленням

специфіки монтажу (паралельний монтаж) не тільки кіно США, а й увесь світовий кінематограф.

Надзвичайно цікаві експерименти відбуваються у цей же час і по другий бік океану – в країнах Східної Європи, зокрема у Росії, де активно працюють режисери Я. Протазанов, В. Гардін, Є. Бауер, творчість яких була пов'язана з розквітом жанру мелодрами.

Чаплін Чарлз Спенсер (1889–1977) – американський кіноактор і кінорежисер. Феномен Ч. Чапліна є уособленням теорії «авторського кіно» (митець водночас виступав сценаристом, режисером, актором, композитором у більшості своїх фільмів). Його художній доробок назавжди залишиться в історії світового кіномистецтва як яскравий взірець інтерпретації категорії «комічного». Творчий шлях Ч. Чапліна включає в себе три етапи. Перший – це період становлення митця, коли відбувалося накопичення досвіду, йшло активне експериментування у галузі форми і стилю, образної структури.

Логічним підсумком пошуків Ч. Чапліна стали фільми «Бродяга», «Малюк», «Пілігрим», «На плече» та ін. Другий етап – це розквіт таланту кіномитця, про що переконливо засвідчив вихід на екрани його визнаних шедеврів – «Вогні великого міста» та «Нові часи». Перший і другий етапи творчості Ч. Чапліна об'єднує між собою образ бродяги Чарлі – анімація самого режисера. Третій етап у спадщині митця – етап високого професіоналізму, що асоціюється з фільмами «Великий диктатор», «Король у Нью-Йорку», «Месьє Верду» та ін.

Фільми Ч. Чапліна – це твори, що зробили вагомий внесок у розробку образної системи кінематографа, його монтажної структури та виконали надзавдання мистецтва – здобули любов і визнання глядачів усього світу.

20-ті роки ХХ ст. увійшли до історії світового кіномистецтва як надзвичайно цікавий період експериментування і новаторства. Відбувався процес пошуку нових форм, зображувальних засобів і прийомів, усвідомлення монтажно-поетичної природи кінематографа, тобто у надрах кіно складалась своя естетична система.

Авангардистські експерименти охоплюють практично всі провідні кінематографії світу.

Яскрава сторінка в історії кіномистецтва 20-х років пов'язана з кінематографом радянського періоду, зокрема з творчістю Л. В. Кулешова (1899–1970) – «Надзвичайні пригоди містера Веста в країні більшовиків», «Промінь смерті» тощо, – який, спираючись на власну «теорію натурщика», створив Першу школу кіноактора (О. Хохлова, Б. Барнет, В. Пудовкін, С. Комаров та ін.); Дзиги Вертова (1896–1954) – видатного документаліста, фундатора публіцистичного кінематографа («Шоста частина світу», «Симфонія Донбасу»), та групи ФЕКС (фабрика ексцентричного актора), що була організована Г. М. Козінцевим та Л. З. Траубергом, які у своїх художніх експериментах спиралися на принципи ексцентризму («Шинель», «СВД», «Новий Вавилон»).

Проте всевітня слава кінематографа радянського періоду 20-х років ХХ ст безперечно, була пов'язана з іменами його класиків – С. М. Ейзенштейна (1898–1948), В. І. Пудовкіна (1893–1953) та нашого великого співвітчизника О. П. Довженка.

Творчий доробок С. М. Ейзенштейна був представлений не тільки його фільмами «Страйк», «Панцерник «Потьомкін»», «Жовтень», що сприяли збагаченню кіномови і кінообразності у кіномистецтві взагалі, а й вагомими теоретичними розробками у галузі «інтелектуального кіно», проблем монтажу тощо.

Картини В. І. Пудовкіна «Мати», «Кінець Санкт-Петербурга», «Нащадок Чингісхана» зробили вагомий внесок у розвиток образної природи кінематографа, сприяли збагаченню його монтажної специфіки.

Західний авангард 20-х років яскраво репрезентований у французькому кіномистецтві, зокрема у фільмах Р. Клера (1890–1981) – «Париж заснув», «Антракт»; А. Ганса (1889–198!) – «Колесо», «Наполеон»; у сюрреалістичних стрічках Л. Беунюеля (-[1900_1983) – «Андалузський пес», «Золотий вік» та у кінематографі Німеччини, х,надрах якого виник напрям,

що отримав назву кіноекспресіонізму. Його яскравими представниками були Р. Віне (1881–1938) – режисер фільму «Каб'нет доктора Калігарі», що вважається маніфестом цього напрямку, Ф. Ланг (1890–1976) – «Нібелунги», «Втомлена смерть»: Ф. Мурнау (1889–1931) – «Носферату», «Остання людина».

Теоретичною основою західного авангарду стала психоаналітична концепція З. Фрейда, головним завданням якої було проникнення у схованку людської психіки та пояснення специфіки позасвідомого. Експерименти французьких авангардистів і німецьких експресіоністів стали яскравими кіноілюстраціями психоаналітичної теорії.

Довженко Олександр Петрович (1894–1956) – український кінорежисер, письменник, художник, фундатор кіномистецтва України. Специфічною особливістю творчості О. П. Довженка є рух від міфологічних структур давньослов'янського світогляду до «соціального замовлення» і соціальної міфотворчості, що визначив особливість періодизації спадщини режисера. Перший період – це етап учнівства в творчості О. Довженка, який пов'язаний з картинами «Ягідка кохання». «Вася-реформатор» та «Сумка дипкур'єра».

Другий період – розквіт таланту митця – зумовив створення «слов'янської трилогії» О. Довженка: «Звенигора», «Арсенал». «Земля», що свідчила про міфопоетичне бачення режисера, яке знайшло своє відображення в образній побудові цих стрічок і мало значний вплив на подальший розвиток світового кінематографа. Фільм «Іван» виконав функцію «пластичного мосту» до третього періоду у творчості О. П. Довженка – періоду «двох сталінських декад», наслідком якого стали фільми «Аероград», «Щорс», «Мічурін». У творчості режисера органічно поєдналися давньослов'янські міфологічні уявлення, специфіка української національної самосвідомості та філософське осмислення загальнолюдських смисложиттєвих проблем, що і зумовило введення персоналі О. П. Довженка у європейський культурний контекст.

Своєрідною альтернативою європейському кінематографу 20-х років було американське кіномистецтво, що характеризувалося реалістичним відображенням дійсності у фільмах Е. фон Штрогейма (1885–1957) – «Жадоба»; К. Відора (1894–1982) – «Натовп»; у трагікомедіях Ч. Чапліна – «Пілігрим», «Парижанка», «Золота лихоманка» та ін.

Важливою подією у розвитку мистецтва кіно 30-х років був винахід звуку. Це нове відкриття активно впливало на розвиток системи кіновирозності, стало важливим компонентом кінообразу і привело до виникнення музичних кіножанрів: мюзиклу, кіноопери тощо.

Водночас, аналізуючи цей період в історії світового кіномистецтва, необхідно пам'ятати, що 30-ті роки ХХ ст. були пов'язані з гострими соціальними катаклізмами. З одного боку, велика депресія, що приголомшила США, а з іншого – неминуча небезпека фашизму та тоталітаризму, яка нависла над Європою, породжували у художників 30-х років почуття невпевненості, страху, трагічного передчуття.

Саме тому, досліджуючи кіномистецтво 30-х років, слід урахувувати два важливі аспекти: соціальний, який превалював у кінематографі радянського періоду, німецькому кіно та кіномистецтві США, та онтологічний, який дав поштовх до розуміння процесів, що мали місце у французькому кінематографі зазначеного періоду.

Передчуття неминучої трагедії пронизує творчість майстрів французького кінематографа, зокрема фільми «поетичного реалізму» Ж. Превера і М. Карне – «Набережна туманів», «День починається»; картини Ж. Ренуара – «Велика ілюзія», «Правила гри», «Людина-звір». Тому не випадково актором номер один французького кінематографа цього періоду стає Жан Габен, герой якого кидає виклик історії і приречений на загибель. Це дало підстави відомому теоретику та історику кіно А. Базену назвати Габена трагічним героєм сучасності.

Незважаючи на кризовий стан економіки США, що виникає у 30-ті роки ХХ ст., американське кіномистецтво цього періоду переживало найвище

піднесення та розквіт – свій «золотий вік». Глядач, як ніколи, бажав дивитися кінофільми. Ця несподівана, на перший погляд, ситуація пояснювалася досить просто. Поряд з вишуканими елітарними картинами Дж. Форда (1895–1974) «Грона гніву», «Юний містер Лінкольн», У. Уайлера (1902–1981) «Глухий кут», «Лисички», О. Уеллса (1915–1985) «Громадянин Кейн», що захоплювали своїм новаторством у галузі драматургії, у системі виражальних засобів, приголомшували психологічною глибиною і соціальним значенням, набувають поширення комерційні жанри: гангстерські фільми, фільми жахів, мелодрами, мюзикли, вестерни тощо. Отже, американське кіно 30-х років виконувало певну компенсаційну функцію, відволікаючи глядача від життєвих проблем.

Кінематограф радянського періоду 30-х років ХХ ст. став своєрідним дзеркалом тоталітарної доби, адже всі тогочасні кінематографічні жанри виконували певні «соціальні замовлення». Яскравим прикладом цього був історика-революційний фільм, представлений дилогією М. Ромма – «-Ленін у Жовтні» та «Ленін у 1918 році»; трилогією Г. Козінцева та Л. Трауберга – «Юність Максима», «Повернення Максима» і «Виборзька сторона»; картинами С. Юткевича – «Людина з рушницею», братів Васильєвих – «Чапаєв»; О. Довженка – «Щорс».

У контексті тоталітарної доби активно розвивався історичний фільм – «Олександр Невський» (режисер С. Ейзенштейн), «Богдан Хмельницький» (режисер І. Савченко), «Петро І» (режисер В. Петров), трилогія «Злива», «Перекоп», «Коліїщина» (режисер І. Кавалерідзе).

Особливе місце у цей період посідав феномен кінокомедії, репрезентований творчістю Г. Александрова (1903–1983) – «Веселі хлоп'ята», «Волга-Волга», «Цирк» та І. Пир'єва (1901–1968) – «Багата наречена», «Свинарка і пастух».

Подальший розвиток світового кінопроцесу в 40–60-ті роки пов'язаний з виникненням різних напрямів, що свідчили про цікаві пошуки та експерименти, які відбувалися в його надрах. Біля їхніх витоків стояли

видатні митці світового кінематографа. Так, феномен «італійського неореалізму» був пов'язаний з іменами Р. Росселліні – «Рим – відкрите місто», «Пайза»; В. Де Сіка – «Викрадачі велосипедів», «Умберто Д.», «Дах»; Д. Де Сантіса – «Немає миру під олівами», «Рим, 11 годин»; Л. Вісконті – «Земля тремтить», «Найвродливіша», творчість яких була стимульована художньою спадщиною видатного італійського письменника Дж. Вергі.

Французька «нова хвиля» безпосередньо асоціюється з творчістю Ж. Л. Годара – «На останньому подиху»; Ф. Трюффо – «400 ударів»; А. Рене – «Хіросіма, моя любов». Фільмам цих режисерів були притаманні імпровізаційність, репортажність, що дало змогу митцям відобразити абсурдність світу, жорстокі закони суспільства, які пригноблюють особистість.

Теоретичним підґрунтям художніх пошуків режисерів «нової хвилі» стала французька інваріація філософії екзистенціалізму, що була репрезентована концепціями Ж.-П. Сартра, А. Камю та С. де Бовуара.

Вісконті Лукіно (1906-1976) – італійський кінорежисер, один з яскравих представників європейського елітарного кіно. Характерною особливістю його творчої спадщини є чітко виражена тематична спрямованість. Лейтмотивом усіх фільмів режисера стали теми сім'ї, краси і трагічної самотності, особливості інтерпретації яких були стимульовані евристичним потенціалом біографізму митця. Картини Л. Вісконті «Земля тремтить», «Найвродливі-ший», «Рокко і його брати», «Загибель богів», «Смерть у Венеції», «Людей», «Родинний портрет в інтер'єрі» та «Безвинний», незважаючи на стильові розбіжності та часову дистанцію, складають своєрідний цикл. Якщо теми сім'ї і трагічної самотності були об'єктом художнього осмислення багатьох режисерів світу, інтерпретація теми краси стала ознакою творчості Л. Вісконті. Особливості світобачення, специфіка образно-стильового рішення фільмів закріпили за Л. Вісконті титул «першого естета» кіномистецтва.

Характерною особливістю кіномистецтва Франції 30–60-х років ХХ ст. був його постійний зв'язок з процесами, що відбувалися у філософському середовищі. Так, творчість провідних кінематографістів країни (М. Карне, Ж. Ренуар, А. Рене та ін.), які працювали у різні історичні періоди, займали різні естетичні позиції, була стимульована концепціями видатного європейського теоретика А. Бергсона.

Американська «контркультура», яка спиралась на концепції неофрейдизму, ідеї молодіжного бунту, була представлена фільмами А. Пенна «Погоня» і «Маленька, велика людина»; М. Ніколса «Випускник»; Д. Хоппера «Легкий їздець»; М. Формана – «Політ над гніздом зозулі» тощо.

Значний вплив на американський кінопроцес 60-х років мала література і громадська діяльність Дж. Осборна та Дж. Керуака, що визначила образно-тематичну спрямованість явища «контркультури».

Тяжіння до виникнення нових напрямів відбувається в 60-ті роки ХХ ст. і у країнах Східної Європи, зокрема, у Росії виникає «рух шестидесятників», який у мистецтві кіно асоціюється з творчістю М. Хуцієва – «Застава Ілліча» та «Липневий дощ»; А. Тарковського – «Іванове дитинство»; Г. Данелія – «Я крокую по Москві», «Не сумуй», і став кінематографічною рефлексією на «хрущовську відлигу».

Світове кіномистецтво 70–90-х років пов'язане з творчістю його видатних персоналі, які у своїх фільмах зверталися до різних філософсько-естетичних концепцій, що допомагали їм висловити протест проти бездуховності, утверджувати ідеали гуманізму, цінності високих людських почуттів.

