

Гребенюк В.В. Державний університет телекомунікацій, Київ

НЕРЕФЕРЕНТНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВІДЕО З ВИКОРИСТАННЯМ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ

Анотація: У статті розглядається задача знаходження способу оцінки якості відеозображення у разі відсутності еталона для порівняння. В літературі такі методи оцінки якості зображень прийнято називати *no-reference (NR)* або *NR-методи*. В першу чергу в статті досліджуються артефакти стиснення зображень. Актуальність даного підходу полягає в тому, що при передачі матеріалу через мережу Інтернет задля економії об'ємів передачі інформації відбувається стиснення даних. Даний спосіб заснований на критеріях, які характеризують ступінь зміни яскравості кадрів відео. Самі по собі критерії не у всіх випадках дають можливість провести порівняльний аналіз якості зображення. У даній роботі пропонується для оцінки якості використовувати критерії, що побудовані на основі статистичних методів, що відображає ступінь зміни яскравості в сукупності. Ці критерії абсолютно нові у галузі дослідження якості як відеопотоку так і зображень в цілому. Запропонований спосіб враховує всі можливі зміни характеристик зображення при погіршенні якості. В ході проведення експерименту було продемонстровано доцільність використання даних методів у задачі ранжування матеріалу за рівнем артефактів стиснення. Експериментально показано, що жоден з досліджуваних нереперентних методів оцінки якості зображення не є універсальним, а обчислена оцінка не може бути перетворена в якісну шкалу без урахування факторів, що впливають на спотворення якості зображення. Також даний метод формує остаточну оцінку як середнє арифметичне значення оцінок рядків та стовпчиків зображення. У випадку локальних спотворень запропоновані методи можуть давати не зовсім правдиві результати. Для проведення експерименту було реалізовано код програми в середовищі MATLAB, з використанням бібліотеки для комп'ютерної обробки зображень *Image Processing Toolbox*.

Ключові слова: оцінка якості відео, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт осциляції, відносне лінійне відхилення, відносний показник кватильної варіації, артефакти стиснення.

Grebenuk V.V. State University of Telecommunications, Kyiv

NON-REFERENCE ASSESSMENT OF VIDEO QUALITY USING STATISTICAL METHODS

Abstract: The article considers the problem of finding a way to assess the quality of video in the absence of a standard for comparison. In the literature, such methods of assessing image quality are called *no-reference (NR)* or *NR-methods*. First of all, the article examines the artifacts of image compression. The relevance of this approach is that the data is compressed when material transmitting over the Internet to save information. This method is based on criteria that characterize the degree of change in the brightness of video frames. By themselves, the criteria allow to conduct a comparative analysis of image quality not in all cases. In this article, to assess the quality it is proposed to use criteria which are based on statistical methods, which reflects the degree of change in brightness in the aggregate. These criteria are completely new in the field of research the quality of both video streaming and images in general. The proposed method takes into account all possible changes in the characteristics of the image with deteriorating quality. During the experiment, the feasibility of using these methods in the problem of ranking the material by the level of compression artifacts was demonstrated. It has been experimentally shown that none of the studied non-reference methods of image quality assessment is universal, and the calculated

assessment cannot be converted into a quality scale without taking into account the factors influencing the distortion of image quality. Also, this method forms the final estimate as the arithmetic mean of the estimates of rows and columns of the image. In the case of local distortions, the proposed methods may not give completely true results. To conduct the experiment, the program code was implemented in the MATLAB environment, using the library for computer image processing Image Processing Toolbox.

Keywords: *video quality assessment, standard deviation, coefficient of variation, coefficient of oscillation, relative linear deviation, relative rate of quartile variation, compression artifacts.*

Гребенюк В.В. *Государственный университет телекоммуникаций, Киев*

НЕРЕФЕРЕНТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВИДЕО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Аннотация: *В статье рассматривается задача нахождения способа оценки качества видеоизображения при отсутствии эталона для сравнения. В литературе такие методы оценки качества изображений принято называть по-reference (NR) или NR-методы. В первую очередь в статье исследуются артефакты сжатия изображений. Актуальность данного подхода заключается в том, что при передаче материала через Интернет для экономии объемов передачи информации происходит сжатие данных. Данный способ основан на критериях, характеризующих степень изменения яркости кадров видео. Сами по себе критерии не во всех случаях дают возможность провести сравнительный анализ качества изображения. В данной работе предлагается для оценки качества использовать критерии, построенные на основе статистических методов, отражающих степень изменения яркости в совокупности. Эти критерии абсолютно новые в области исследования качества как видеопотока так и изображений целом. Предложенный способ учитывает все возможные изменения параметров изображения при ухудшении качества. В ходе проведения эксперимента было продемонстрировано целесообразность использования данных методов в задаче ранжирования материала по уровню артефактов сжатия. Экспериментально показано, что ни один из исследуемых нереперентных методов оценки качества изображения не является универсальным, а исчисленная оценка не может быть преобразована в качественную шкалу без учета факторов, влияющих на искажение качества изображения. Также данный метод формирует окончательную оценку как среднее арифметическое значение оценок строк и столбцов изображения. В случае локальных искажений предложенные методы могут давать не совсем правдивые результаты. Для проведения эксперимента было реализовано код программы в среде MATLAB с использованием библиотеки для компьютерной обработки изображений Image Processing Toolbox.*