Три останні десятиріччя ХХ ст. стають зоряним часом для видатних художників сучасності: Ф. Фелліні – «Рим», «Амаркорд», «А корабель пливе...»; М. Антоніоні – «Забріські Пойнт», «Професія: репортер»; Л. Вісконті – «Загибель богів», «Смерть у Венеції», «Людвіг», «Родинний портрет в інтер'єрі» (Італія); І. Бергмана – «Зміїне яйце», «Осінь соната», «Фанні та Олександр» (Швеція); А. Куросави – «Сім самураїв», «Тінь воїна»,

«Ран» (Японія); А. Тарковського – «Андрій Рубльов», «Солярке», «Сталкер», «Ностальгія» (Росія).

Значний інтерес у глядачів і науковців викликають фільми В. Шукшина – «Пічки-лавочки», «Калина червона»; О. Міндадзе та В. Абдрашитова – «Зупинився поїзд», «Парад планет», «Плюмбум, або Небезпечна гра»; М. Михалкова – «Раба кохання», «Незакінчена п'єса для механічного піаніно», «Втомлені сонцем»; Г. Панфілова – «Початок», «Прошу слова» та ін.

Українське кіномистецтво 50–90-х років у ігровому кіно пов'язане з творчістю Р. Балаяна, М. Белікова, Л. Бикова, В. Брауна, А. Буковського, В. Греся, В. Денисенка, К. Єршова, В. Іванова, В. Івченка, Ю. Ілленка, О. Ітигілова, Г. Кохана, В. Криштофовича, Т. Левчука, Я. Лупія, М. Мащенко, І. Миколайчука, К. Муратової, О. Муратова, Л. Осики, С. Параджанова, Б. Савченка, П. Тодоровського, Л. Швачка та ін.; у документальному кіно – С. Буковського, О. Ковалю, М. Мамедова, О. Шклярєвського та ін.; у науково-популярному кіно – В. Олендера, О. Роднянського, А. Серебреникова, Ф. Соболева та ін.; у анімаційному – В. Дахна, Д. Черкаського та ін.

Зазначений період виявився для кінематографа України надзвичайно насиченим щодо тематичної спрямованості, що була представлена історико-біографічним жанром: «Тарас Шевченко», «Іду до тебе», «Ярослав Мудрий», «Легенда про княгиню Ольгу», «Данило – князь Галицький» та ін.; інтерпретацією теми Великої Вітчизняної війни: «В бій ідуть тільки «старики»», «Ати-бати, йшли солдати», трилогія про Ковпака, «Високий перевал» та ін.; психологічною драмою: «/ванна», «Комісари», «Довгі проводи», «Військово-польовий роман», «Білий птах з чорною відзнакою», «Польоти уві сні та наяву», «Граки», «Які ж були ми молоді», «Звинувачується весілля», «Ребро Адама», «Три історії» та ін.; екранізаціями: «Мальва», «Матрос Чижик», «Дорогою ціною», «Земля», «За двома зайцями», «Бур'ян», «Хліб і сіль», «Камінний хрест», «Пропала грамота», «Вавилон-XX», «Чорна курка, або Підземні мешканці», «Меланхолійний вальс» тощо.

Як екранізація був задуманий фільм «Тіні забутих предків», але цій картині судилась інша доля – стати маніфестом цілого напрямку, що отримав назву «поетичного кінематографа». Цей напрям мав найбільший розголос у контексті українського кіномистецтва зазначеного періоду.

Стрічка «Тіні забутих предків» була зобов'язана своїм успіхом блискучому синтезу літературного першоджерела (однотаменна повість М. Коцюбинського), режисерській, операторській і художній майстерності, музиці, акторському виконанню. Саме тому успіх цього фільму поділили між собою режисер С. Параджанов, оператор Ю. Ілленко, художник Г. Якутович, композитор М. Скорик, актори І. Миколайчук, Л. Кадочникова.

Телебачення (від грец. *television* – далеко та лат. *visio* – бачення) посідає значне місце у популяризації мистецтва кіно. Останнім часом воно стало важливим засобом масової комунікації, без якого не можна уявити собі нинішнє життя. Телебачення має свою жанрову структуру, яку воно постійно розвиває і вдосконалює. Саме тому телебачення вважається невід'ємним чинником культурного процесу сьогодення і посідає особливе місце у житті сучасної людини.

2 АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ФОРМАТІВ ВІДЕОФАЙЛІВ

Мультимедійний контейнер (англ. Container format) — формат файлів, що може містити дані різних типів, стиснених різними кодеками і дозволяє зберігати аудіо, відео і текстову інформацію в єдиному файлі. Мультимедійні контейнери відкриваються більшістю медіаплеєрів [3].

Кодоване відео та аудіо всередині контейнера відеофайлів називається сутністю. Програма (або апаратне забезпечення), яка може декодувати стиснене відео або аудіо, називається кодеком. Відтворення або кодування відеофайлу іноді вимагає від користувача встановлення бібліотеки кодеків, що відповідає типу кодування відео та аудіо, що використовується у файлі.

3.1 Цифрові формати відеофайлів та основи кодека

Оскільки відеофайли можуть бути великими, було розроблено програми, які називаються кодеками, щоб полегшити їх зберігання та обмін. Кодеки кодують дані, щоб стиснути їх для зберігання та спільного використання. Потім вони декодують ці дані, щоб розпакувати їх для перегляду та редагування. Найпоширенішим кодеком для стиснення відео є H.264 або AVC.

Формати відеофайлів або розширення файлів є контейнерами або оболонками для цих кодеків. Як і у випадку з форматами аудіофайлів із втратою даних, більшість відеоформатів втрачають дані під час стиснення. Який формат обрати, залежить від балансу між якістю та простотою використання.

Розглянемо найпоширеніші формати цифрового відео.

1. MP4 (MPEG-4 Part 14) є найпоширенішим типом формату відеофайлів. Переважний формат Apple, MP4, також можна відтворювати на більшості інших пристроїв. Він використовує алгоритм кодування MPEG-4 для зберігання відео- та аудіофайлів і тексту, але пропонує

- нижчу чіткість, ніж деякі інші. MP4 добре підходить для відео, опублікованих на YouTube, Facebook, Twitter та Instagram.
2. MOV (QuickTime Movie) зберігає високоякісні відео, аудіо та ефекти, але ці файли, як правило, досить великі. Файли MOV, розроблені Apple для QuickTime Player, використовують кодування MPEG-4 для відтворення у QuickTime для Windows. MOV підтримується Facebook і YouTube, і він добре працює для перегляду телепередач.
 3. Файли WMV (Windows Media Viewer) пропонують хорошу якість відео та великий розмір файлу, наприклад MOV. Microsoft розробила WMV для Windows Media Player. YouTube підтримує WMV, і користувачі Apple можуть переглядати ці відео, але вони повинні завантажити Windows Media Player для Apple. Майте на увазі, що ви не можете вибрати власне співвідношення сторін у WMV.
 4. AVI (Audio Video Interleave) працює майже з кожним веб-браузером на машинах Windows, Mac і Linux. Розроблений Microsoft, AVI пропонує найвищу якість, але також великий розмір файлу. Він підтримується YouTube і добре працює для перегляду ТБ.
 5. AVCHD. Advanced Video Coding High Definition спеціально для відео високої чіткості. Створені для цифрових відеокамер Panasonic і Sony, ці файли стискаються для зручного зберігання без втрати чіткості.
 6. FLV, F4V і SWF. Формати флеш-відео FLV, F4V і SWF (Shockwave Flash) розроблені для Flash Player, але вони зазвичай використовуються для потокової передачі відео на YouTube. Flash не підтримується пристроями iOS.
 7. MKV. Розроблений у Росії формат Matroska Multimedia Container є безкоштовним із відкритим кодом. Він підтримує майже всі кодеки, але сам по собі не підтримується багатьма програмами. MKV — це розумний вибір, якщо ви очікуєте, що ваше відео буде переглядатися на телевізорі чи комп'ютері за допомогою медіаплеєра з відкритим вихідним кодом, наприклад VLC або Miro.

8. WEBM або HTML5. Ці формати найкраще підходять для відео, вбудованих на ваш особистий чи бізнес-сайт. Це невеликі файли, тому вони швидко завантажуються та легко транслюються.

Зазвичай, у контейнерах знаходяться дані від різних кодеків. Поширений мультимедійний контейнер AVI може, наприклад, містити потік відео закодований кодеком Xvid в формат MPEG-4 і потік аудіо закодований LAME в формат MP3. Деякі із контейнерів можуть містити додаткову інформацію, таку як структура меню, або додакові потоки аудіо. Інші контейнери можуть містити лише аудіо дані. Так, наприклад, WAV-файли, зазвичай, містять дані в форматі PCM, але запис MP3 також можливий.

Запис потоків аудіо- та відео даних в один файл виконується мультіплексором. Під час програвання потік ділиться на аудіо- та відео дані в демультіплексорі (напр. спліттері) а потім передаються на відповідний кодек для декодування.

Аудіо та відео файли кодуються різними кодеками.

Кодеком (від англійської codec) називають програму, призначену для кодування та декодування даних мультимедіа (наприклад, аудіо- та відеопотоків). Кожен кодек спеціалізується тільки на одному типі даних. За обробку звукових записів відповідають аудіокодеки (AAC, AIF, AU, MP3, RA, RAM, WMA, FLAC), з відео працюють відеокодеки (DivX, AVI, H.261, H.263, H.264, MPEG, RM, RV , WMV. Над роликами, в яких міститься і звук, і відео, «чарують» обидва типи кодеків.

Також існують кодеки, призначені для обробки цифрових зображень та тексту, однак у цій роботі йтиметься саме про аудіо- та відеокодеки.

Найбільш розповсюджені аудіо кодеки – MP3, WMA, AAC, Ogg Vorbis і ін. З відео кодеків популярні DivX, MPEG-2, MPEG-4, H.261 (265, 264).

На рис. 2.1 ілюстровано, як працюють кодеки.

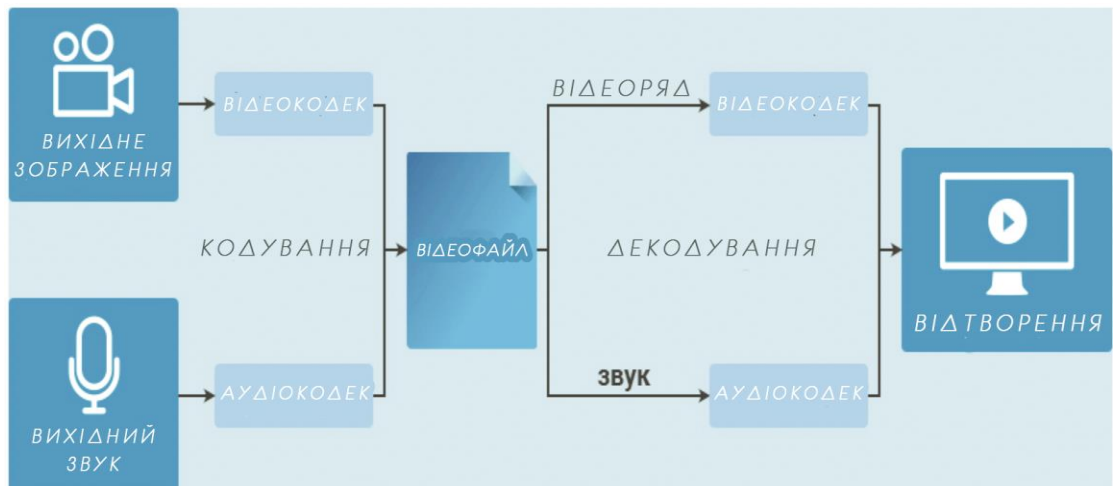


Рисунок 2.1 – Принцип дії кодеків

Кодеки приймаються за роботу в той самий момент, коли натискаєте кнопку запису на своїй камері. Під час зйомки відеокодек стискає та кодує відеодоріжку, а аудіокодек працює зі звуковою доріжкою. Потім обидва потоки синхронізуються і зберігаються в одному медіаконтейнері, а якщо говорити простіше – форматі. Камери можуть вести запис як у популярних форматах типу AVI та MP4, так і більш екзотичних.

При перенесенні знятого кліпу на комп'ютер, у справу вступають кодеки, встановлені на ньому: відеокодек розпаковує зображення, аудіокодек - звукову доріжку, а програвач виводить цю інформацію на екран і колонки вашого комп'ютера.

Теоретично – можна уникнути кодування, на практиці – краще не варто. Справа в тому, що кодеки виконують важливу функцію: вони стискають файли до розмірів, прийнятних для сучасних пристроїв.

Відеофайли, створювані камерами в процесі запису, мають занадто великий розмір: п'ятихвилинний ролик, знятий на сучасний смартфон, в незжатоному стані може займати кілька гігабайт пам'яті. Можливо, в майбутньому, коли пам'ять комп'ютерів і гаджетів обчислюватиметься десятками і сотнями терабайтів, необхідність використання кодеків відпаде, але зараз без цих спритних програм, що перетворюють гігабайтні відео в мегабайтні, нам не обійтися.

Розглянемо найпоширеніші кодеки.

XviD – кодек стандарту MPEG4 забезпечує на динамічних сценах високу чіткість зображення.

DivX є досі одним із найпопулярніших кодеків, підтримка якого є на всіх DVD плеєрах. При кодуванні виходить якісне відео з високим рівнем стиснення даних, що дозволяє отримати відео невеликого розміру. На даний момент DivX codec є платним при використанні кодування.

MPEG2 codec застосовується для створення DVD-дисків і в цифровому телебаченні.

Перший загальноприйнятий стандарт відео компресії MPEG2 був остаточно прийнятий у 1996 році, після чого почався швидкий розвиток цифрового супутникового телемовлення. Наступним стандартом став MPEG4 part 10 (H.264/AVC), що забезпечує вдвічі більший ступінь стиснення відео. Він був прийнятий у 2003 році, що стало поштовхом до розвитку систем DVB-T/S, Інтернет-ТВ та до появи різноманітних сервісів відеообміну та відеозв'язку. З 2010 по 2013 роки міжнародною групою Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) велася інтенсивна робота щодо створення наступного стандарту стиснення відеоданих, названого розробниками High Efficient Video Coding (HEVC), який забезпечив наступне дворазове збільшення ступеня стиснення цифрових відео.

H.264 codec. При кодуванні виходить дуже високий рівень стиснення картинки без втрати якості. Дуже добре зарекомендував себе при кодуванні відео HD якості.

H.265 та H.264 - це стандарти кодування відео, встановлені експертною групою з відеокодування Міжнародного консультативного комітету з телефонії та телеграфії (МККТТ, ITU-T VCEG).

З швидким розвитком технології відеоспостереження поточний стандарт H.264 (MPEG-4/AVC) перестав відповідати вимогам кодування відео для більш високої роздільної здатності зображення. У майбутньому відеообладнання 4K UHD та 8K UHD неминуче стане стандартом, як і

сьогодні Full HD. Як стандарт стиснення відео наступного покоління на ринок вийшов H.265, він поступово впроваджується в продукти для IP-спостереження високої чіткості, таких як IP-камери HD, NVR.

H.264, також відомий як MPEG-4 AVC (Advanced Video Codec), - це розроблений у 2003 році стандарт стиснення відео, а також широко використовуваний формат високоточного запису, стиснення та розповсюдження відео. H.264 відомий тим, що стандарт кодеків для дисків Blu-ray. Усі програвачі Blu-ray повинні вміти декодувати H.264. Переважна більшість сучасних відеореєстраторів (DVR) використовують h.264 як основний кодек.

Свого часу розробка кодека H264 стала справжнім проривом, тому що вдалося посадити за один стіл людей, які займаються телебаченням, IP камерами, конференц-зв'язком і народити стандарт, якого в цілому вистачило всім.

Стандарт H.264 розпізнає роздільну здатність лише до 2048x2048.

Дозволи, що зазвичай підтримуються, і співвідношення ширини до висоти включають:

- 854 x 480 (16:9 480p);
- 1280 x 720 (16:9 720p);
- 1920 x 1080 (16:9 1080p);
- 640 x 480 (4:3 480p);
- 1280 x 1024 (5:4);
- 1920 x 1440 (4:3).

Крім того, рішення Apple використовувати його до певної міри сприяло популяризації кодування H.264. Цей стандарт також увійшов до мільйонів домашніх господарств із сотнями мільйонів iPad та iPhone і став абсолютним гегемоном у галузі кодування зображень, займаючи понад 80% частки ринку.

У порівнянні з попередніми стандартами кодування, H.264 може видавати більш високу якість зображення за більш низької швидкості передачі даних, тому він був визнаний людьми. H.264 також широко

використовується в потоковій мережі передачі мультимедійних даних і різних наземних телевізійних передачах високої чіткості, супутниковому телебаченні, радіомовленні та в інших галузях.

Спочатку проблеми масового впровадження кодексу h264 обумовлювалися тим, що для декодування HD відео в реальному часі були потрібні великі на той час потужності апаратної частини обчислювальної техніки. Ситуацію врятував вихід на ринок доступних для широкого користувача багатоядерних процесорів AMD та Intel.

Стандарт H.265 або HEVC (High Efficiency Video Coding), розроблений у 2012 році, заснований на своєму попереднику, стандарті кодування відео H.264, зберігаючи одні та покращуючи інші технології. H.265 використовує передові методи для покращення взаємозв'язку між кодовим потоком, якістю кодування, затримкою та складністю алгоритму для досягнення оптимальних налаштувань.

H.265 підтримує формати кадру до 8K (UHDTV) з роздільною здатністю 8192×4320 пікселів

Поліпшення H.265 у порівнянні з H.264 включають:

- підвищення ефективності стиснення;
- підвищення надійності;
- можливість відновлення після помилок;
- зменшення затримки у реальному часі;
- скорочення часу захоплення каналу та затримки довільного доступу, а також зниження складності.

Архітектура кодування H.265 / HEVC приблизно аналогічна H.264 / AVC і в основному включає:

- внутрішнє передбачення;
- зовнішнє передбачення;
- перетворення;
- квантування;
- деблокуючий фільтр (фільтр видалення блочності);

– ентропійне кодування (ентропійне кодування) та інші модулі.

Однак в архітектурі кодування HEVC все поділено на три основні блоки:

- блок кодування (CU);
- блок передбачення (PU);
- блок перетворення (TU).

У цифровому поданні відеопослідовність є потоком відео, що складається з послідовності відеокадрів. Кожен кадр відеопослідовності представляє певний дискретний момент відеосигналу. Фізично кадр є матрицею пікселів зображення.

Більшість сучасних стандартів стиснення відеопослідовностей реалізують блокову модель кодування, суть якої полягає в розбитті кадру відеопослідовності на безліч блоків, що не перетинаються, і виконанні алгоритму стиснення на кожному отриманому блоці. У стандарті H.265/HEVC структура розбиття на блоки є квадродререво, подібне до застосовуваного при фрактальному стисканні.

Стиснення відеоінформації ґрунтується на двох важливих принципах. По-перше, кожен кадр відеопослідовності має просторову надмірність внаслідок кореляції значень пікселів усередині кадру. По-друге, більшість кадрів відеопослідовності схожі на попередні, а значить мають тимчасову надмірність [8]. Алгоритми стиснення відеопослідовностей ґрунтуються на усуненні цих двох видів надмірності.

У стиснутій послідовності відео зазвичай присутні як кадри з усуненням тільки просторової надмірності, так і кадри з усуненням обох видів надмірності. Кадри першого типу називаються ключовими (опорними) і позначаються символом I (скор. від англ. intra – внутрішній). Такі стислі кадри дозволяють почати їхнє декодування відразу, оскільки вони не посилаються на інші кадри даної відеопослідовності.

Кадр, що посилається на один або кілька попередніх, називається різницеvim і позначається символом P (скор. від англ. predicted –

передбачений). Кадр, для стиснення якого використовуються як попередні, так і наступні кадри відеопослідовності називається двонаправленим і позначається символом В (скор. від англ. *bidirectional* - двонаправлений).

У статті дослідження зосереджено стиснення опорних відео кадрів. При їх стисненні в стандарті H.265/HEVC використовуються лише внутрішні передбачення на основі вже стиснутої частини цього кадру. У цьому стандарті визначено 35 режимів внутрішнього передбачення: DC, плоский та 33 кутових передбачення.

У стандарті попереднього покоління H.264/AVC визначено лише 10 режимів внутрішнього передбачення блоків: DC, плоский та 8 кутових.

Різниця між H.264 і H.265 полягає, перш за все, у пропускній здатності потокової передачі та вимогах до сховища. H.265 завдяки оптимізації алгоритму H.264 може реалізувати передачу цифрового зображення стандартної чіткості зі швидкістю нижче 1 Мбіт / с; H.265 може реалізувати передачу звичайного аудіо та відео високої чіткості 720P (роздільна здатність 1280*720) зі швидкістю передачі 1 ~ 2 Мбіт/с.

H.265 призначений для передачі мережевого відео вищої якості при обмеженій пропускній здатності, і лише половина пропускної здатності H.264 може використовуватися для відтворення відео тієї ж якості. Стандарт H.265 також підтримує відео надвисокої чіткості 4K (4096×2160) та 8K (8192×4320). На рис. 2.2 показана різниця в кодуванні H.264 та H.265.

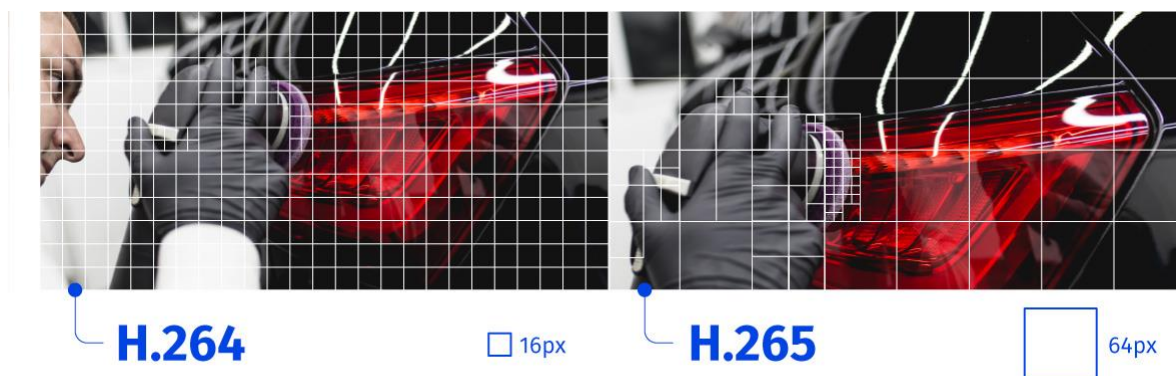


Рисунок 2.2 – H.264 & H.265

Архітектура кодування H.265/HEVC приблизно аналогічна H.264/AVC. Вона переважно включає внутрішнє передбачення, зовнішнє передбачення, перетворення, квантування, фільтр деблокування (фільтр видалення блочності), ентропійне кодування (ентропійне кодування) та інші модулі. , але в архітектурі кодування HEVC все розділено на три основні блоки, а саме: блок кодування (CU), блок передбачення (блок передбачення, PU) та блок перетворення (блок перетворення, TU).

Порівняно з H.264/AVC, H.265/HEVC надає більше різних інструментів для зниження швидкості передачі даних. Що стосується одиниці кодування, розмір кожного макроблока (МБ) H.264 становить фіксовані 16x16 пікселів, а кодування блок H.265 можна вибрати від найменшого 8x8 до найбільшого 64x64. У той же час режим внутрішнього передбачення H.265 підтримує 33 напрямки (H.264 підтримує лише 8) і забезпечує кращу обробку компенсації руху та методи векторного прогнозування.

Тест порівняння якості показує, що при тій самій якості зображення, в порівнянні з H.264, розмір відео, закодованого H.265, буде зменшений приблизно на 39-44%. Коли швидкість передачі даних знижується на 51-74%, якість відео, закодованого в H.265, може бути такою ж або краще, ніж у відео, закодованого в H.264, що істотно краще, ніж очікуване відношення сигнал/шум (PSNR) .

В табл. 2.1 порівняно кодеки H.264 і H.265[6].

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця кодеків H.264 і H.265

	H.264 AVC	H.265 HEVC
Підтримувані формати контейнерів	mkv, mp4, qtff, asf, avi, mxf, ps, ts, m2ts, evo, 3gp, f4v	mkv, mp4, qtff, asf, avi, mxf, ps, ts, 3gp
Рекомендована пропускна здатність для кодування відео	480p – 1,5 Мбит/с 720p – 3 mpbs 1080p – 6 Мбит/с	480p – 0,75 Мбит/с 720p – 1,5 mpbs 1080p – 4 Мбит/с

	4К – 32 Мбит/с	4К – 15 Мбит/с
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> – високоякісне кодування; – найбільш широко використовуваний кодек; – добра сумісність з пристроєм, браузером і контейнерами; – використовує менше вичерпної потужності. 	<ul style="list-style-type: none"> – більш якісне і ефективне кодування; – потрібна половина пропускної здатності; – кодування майже без втрат; – найкраще прогнозування руху і компенсація.
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> – використовує більшу пропускну здатність; – не найвища якість на ринку; – втрати більше, ніж HVAC. 	<ul style="list-style-type: none"> – не так широко використовується; – обмежена сумісність з пристроями і браузерами; – потрібно більш потужне обладнання.
Розмір блоків	Макроблок 16 x 16	Блоки з деревоподібною структурою кодування від 64x64 до 8x8
Блоки передбачення	Розбиття до 4x4	От 64x64 до 4x4 + асиметричне передбачення
Блоки перетворення	8x8 и 4x4	32x32, 16x16, 8x8, 4x4 + неквадратні перетворення
Зворотне перетворення	Деблокуючий фільтр	Деблокуючий фільтр, SAO
Внутрішньокадрове передбачення	9 режимов	35 режимов

Компенсація руху	Пророцтво вектору руху	Удосконалений прогноз вектора руху (просторове та тимчасове)
Глибина кольору	8 біт	10 біт
Ентропійне кодування	СABAC або CAVLC	СABAC із застосуванням паралельних операцій

265 кращий для потокового відео, оскільки він має вищі рівні стиснення без видимого погіршення якості відео. Проте H. 264 забезпечує достатню якість для більшості повсякденних потреб і все ще вважається галузевим стандартом[7].

2.2 Основні етапи відеокодування

В основі алгоритмів компресії відеоданих лежить кілька простих ідей. Якщо взяти деяку частину зображення (у стандартах MPEG2 і AVC цю частину називають макроблок), то з великою ймовірністю поблизу цієї ділянки в даному кадрі або в сусідніх кадрах виявиться ділянка, що містить схоже зображення, що мало відрізняється за значеннями інтенсивності пікселів. Таким чином, для передачі інформації про зображення в поточній ділянці достатньо передати тільки його відмінність від раніше закодованої схожої ділянки. Процес пошуку схожих ділянок серед раніше закодованих зображень називають пророцтвом (Prediction).

Набір різницевих значень, що визначають відмінність поточної ділянки від знайденого передбачення, називають залишком (Residual). Тут можна назвати два основних типи передбачення. У першому з них значення Prediction є набір лінійних комбінацій пікселів, що примикають до поточної ділянки зображення зліва і зверху. Таке пророцтво називають просторовим (Intra Prediction). У другому - як передбачення використовуються лінійні

комбінації пікселів схожих ділянок зображень з раніше закодованих кадрів (ці кадри називають Reference). Таке пророцтво називають тимчасовим (Inter Prediction).

Для відновлення зображення поточної ділянки, закодованої з тимчасовим передбаченням, при декодуванні необхідна інформація не тільки про залишок (Residual), а й про номер кадру, на якому знаходиться схожа ділянка, та координати цієї ділянки.

Отримані при передбаченні значення Residual, очевидно, містять у середньому менше інформації, ніж вихідне зображення, отже, вимагають меншої кількості бітів для передачі зображення. Для подальшого підвищення ступеня компресії відеоданих у системах відеокодування використовують якесь спектральне перетворення. Як правило, це косинус-перетворення Фур'є.

Таке перетворення дозволяє виділити основні гармоніки у залишковому двовимірному сигналі Residual. Таке виділення провадиться на наступному етапі кодування – квантуванні. Послідовність квантованих спектральних коефіцієнтів містить невелику кількість основних, більших за величиною, значень. Інші значення з великою ймовірністю є нульовими. В результаті кількість інформації, що міститься в квантованих спектральних коефіцієнтах, виявляється суттєво (у десятки разів) нижчою, ніж у вихідному зображенні.

На наступному етапі кодування отриманий набір квантованих спектральних коефіцієнтів, що супроводжується інформацією, необхідною для виконання передбачень при декодуванні, піддається ентропійного кодування. Суть тут полягає в тому, щоб найбільш часто зустрічаються в потоці кодується значенням поставити у відповідність найбільш коротке кодове слово (що містить найменшу кількість біт). Найкращий ступінь стиснення (близький до теоретично досяжної) на цьому етапі забезпечують алгоритми арифметичного кодування, які в основному використовуються в сучасних системах відеостиснення.

Зі сказаного вище стають очевидні основні фактори, що впливають на ефективність тієї чи іншої системи відеокомпресії. Насамперед – це, звичайно, фактори, що визначають ефективність просторового та тимчасового передбачень. Другий набір факторів пов'язаний з ортогональним перетворенням та квантуванням, що виділяє основні гармоніки у залишковому сигналі Residual. Третій – визначається обсягом та компактністю подання додаткової інформації, супутньої Residual та необхідної для виконання передбачень, тобто обчислення Prediction, у декодері. Нарешті, четвертий набір – чинники, що визначають ефективність завершального етапу – ентропійного кодування.

У стандарті AVC (H.264) основною структурною одиницею зображення є макроблок – квадратна область розміром 16×16 пікселів (рис. 1). При пошуку найкращого варіанта передбачення кодер може вибирати один із кількох варіантів розбиття кожного макроблока. При просторовому Intra-передбаченні таких варіантів три: виконати пророцтво для всього блоку повністю, розбити макроблок на чотири квадратні блоки розміром 8×8 або на 16 блоків розміром 4×4 пікселя і виконувати пророцтво для кожного такого блоку незалежно. Кількість можливих варіантів розбиття макроблоку при тимчасовому Inter-передбаченні суттєво багатше, що забезпечує адаптацію розміру та положення передбачуваних блоків до положення та форми меж об'єктів, що рухаються у відеокадрі.

На рис. 2.3 зображені макроблоки в AVC (H.264) та можливі розбиття при Inter-передбаченні.

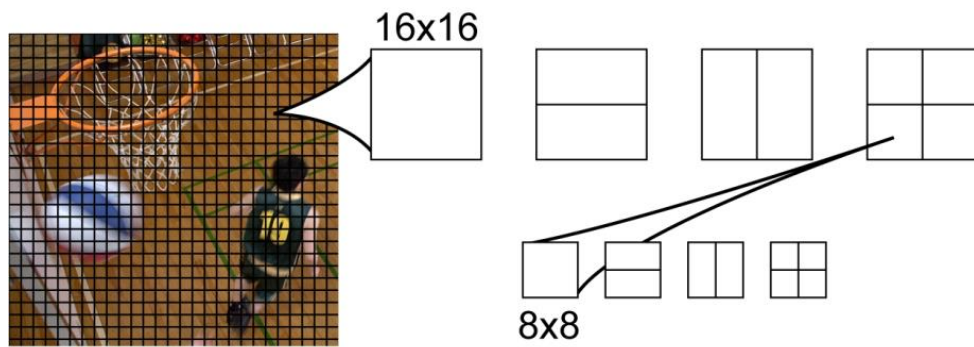


Рисунок 2.3 – Макроблоки в AVC та можливі розбиття при Inter-передбаченні

В AVC (H.264) для просторового передбачення використовуються значення пікселів зі стовпця ліворуч від передбачуваного блоку та рядка пікселів, розташованого безпосередньо над ним (рис. 2). Для блоків розмірів 4x4 та 8x8 передбачено 9 способів передбачення. При передбаченні, званому DC, всі розраховані пікселі мають одне значення, що дорівнює середньому арифметичному «пікселів-сусідів», виділених на рис. 2 товстою лінією. В інших режимах виконується кутове передбачення.

При цьому значення «пікселів-сусідів» розставляються всередині передбачуваного блоку у напрямках, вказаних на рис. 2. У разі, коли передбачуваний піксел «попадає» під час руху у заданому напрямі між «пікселями-сусідами», для передбачення використовується інтерповане значення. Для блоків розміром 16x16 пікселів передбачено 4 способи передбачення. Один із них – це вже розглянуте DC-процтво. Два інших відповідають «кутовим» способам, з напрямками передбачення 0 і 1. Нарешті, при четвертому – Plane-передбаченні – значення передбачуваних пікселів визначаються рівнянням площини. Кутові коефіцієнти рівняння визначаються за значеннями «пікселів-сусідів» (див. рис. 2.4).

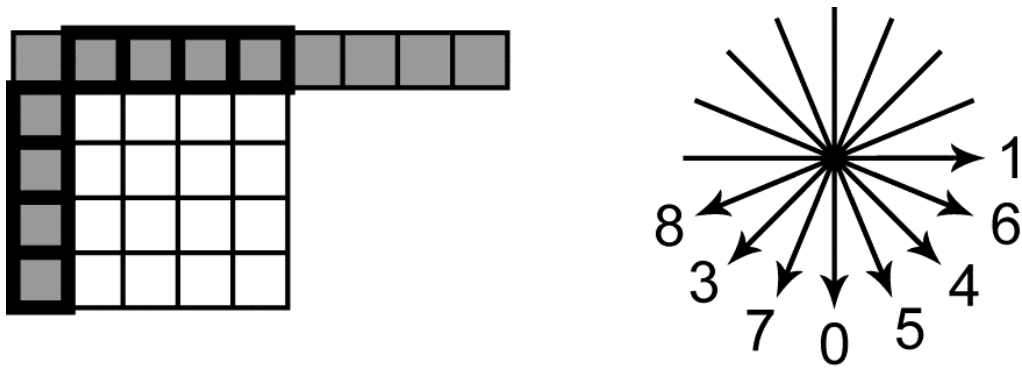


Рисунок 2.4 – «Пікселі-сусіди» та кутові режими Intra-прогнозування в AVC

Тимчасове передбачення AVC може бути реалізовано в одному з двох варіантів. Кожен із цих варіантів визначає тип макроблоку (P або B). Як передбачення значень пікселів в P-блоках (Predictive-блоках) використовуються значення пікселів з області, розташованої раніше закодованому (reference) зображенні. Reference-зображення не видаляються з буфера оперативної пам'яті, що містить декодовані кадри (decoded picture buffer, DPB), доки вони можуть знадобитися для Inter-прогнозування.

З індексів цих зображень у DPB формується список (reference list). Кодер сигналізує декодеру про номер reference-зображення у списку і про зміщення області, що використовується для передбачення щодо положення блоку, що передбачається (це зміщення називають «вектором руху», motion vector). Усунення може бути визначено з точністю до $\frac{1}{4}$ пікселя. При передбаченні з нецілочисленним усуненням виконується інтерполяція. Різні блоки на одному зображенні можуть передбачатися по областях, що розташовані на різних reference-зображеннях.

Як було зазначено, наступним етапом кодування після передбачення значень кодованого блоку та обчислення різницевого сигналу Residual є спектральне перетворення. В AVC (H.264) передбачено кілька варіантів ортогональних перетворень залишкового сигналу Residual. При Intra-передбаченні всього макроблока розміром 16×16 залишковий сигнал розбивається на блоки розміром 4×4 пікселя, кожен з яких піддається цілого аналога дискретного двовимірного 4×4 косинус-перетворення Фур'є.

Отримані спектральні компоненти, що відповідають у кожному блоці нульової частоти (DC), потім піддаються додатковому ортогональному перетворенню Уолша-Адамара. При тимчасовому Inter-передбаченні залишковий сигнал Residual розбивається на блоки розміром 4×4 пікселя або 8×8 пікселів. Кожен такий блок піддається потім відповідно 4×4 або 8×8 двовимірному косинус-перетворенню Фур'є (точніше його цілісного аналога).

На наступному етапі спектральні коефіцієнти піддаються процедурі квантування. Це призводить до зменшення розрядності чисел, що представляють значення спектральних відліків, і істотного збільшення кількості відліків, що мають нульові значення. Ці ефекти забезпечують стиснення, тобто. зменшують кількість та розрядність чисел, що представляють закодоване зображення. Оборотною стороною квантування є спотворення зображення, що кодується. Зрозуміло, що чим більший крок квантування, тим більший ступінь стиснення, але й тим більші спотворення.

Заключним етапом кодування AVC (H.264) є ентропійне кодування, реалізоване за алгоритмами контекстно-адаптивного двійкового арифметичного кодування (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding). Цей етап забезпечує додаткове стиснення відео без внесення спотворень у закодоване зображення.

Новий стандарт H.265/HEVC є розвитком методів та алгоритмів стиснення відеоданих, закладених у H.264/AVC. Розглянемо дуже коротко основні відмінності.

Аналогом макроблоку HEVC є Coding Unit (CU). Усередині кожного блоку вибираються області для обчислення Prediction – Prediction Unit (PU). Кожна CU, крім того, визначає межі, в межах яких вибираються області для обчислення дискретного ортогонального перетворення від залишкового сигналу Residual. Ці області звуться Transform Unit (TU). Основною відмінністю HEVC тут є те, що розбиття відеокадра на CU проводиться адаптивно, так що є можливість підлаштовувати межі CU під межі об'єктів на зображенні (рис. 3). Така адаптивність дозволяє досягати виключно високої

якості передбачення та, як наслідок, малого рівня залишкового сигналу Residual.

Безперечним плюсом такого адаптивного підходу до розбиття кадру на блоки є також вкрай компактний опис структури розбиття. Для всієї відеопослідовності задаються максимальні та мінімальні можливі розміри CU (наприклад, 64x64 – максимально можлива CU, 8x8 – мінімально). Весь кадр у порядку ліворуч-праворуч, зверху-вниз покривається максимально можливими CU. Очевидно, що для такого покриття не потрібна передача будь-якої інформації.

Якщо в межах тієї чи іншої CU потрібно виконати розбиття, це індикується одним прапором (Split Flag). Якщо цей прапор встановлений у значення 1, то дана CU розбивається на 4 CU (при максимальному розмірі CU 64x64 після розбиття отримуємо 4 CU розміром 32x32 кожна). Для кожної з отриманих CU у свою чергу може бути передано значення Split Flag 0 або 1. В останньому випадку така CU знову розбивається на 4 CU меншого розміру. Процес триває рекурсивно, поки Split Flag всіх отриманих CU не буде рівним 0 або поки не буде досягнутий мінімально можливий розмір CU. Вкладені CU утворюють таким чином квадродререво (Coding Tree Units, CTU).

Розбиття відеокадру на CU проводиться адаптивно, що ми бачимо на рис. 2.5.

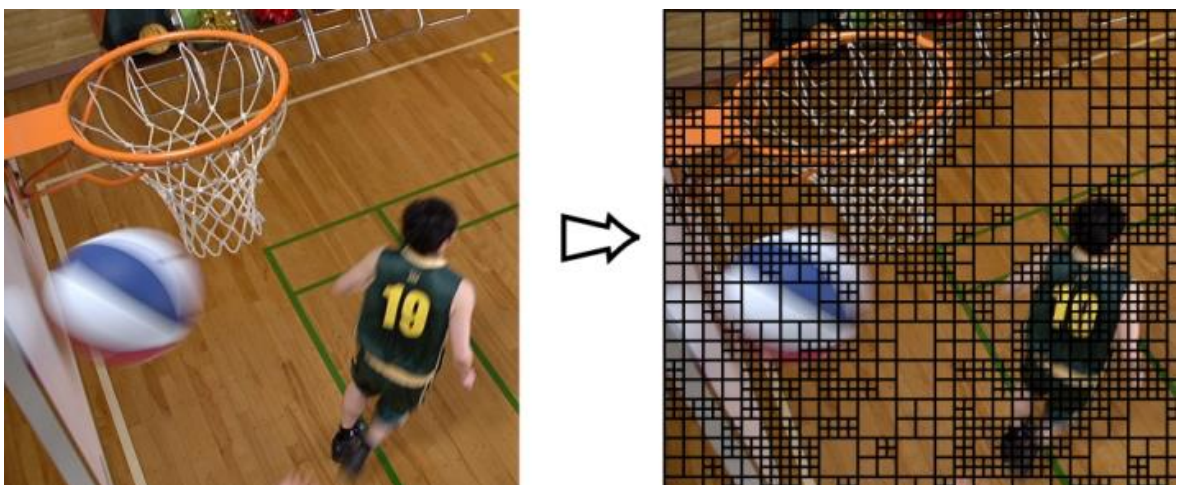


Рисунок 2.5 – Розбиття відеокадру на CU

Як було зазначено, у межах кожної CU вибираються області для обчислення передбачення – Prediction Unit (PU). При просторовому пророкуванні область CU може співпадати з PU (режим $2N \times 2N$) або може бути розбита на 4 квадратні PU вдвічі меншого розміру (режим $N \times N$, доступний лише CU мінімального розміру). При тимчасовому передбаченні можливі 8 варіантів розбиття кожної CU на PU (рис. 2.6).

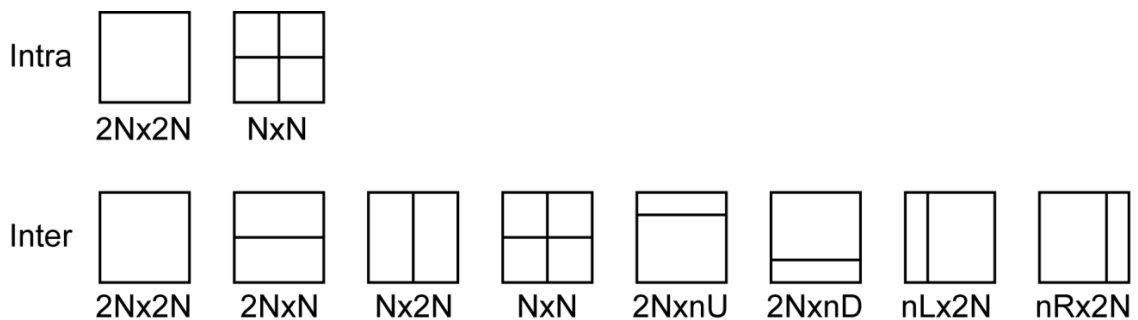


Рисунок 2.6 – Можливі розбиття Coding Unit на Prediction Unit при просторовому (Intra) та тимчасовому (Inter) режимах передбачення CU

Ідея просторового передбачення в HEVC залишилася тією ж, що і в AVC. Як передбачені значення відліків у блоці PU використовуються лінійні комбінації значень пікселів-«сусідів», що примикають до блоку ліворуч і зверху. Проте, набір способів просторового передбачення в HEVC став значно багатшим. Крім Planar (аналог Plane AVC) і DC способів кожна PU може бути передбачена одним з 33 способів «кутового» передбачення. Тобто, кількість напрямів, у яких розставляються розраховані за пікселями-«сусідами» значення збільшено вчетверо.

Можна вказати дві основні відмінності тимчасового передбачення HEVC від AVC. По-перше, у HEVC використовуються якісніші інтерполяційні фільтри (з більш довгою імпульсною характеристикою) при розрахунку reference-зображень при нецілочисленному зміщенні. Друга відмінність стосується способу представлення інформації про reference-область, необхідної декодер для виконання передбачення. У HEVC введено

«режим злиття» (merge mode), у якому різні PU, мають однакові усунення reference-областей, об'єднуються. Для всієї об'єднаної області інформація про рух (motion vector) передається в потоці один раз, що дозволяє істотно скоротити обсяг інформації, що передається.

Ідеї процедури квантування спектральних коефіцієнтів сигналу residual а також ентропійного кодування AVC і HEVC практично ідентичні.

Зазначимо ще один момент, про який раніше не було сказано. Істотний вплив на якість декодованих зображень та на ступінь стиснення відеоданих надає пост-фільтрація, на яку піддаються декодовані зображення з Inter-передбаченням перед розміщенням їх у DPB. В AVC передбачено один вид такої фільтрації – deblocking filter. Застосування фільтра знижує блоковий ефект, що виникає в результаті квантування спектральних коефіцієнтів після перетворення ортогонального сигналу Residual.

HEVC застосовується аналогічний deblocking filter. Крім того, передбачена додаткова процедура нелінійної фільтрації, яка називається Sample Adaptive Offset (SAO). На основі аналізу розподілу значень пікселів під час кодування визначається таблиця коригувальних зсувів, що додаються до значень частини пікселів CU при декодуванні.

Apple QuickTime. Формат файлів з розширенням MOV був розроблений Apple для комп'ютерів Macintosh і пізніше перенесений на платформу PC. З 1993 по 1995 р. цей формат був домінуючим. Остання його версія за номером 4.1 дозволяє передавати дані в потоковому режимі. Це означає, що немає необхідності повністю завантажувати файл, щоб почати перегляд відеоролика.

2.3 Формати відео для YouTube, параметри: розмір, роздільна здатність та якість відео

YouTube рекомендує партнерам додавати відео в максимальній роздільній здатності. Це підвищить ймовірність того, що вони будуть

показуватися у високій якості (HQ). Варто звернути увагу, що YouTube завжди повторно кодує відео, щоб оптимізувати якість відтворення.

Формат файлу. Бажано додавати відео у двох форматах – ширококомовному (1080p, HD) та MPEG-2 (з розширенням .MPG). Якщо ви не можете надати відео у форматі MPEG-2, наступний формат – MPEG-4. Наведені нижче вимоги забезпечують оптимальне відтворення відео у форматі MPEG-2 та MPEG-4.

MPEG-2:

- аудіокодек: MPEG Layer II або Dolby AC-3;
- бітрейт аудіо: 128 Кбіт/с або вище.
- MPEG-4:
- відеокодек: H.264;
- аудіокодек: AAC;
- бітрейт аудіо: 128 Кбіт/с або вище.

Мінімальна тривалість аудіовізуального фрагмента. 33 секунди (виключаючи чорне та статичне зображення у відео, а також тишу та фоновий шум у звуковій доріжці).

Частота кадрів. Відео повинно мати вихідну частоту кадрів без повторного семплювання. Для вихідних матеріалів найкращі результати дає шаблон прогресивної розгортки із частотою 24 або 25 кадрів за секунду. Зазвичай використовується частота 24, 25 чи 30 кадрів на секунду. Не застосовуйте повторне семплювання, оскільки це може призвести до тремтіння зображення та зниження якості відео. Також небажано підвищувати дискретизацію та виконувати різні процедури перенесення.

Роздільна здатність відео. Бажано додавати відео високої чіткості. Це забезпечить максимальну гнучкість під час кодування та відтворення. Відео, призначені для продажу або прокату, повинні мати дозвіл не менше 1920×1080 із співвідношенням сторін 16:9. Для контенту з рекламою або без неї YouTube не встановлює мінімальну роздільну здатність, але рекомендує

не менше 1280x720 для співвідношення сторін 16:9 і не менше 640x480 для співвідношення сторін 4:3.

Дозвіл можна зменшити, якщо ви не плануєте робити відео загальнодоступним на YouTube і додаєте його тільки як цифровий відбиток для системи Content ID. Це можуть бути стандартні відео з роздільною здатністю "одна чверть" (тобто 320x240). Щоб із них вийшли вдалі відбитки, їх розмір має бути понад 200 рядків.

Бітрейт відео. Так як бітрейт значною мірою залежить від кодека, немає мінімального рекомендованого значення. Краще оптимізувати відео за кількістю кадрів за секунду, співвідношення сторін і роздільну здатність. Якщо відео призначене для продажу чи прокату, стандартний бітрейт – 50 або 80 Мбіт/с.

Якщо неможливо закодувати відео з урахуванням рекомендованих вимог, можна також надати його у форматах WMV, AVI, MOV та FLV. У цьому випадку найкраще додати відео у найвищій якості. YouTube обробить відеофайли і перекодує їх належним чином. Однак якість відео може вийти неоптимальним, через що кодування у високій якості (HQ) може виявитися недоступним. Якщо не вдається кодувати відео з урахуванням рекомендованих вимог, варто додати кілька тестових роликів, щоб перевірити якість їх відтворення на YouTube.

Оптимальним форматом відео для YouTube є MP4 з відеокодеком H.264 і аудіокодеком AAC, оскільки він дозволяє отримувати відео хорошої якості при невеликих розмірах файлів.

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОМПРЕСІЇ ВІДІОПОТОКІВ

За допомогою Premier Pro ми обрізали та конвертували QuickTime файл DSC_5961.MOV, знятий на професійну фотокамеру у MPEG-4(кодек HEVC H.265), MPEG-4 (кодек H.264), QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ).

На рис. 3.1 зображено запропоновані Premier Pro формати експорту.

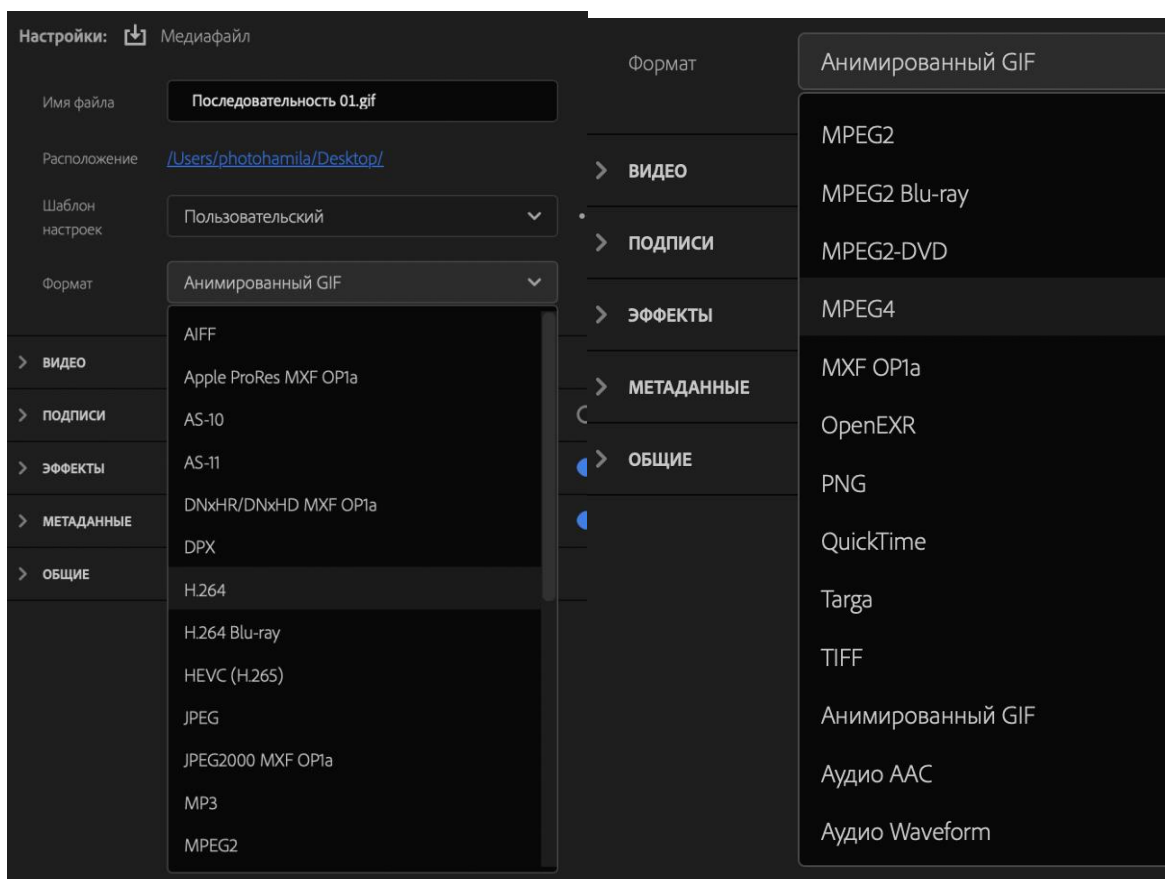


Рисунок 3.1 – Запропоновані Premier Pro формати експорту

За допомогою програми QuickTime Player здійснювалося проглядання кодованих відео потоків. Вибрався фрагмент відео потоку для визначення статистичних характеристик компресованого відеопотоку. Та робили скріншот фрагменту (рис 3.2).



Рисунок 3.2 – Формати MPEG-4 (кодек H.264), MPEG-4(кодек HEVC H.265), QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ)

За допомогою програми Photoshop та ласо виділяємо сигнальну складову та за допомогою гистограми дивимося характеристики (рис. 3.3-рис. 3.8).

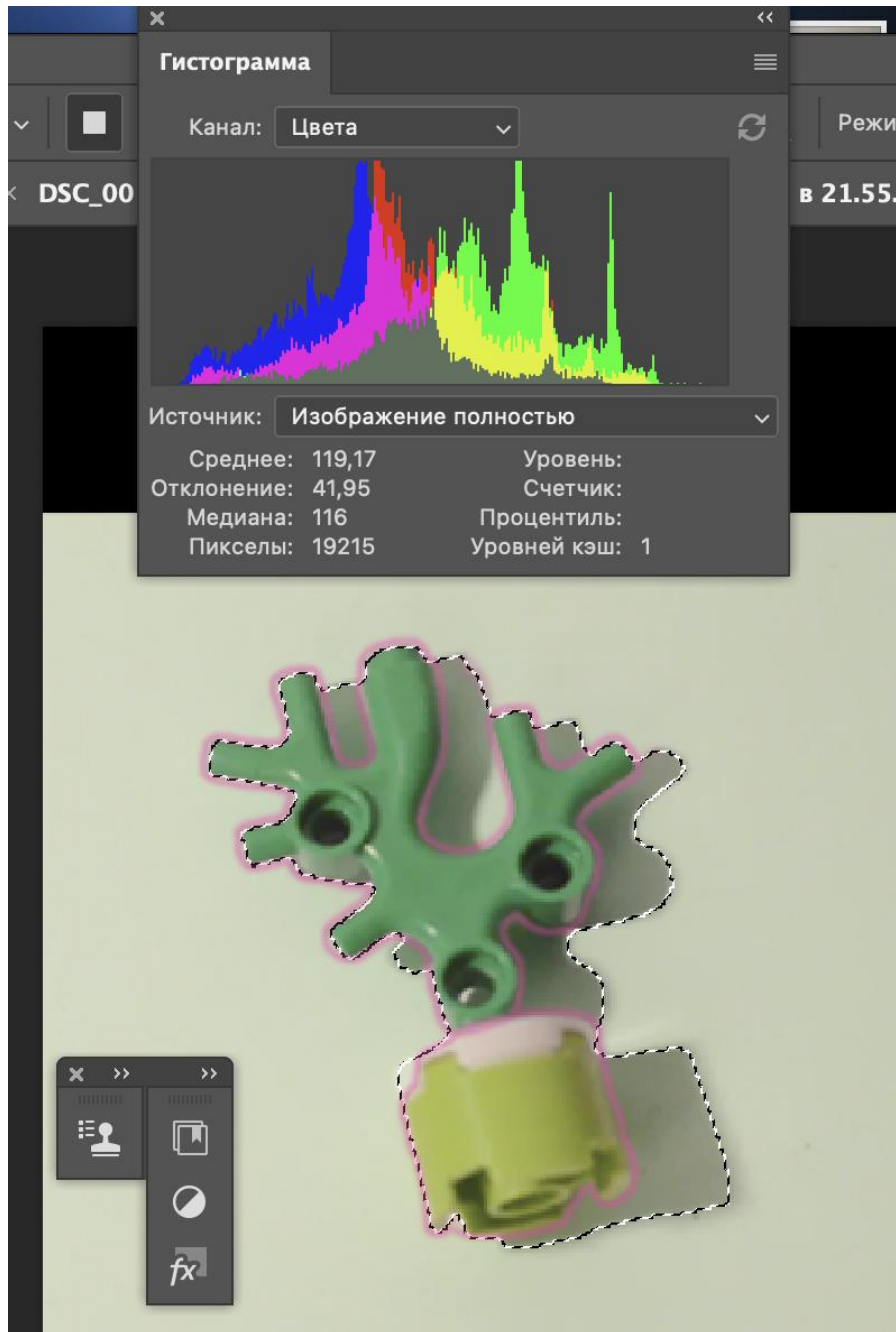


Рисунок 3.3 – Для сигнальной складовой формата MPEG-4 (кодк Н.264)

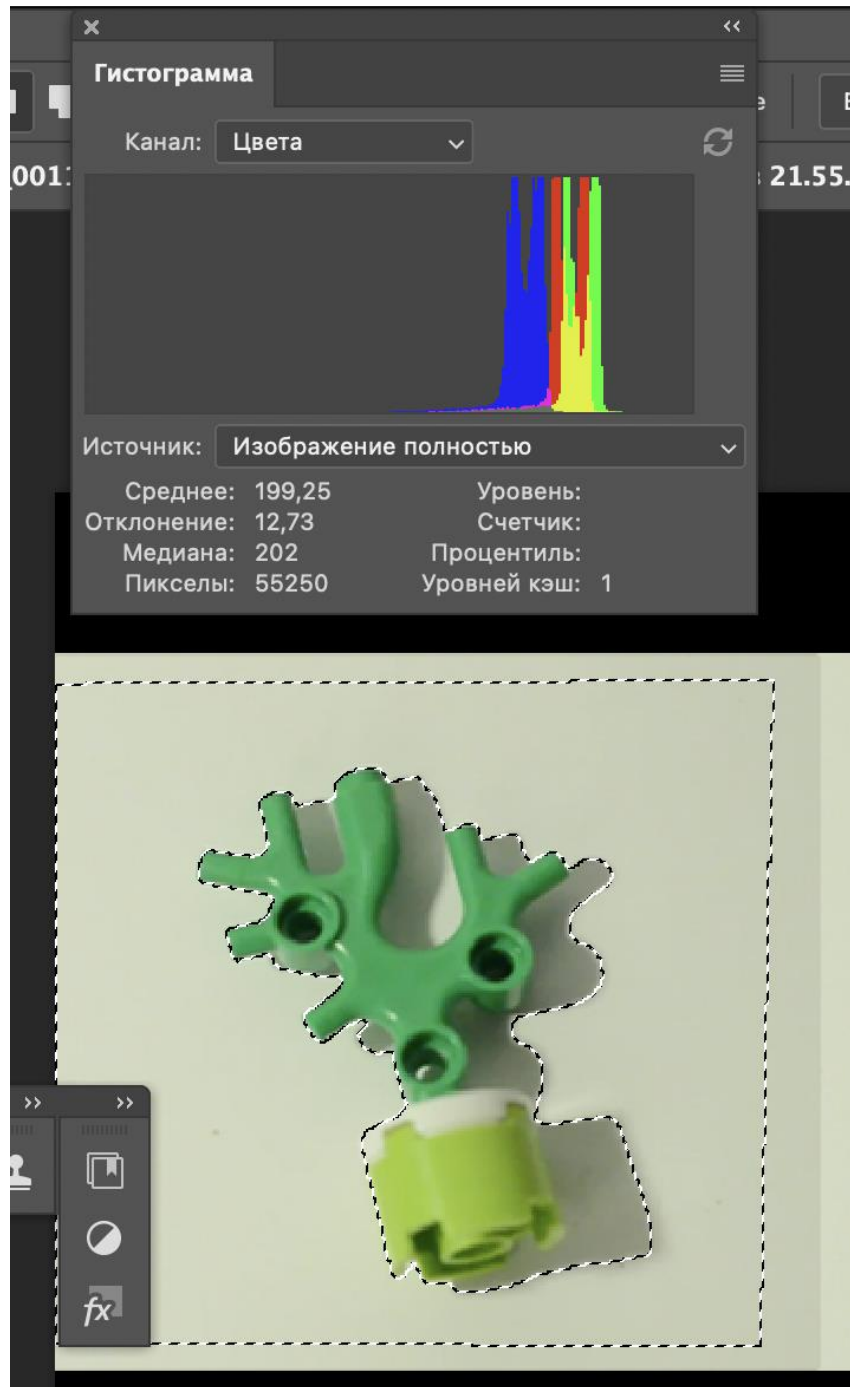


Рисунок 3.4 – Для фоновой складовой формату MPEG-4 (кодк Н.264)

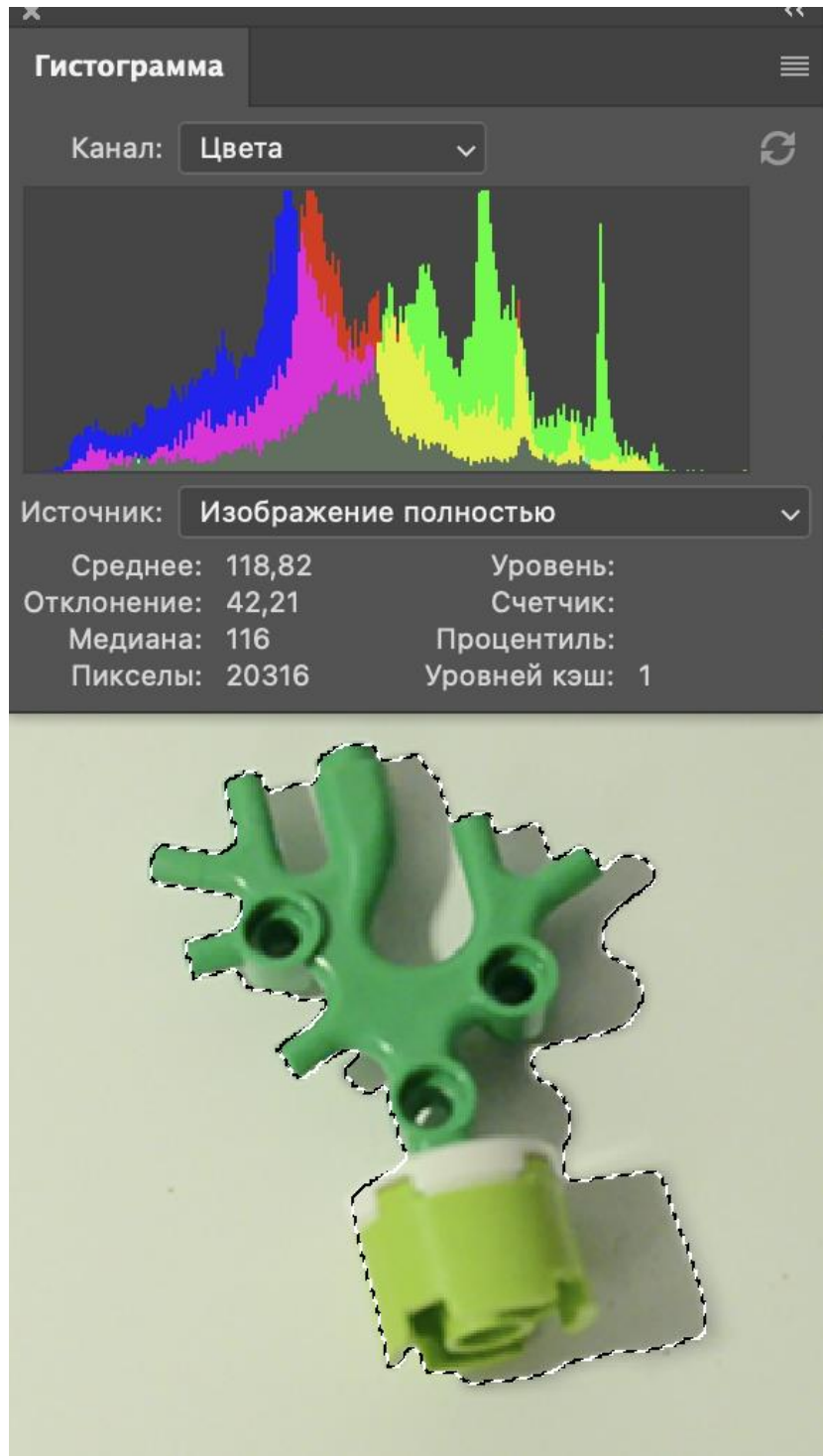


Рисунок 3.5 – Для сигнальної складової формату MPEG-4(кодк HEVC H.265)

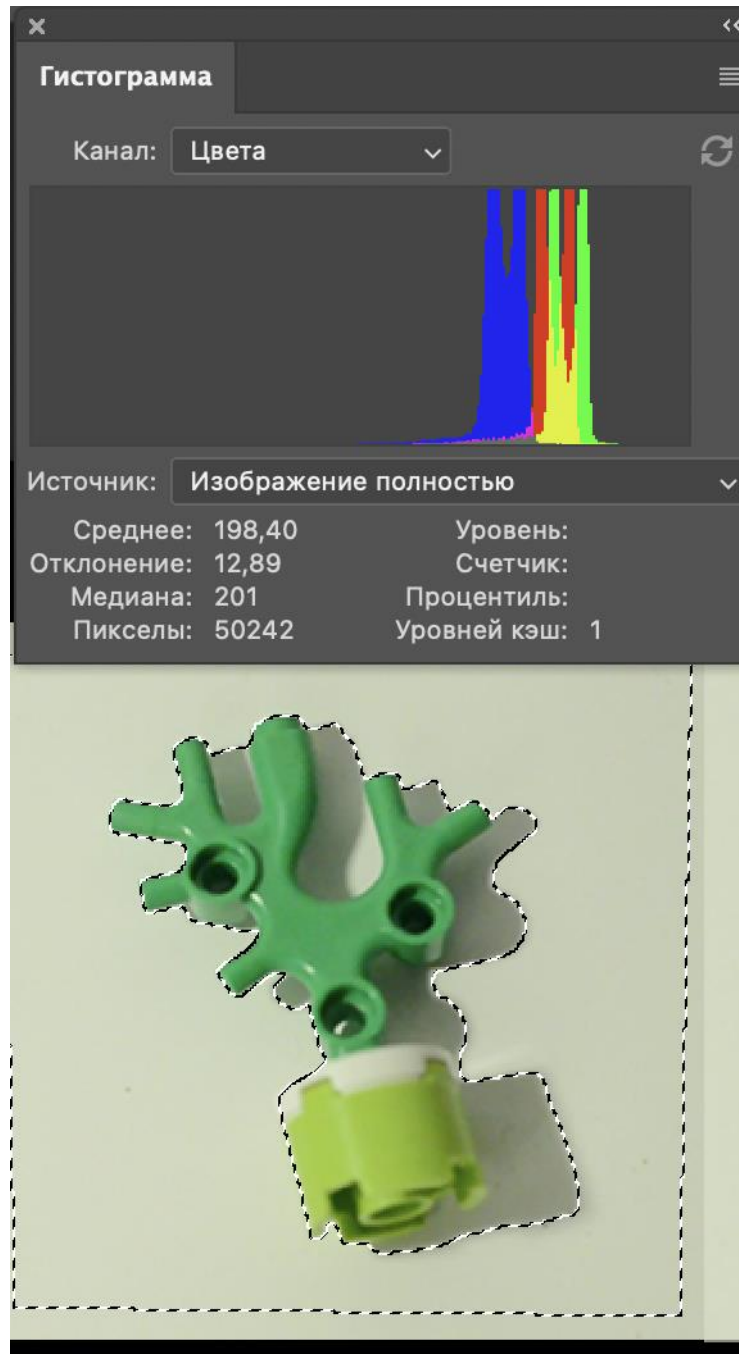


Рисунок 3.6 – Для фонові складові формату MPEG-4(кодек HEVC H.265)

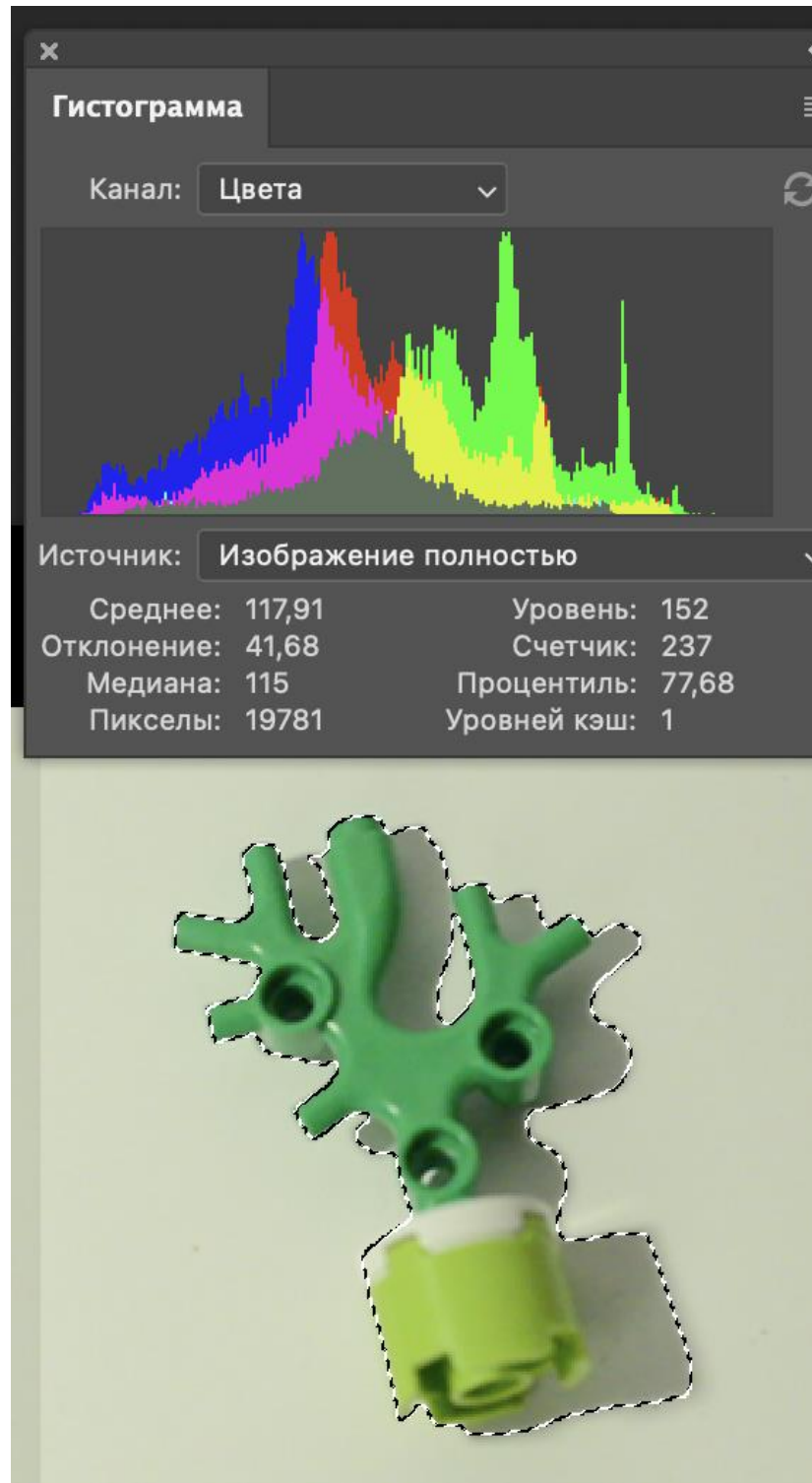


Рисунок 3.7 – Для сигнальної складової формату QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ)

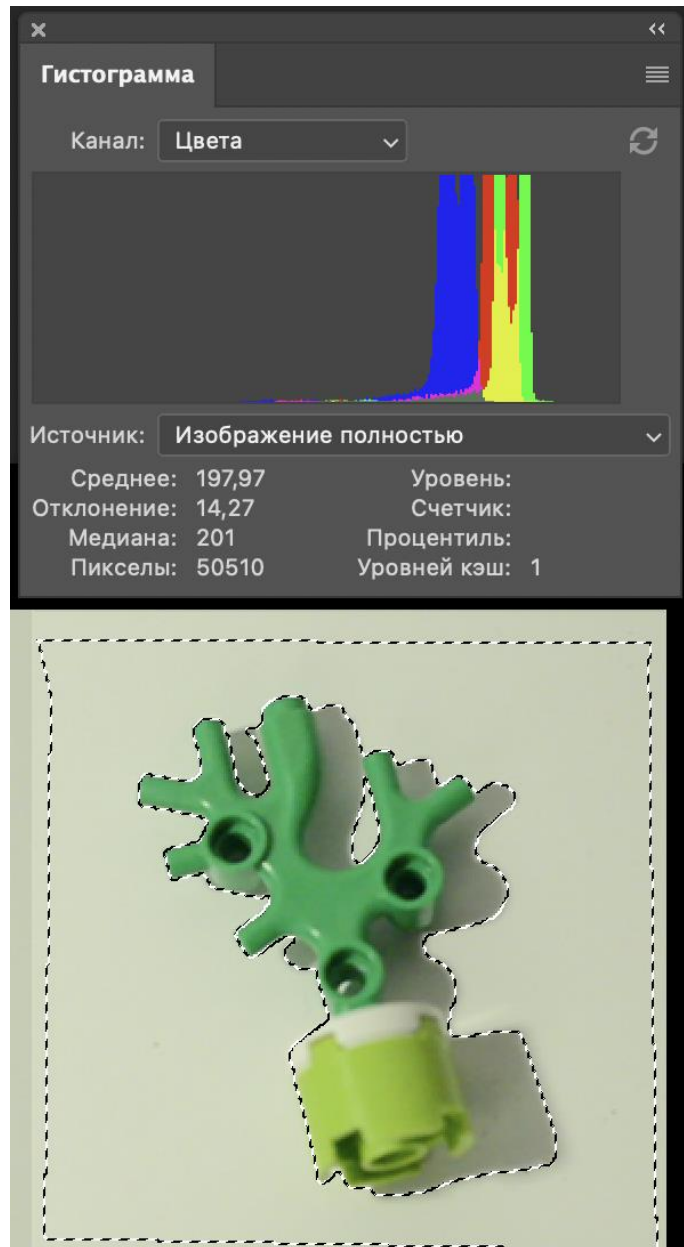


Рисунок 3.8 – Для фонові складові формату QuickTime (кодеки Timescode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ)

На рис. 3.9 зображено розміри відеофрагментів.

	MPEG-4 (кодек H.264)	MPEG-4(кодек HEVC H.265)	QuickTime
Розмір відеофрагменту (МБ)	4,7	15,4	96,2
	h264 01.mp4	19:16	4,7 МБ
	hevc h 265 01.mp4	19:17	15,4 МБ
	quicktime 01.mov	19:18	96,2 МБ

Рисунок 3.9 – Розміри відеофрагментів

Наскільки сильно значення випадкового процесу можуть відрізнятися від маточікування описує параметр дисперсія, міра розкиду випадкової величини.

СКВ - середнє квадратичне відхилення . Визначається як квадратний корінь із дисперсії випадкової величини. Стандартне відхилення на підставі зміщеної оцінки дисперсії (іноді званої просто вибірковою дисперсією).

У табл. 3.1 розраховані характеристики відеопотоків в залежності від форматів стиску.

Таблиця 3.1 – Дослідження (розрахунки) характерних відеопотоків в залежності від форматів стиску

		MPEG-4 (кодек H.264)	MPEG-4(кодек HEVC H.265)	QuickTime
сигнал	Середнє значення	119,17	118,82	117,91
	Дисперсія	1759,8025	1781,6841	1737,2224
	Відхилення(СКВ)	41,95	42,21	41,68
	Медіана	116	116	115
фон	Середнє значення	199,25	198,4	197,97
	Дисперсія	162,0529	166,1521	203,6329
	Відхилення(СКВ)	12,73	12,89	14,27
	Медіана	202	201	201

U_C – середнє значення сигналу.

$U_{C+\Phi}$ – сигнал, рахується як середнє значення сигналу+фону .

$D_{C+\Phi}$ – шум, рахується як середнє значення дисперсії сигналу+фону .

U_Φ – сигнал по фону.

D_Φ – дисперсія по фону.

ϕ - величина сигнал/шум.

Співвідношення сигнал/шум визначається як відношення потужності сигналу (значимої інформації) до потужності фонового шуму (небажаного сигналу).

$$\phi = \frac{UC + \Phi}{DC + \Phi} \quad (1.1)$$

У табл. 3.2 розраховані ефективності форматів стиснення за критерієм сигнал/шум.

Таблиця 3.2 – Розрахунки ефективності форматів стиснення за критерієм сигнал/шум ϕ

	MPEG-4 (кодек H.264)	MPEG-4(кодек HEVC H.265)	QuickTime
$UC + \Phi$	159,21	158,61	157,94
$DC + \Phi$	960,9277	973,9181	970,42765
$U\phi$	199,25	198,4	197,97
$D\phi$	162,0529	166,1521	203,6329
ϕ	5,135999656	5,082405901	5,070030274

Дані розрахунки показують, що показник сигнал/шум найбільший у форматі MPEG-4(кодек HEVC H.265), що свідчить про те, що він кращий в плані якості, адже шумів у нього менше.

Обчислюємо умовні ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу (рис. 3.10-рис. 3.12).

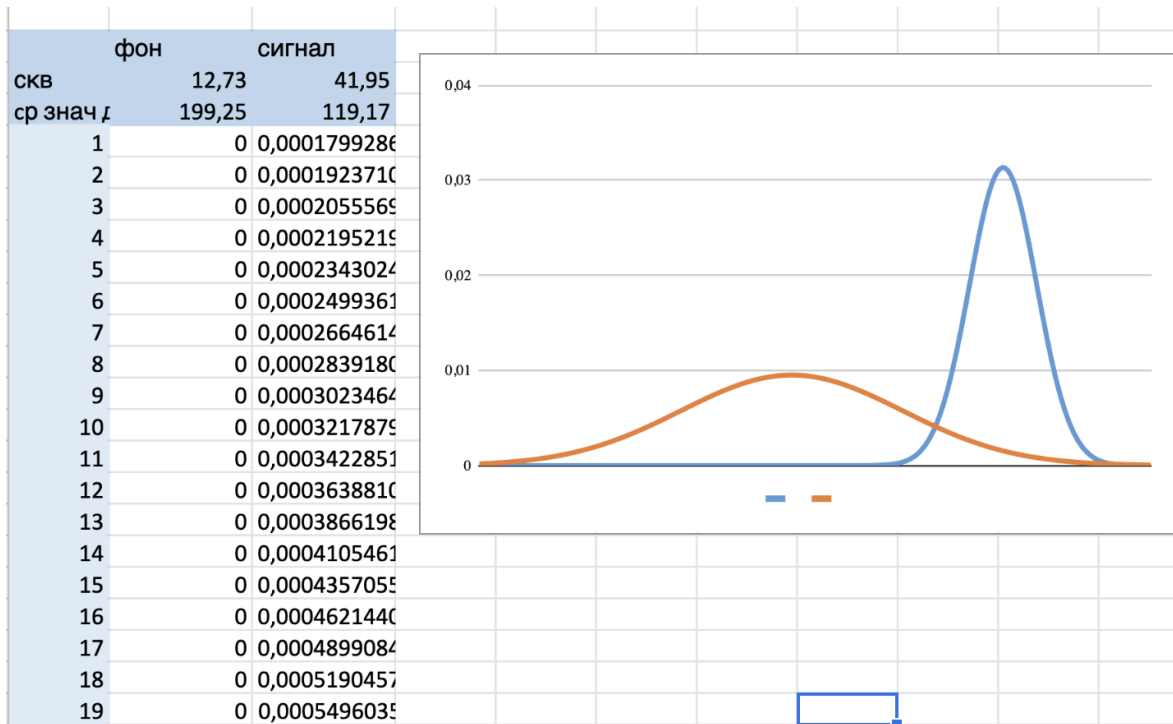


Рисунок 3.10 – Умовні ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу MPEG-4 (кодек H.264)

У табл. 3.3 розраховані ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу MPEG-4 (кодек H.264).

Таблиця 3.3 Ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу MPEG-4 (кодек H.264)

Показник	MPEG-4 (кодек H.264)	Ймовірність
вір. виявлення	0,9999950611	>>
вір. хибної тривоги	0,9970874328	<<

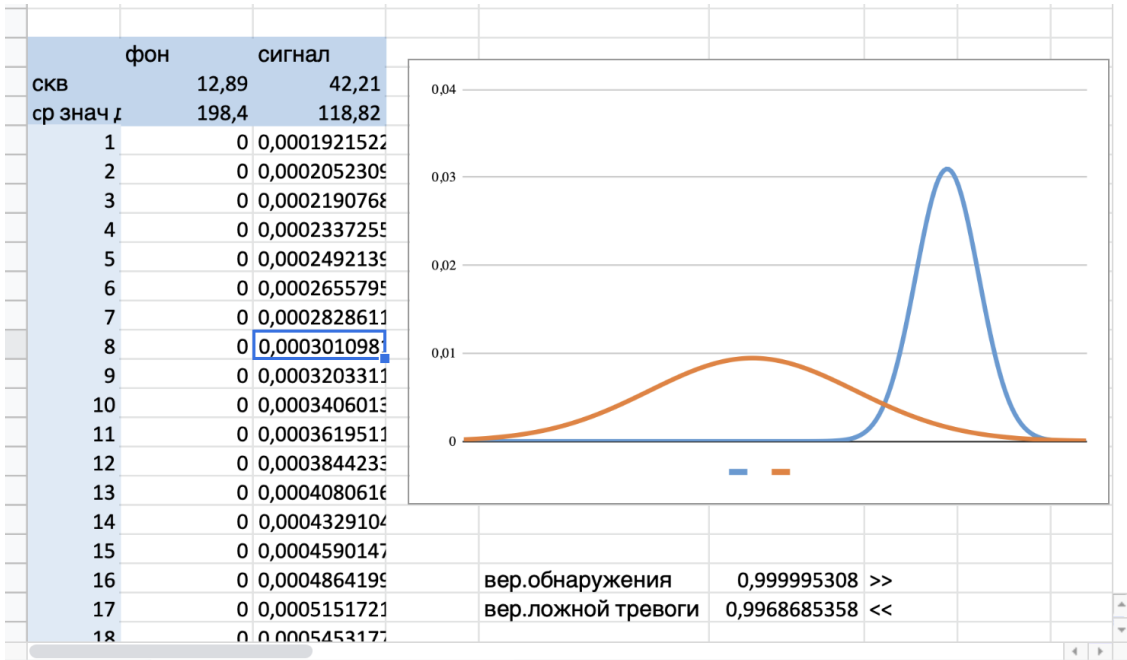


Рисунок 3.11 – Умовні ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу MPEG-4(кодек HEVC H.265)

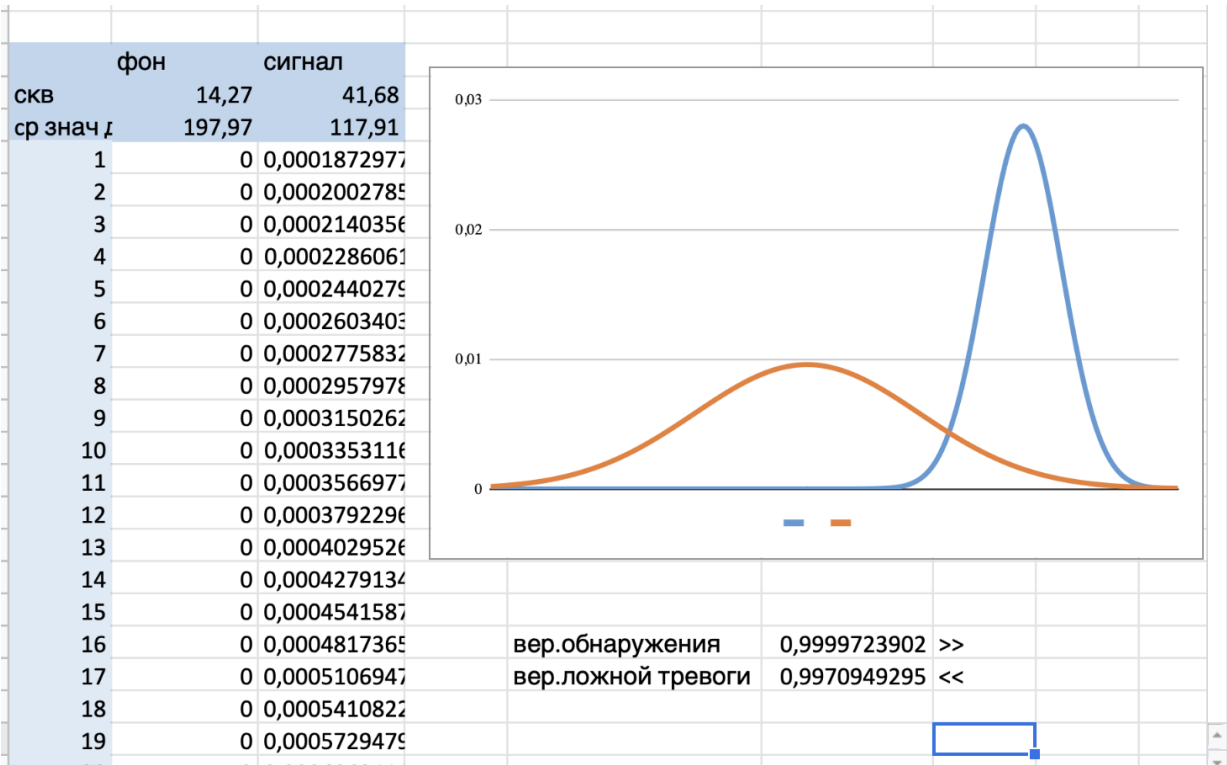


Рисунок 3.12 – Умовні ймовірності появи помилкової відмітки й правильного виявлення сигналу QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ)

У табл. 3.4 зображено розрахунки вірогідності виявлення та хибної тривоги.

Таблиця 3.4 – Розрахунки вірогідності виявлення та хибної тривоги

	MPEG-4 (кодек H.264)	MPEG-4(кодек HEVC H.265)	QuickTime
<i>U_{пор}</i>	159,21	158,61	157,94
<i>d</i>	0,999995	0,9999953	0,999972
<i>f</i>	0,99709	0,99687	0,997095

F - значення умовної ймовірності хибної тривоги;

D - значення умовної ймовірності правильного виявлення[7].

Значення умовної ймовірності правильного виявлення найбільше у MPEG-4 (H.264), що вдруге вказує на перевагу цього формату.

ВИСНОВКИ

У ході кваліфікаційної роботи були досліджені методи компресії відеопотоків, існуючі відеоформати, контейнери, кодеки та алгоритми кодування відео. Найпоширенішими форматами цифрового відео є: MP4 (MPEG-4 Part 14), MOV (QuickTime Movie), WMV (Windows Media Viewer), AVI, AVCHE, FLV, F4V, SWF, MKV та WEBM.

Мультимедійний контейнер (англ. Container format) — формат файлів, що може містити дані різних типів, стиснених різними кодеками і дозволяє зберігати аудіо, відео і текстову інформацію в єдиному файлі. Поширений мультимедійний контейнер AVI може, наприклад, містити потік відео закодований кодеком Xvid в формат MPEG-4 і потік аудіо закодований LAME в формат MP3. Деякі із контейнерів можуть містити додаткову інформацію, таку як структура меню, або додаткові потоки аудіо. Інші контейнери можуть містити лише аудіодані. Найпоширенішими кодеками є XviD, DivX, MPEG2, H.264, H.265.

Було проведено аналіз наступних форматів стиску : MPEG-4(кодек HEVC H.265), MPEG-4 (кодек H.264), QuickTime (кодеки Timecode, Linear PCM, Apple ProRes 422 HQ). Виявлено , що QuickTime має найбільший фактичний розмір, при чому в 20 разів більший за MPEG-4 (кодек H.264), який у свою чергу має найбільшу вірогідність виявлення сигналу та найвищий показник співвідношення сигнал/шум.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Який формат найякісніший. Порівняння трьох форматів відео за споживчими властивостями. Що таке Кодек? [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://androidas.ru/which-format-is-the-most-qualitative-comparison-of-three-formats-of-video-on-consumer-properties/>
2. Формат відеофайлу [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.wiki.uk-ua.nina.az/Формат_відеофайлу.html.
3. Засоби мультимедіа ос windows. програми для роботи зі звуковими та відеофайлами – 2015. – Режим доступу до ресурсу:https://studopedia.su/17_17301_zasobi-multimedIa-os-WINDOWS-programi-dlya-roboti-zI-zvukovimi-ta-vIdeofaylami.html
4. Поняття про мультимедійні дані та формати даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://informatika1kurs.blogspot.ru/2014/02/blog-post.html>.
5. Choosing the right video format [Електронний ресурс]. – 2022. — Режим доступу: <https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/best-video-format.html>
6. H.264 vs. H.265: What They Are and Which One Is Better [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.brid.tv/h264-vs-h265>.
7. Т. О. Стрількова “Розвиток стохастико-детермінованої теорії прийому та обробки сигналів в оптико-електронних системах”, дис., Київ, 2017, 10ст.
8. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. - М.: Техносфера, 2004. - 368 с.
9. A Comparative Example Between The Use Of Pca And Mds For Image Classification / Hernandez, W., Mendez, A., Flor-Unda, O., Camejo, I.M., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft;

Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152565, Pages 1353-1358

10. Algorithm For Generating Refined Frequency Estimates In Atmospheric Radio Sounding Systems / Kartashov V., Hernandez W., Hernandez-Balbuena D., M. Kolendovska, Konovalenko O., Melnyk V. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152562, Pages 79-82

11. Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M. Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.

12. Avalos-Gonzalez, D., Sergiyenko, O., Hernandez-Balbuena, D., Tyrsa, V., Kartashov V.M., V., Rivas-Lopes, M., Murrieta-Rico, F.N. Constraints definition and application optimization based on geometric analysis of the frequency measurement method by pulse coincidence // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (USA). 2018, V.126. P. 184-193.

13. Book “Control and Signal Processing Applications for Mobile and Aerial Robotic Systems”, Hardback - Advances in Computational Intelligence and Robotics English. Edited by Oleg Sergiyenko, Moises Rivas-Lopez, Wendy Flores-Fuentes, Julio Cesar Rodríguez-Quiñonez, Lars Lindner. Editorial IGI Global, Hershey, United States, January 2020, 340 páginas. ISBN10 152259924X, ISBN13 9781522599241

14. Cesar Sepulveda-Valdez ; Oleg Sergiyenko ; Vera Tyrsa ; Wendy Flores-Fuentes ; Julio César Rodríguez-Quiñonez ; Fabian Natanael Murrientarico ; Jesús Elías Miranda-Vega ; Paolo Mercorelli ; Marina Kolendovska. "Geometric analysis of a laser scanner functioning based on dynamic triangulation," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1398-1403, doi:

10.1109/ISIE45063.2020.9152268.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152268>

15. Cuauhtémoc Mariscal-García; Wendy Flores-Fuentes; Daniel Hernández-Balbuena; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Oleg Sergiyenko. "Classification of Vehicle Images through Deep Neural Networks for Camera View Position Selection," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1376-1380, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152440.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152440>

16. Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision/ O. Sergiyenko, J.C. Rodriguez-Quiñonez, IGI Global, 2016; 341p.

17. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission, /Oleynikov, V., Zubkov, O., Kartashov, V., ...Sheiko, S., Babkin, S.//2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, стр. 175-178, 9061337

18. Features of acoustic noise of small unmanned aerial vehicles / Semenets, V.V., Kartashov, V.M., Leonidov, V.I. //Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz* and *Radiotekhnika*), 2020, 79(11), стр. 985-995

19. Geometric Analysis Of A Laser Scanner Functioning Based On Dynamic Triangulation /Sepulveda-Valdez, C., Sergiyenko, O., Tyrsa, V, Mercorelli, P., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152268, Pages 1398-1403

20. I. Y. A. Corpus, L.Lindner, O.Sergiyenko. "Transimpedance Amplifier for Laser Scanning System Range Extension," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-

19 of June 2020, pp. 1421-1426, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152487.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152487>

21. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.

22. Jonathan J. Sanchez-Castro ; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Luis R. Ramírez-Hernández ; Guillermo Galaviz ; Daniel Hernández-Balbuena ; Gabriel Trujillo-Hernández ; Wendy Flores-Fuentes ; Paolo Mercorelli ; Wilmar Hernández-Perdomo ; Oleg Sergiyenko ; Félix Fernando González-Navarro. "A Lean Convolutional Neural Network for Vehicle Classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1365-1369, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152274.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152274>

23. Lindner, L., Sergiyenko, O., Rivas-López, M., (...), Gurko, A., Kartashov, V.M. Machine vision system for UAV navigation; IEEE, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC, 2016; pp.1–6. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841356.

24. M. Ivanov, O. Sergiyenko, V. Tyrsa, P. Mercorelli, V. Kartashov, W. Hernandez, S. Sheiko, M. Kolendovska. Individual scans fusion in virtual knowledge base for navigation of mobile robotic group with 3D TVS // Proceedings of 44th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON).. -2018. – Washington DC, USA. -S. 3187-3192. . ISBN 978-1-5090-6683-4/18/.

25. Murrieta-Rico, F.N., Petranovskii, V., Galvan, D.H., Sergiyenko, O., Yocupicio-Gaxiola, R.I., De Dios Sanchez-Lopez, J. Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. 2020 IEEE

29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 185-190, 9152255, DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152255

26. Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16// Machine Vision and Navigation; Springer, Cham. pp.537–578. Editors: Sergiyenko, Oleg, Flores-Fuentes, Wendy, Mercorelli, Paolo. DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2_16.

27. Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time/Kartashov, V., Oleynikov, V., Zubkov, O., Sheiko, S.// 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165362/

28. Principles Of Construction And Assessment Of Technical Characteristics Of Multi-Frequency Atmospheric Sodar In The Humidity Measurement Mode / Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M., Sergienko, O.Yu. // Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50, p. 323-333/

29. Research Of The Uncertainty Of Measurement Frequencies And Definitions Of The Frequency Signal In The Waveguide With Respect To Power / Semenets, V.Zakharov, I. Serhiienko, M., Kartashov, V.M, , Kolendovska, M., Hernandez, W., Hipolito, J.I.N., , Tyrsa, V.// 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2019; Lisbon Congress CenterLisbon; Portugal; 14 October 2019 до 17 October 2019; CFP19IEC-ART; Код 155980, Volume 2019-October, October 2019, № 8927203, Pages 4674-4679

30. Spatial-Temporal Processing Of Acoustic Signals Of Unmanned Aerial Vehicles /Kartashov V.M., Oleinikov V.N., Zubkov O.V., Sheiko S.A., Kolendovska M.M.// Telecommunications And Radio Engineering (English

Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/Telecomradeng.v79.i9.40, p. 769-780

31. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter)/ Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-Quiñonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N.// Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265

32. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 16. // Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quiñonez. (341p.), IGI Global, 2017; pp. 361-381. DOI: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch016.

33. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 6// Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quiñonez. (341p.) – USA, Herhey, IGI Global, 2016; pp.180-205.

34. Sytnik O., Kartashov V. Methods and Algorithms for Technical Vision in Radar Introspection. Chapter 13// Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications. IGI Global, 2019; pp. 373-391.

35. The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal/Semenets, V., Kartashov, V., Sergiyenko, O., ...Rodriguez-Quinonez, J.C., Flores-Fuentes, W.//IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2020, 2020-June, p. 215-219

36. Unda, O.F., Hernandez, W., Vargas, O., Mendez, A., Sergiyenko, O., Tyrsa, V. Construction of a robotic platform of differential type for first-year students of electronic engineering, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, 24-26 de junio de 2020, Sorrento, Italia, pp. 538-543, 9161870, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161870

37. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles/Kartashov, V., Oleynikov, V., Koryttsev, I., ...Babkin, S., Selieznov, I.//Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, 2020, p. 377-380/

38. V. Semenets; Vladimir Kartashov ; Oleg Sergiyenko; Vyacheslav Tikhonov ; Paolo Mercorelli ; Sergiy Sheiko ; Nataliya Chmelarova. "The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 215-219, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152238.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152238>

39. Wilmar Hernandez ; Alfredo Mendez ; Omar Flor-Unda ; Vicente Gonzalez-Posada ; Jose Luis Jimenez ; Oleg Sergiyenko ; Julio C. Rodriguez-Quiñonez ; Mykhailo Ivanov ; Ivan Menes Camejo ; Marina Kolendovska. "A comparative example between the use of PCA and MDS for image classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1353-1358, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152565.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152565>

40. Карташов В.М. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы; Харьков: ХНУРЭ, 2014. 312 с.

41. Карташов В.М., Олейников В.Н., Колендовская М.М., Тимошенко Л.П., Капуста А.И., Рыбников Н.В. Комплексирование изображений при обнаружении беспилотных летательных аппаратов// Радиотехника. (Харьков). 2020. Вып. 201; С.120-129.

42. Карташов В.М., Посошенко В.А., Цехмистро Р.И., Тимошенко Л.П., Колендовская М.М. Методы ориентации, навигации и контроля

мобильных робототехнических платформ// Радиотехника. (Харьков). 2019. Вып. 199. С. 38-44.

43. Ситнік О.В., Карташов В.М. Радіотехнічні системи. Навч. посібник. Х.: Сміт, 2009. 448 с.