Ключевые слова: *оценка качества видео, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент осцилляции, относительное линейное отклонение, относительный показатель квартильной вариации, артефакты сжатия.*

Вступ.

Важливою складовою систем обробки відео є об'єктивна оцінка якості відео. Така оцінка найбільш часто застосовується в алгоритмах поліпшення якості зображення [1], чи контролю якості передачі зображення [2].

В даний час для оцінки якості відеоматеріалів застосовують два підходи:

1. Кількісна оцінка якості за допомогою математичних методів:
 - референтні методи;
 - гібридні методи;
 - нереперентні методи.
2. Суб'єктивна оцінка на основі експертних оцінок.

Суб'єктивна оцінка вимагає досить багато часу і дає лише деякі уявлення про характер зображення і не може бути використана в автоматичних процедурах обробки зображень. У свою чергу кількісні оцінки дозволяють дати більш точні показники для порівняння і роблять можливим їх автоматичне обчислення і порівняння з використанням обчислювальної техніки.

В роботі [3] були запропоновані наступні типи експериментів для оцінки якості зображення:

- 1) зміна яскравості;
- 2) зміна контрастності;
- 3) гама-корекція;
- 4) зміна розмиття;
- 5) додавання гаусового шуму;
- 6) додавання шуму типу сіль та перець.

Дані експерименти дозволяють провести якості зображень на предмет деяких спотворень. Однак, вони не відображають реальні спотворення, що виникають під час передачі матеріалів через вузькі канали передачі даних. Наприклад, для під час перегляду трансляції відеогри на популярних відеохостингах в разі погіршення швидкості чи якості інтернету сервер автоматично зменшує якість відеоданих. В основному зменшується бітрейт відео. При занадто малому бітрейті можуть виникнути артефакти стиснення. Таке виникає через помилки на етапі квантування кольорів під час стиснення відеопотоку.

Метою даного дослідження є виявлення закономірностей між величиною яскравості пікселя та наявністю артефактів стиснення для оцінки якості відеопотоку.

В рамках роботи пропонується для оцінки якості зображення використовувати властивості зображень з артефактами стиснення і знайти спосіб виявлення даних артефактів зображень.

Властивості зображень з артефактами стиснення.

Алгоритми тиснення мають тенденцію вводити три види спотворень[4]:

– *Загальна втрата різкості і коливань навколо країв з високою контрастністю*: це пов'язано з апроксимацією переходів інтенсивності з гладкими функціями (косинуси). Їх видно на зображеннях як маленькі "точки" або "ореоли" по краям. Також особливо легко побачити на зображеннях з текстом рисунків від руки.

– *Блочна структура*: зображення обробляється окремо для кожного блоку 8x8 (або більше в разі зменшення кольоровості), краї блоків стають видимими при високих коефіцієнтах стиснення.

– *Втрата деталізації кольору*: залежить від параметрів збереження зображення, програма може агресивно «знижувати частоту» (зменшувати роздільну здатність) каналів кольоровості. Таке часто спостерігається в фотографіях природи.

Видима блокова структура і ореоли навколо країв зазвичай називаються артефактами стиснення. Для аналізу роботи запропонованого алгоритму було використані кадри з відео, розміром 3840x2160 пікселів. Декілька кадрів відео зображено на рис. 1.

Проведемо порівняльний аналіз критеріїв при різному ступені стиснення одного і того самого відеоматеріалу. Для проведення експерименту оригінальний відеопотік був стиснутий з п'ятьма рівнями якості від 0 до 75 з кроком 25. Моделювання та розрахунки показників зображень виконувались із використанням бібліотеки OpenCV [5]. На рис. 1 видно, що кожен наступний кадр кращої якості за попередній, а останній – оригінал. Але для аналізу запропонованих методик було оброблено 6 кадрів з п'ятьма різними параметрами якості.

Для наочного представлення артефактів стиснення була побудована діаграма яскравості пікселя від його геометричного розташування на кадрі. На рис. 2 зображено горизонтальний зріз кадру як для оригінального відео, так і для стиснутого, а рис. 3 містить діаграму залежності яскравості пікселя від геометричного розташування.



Рис. 1. Кадри тестового відеозображення

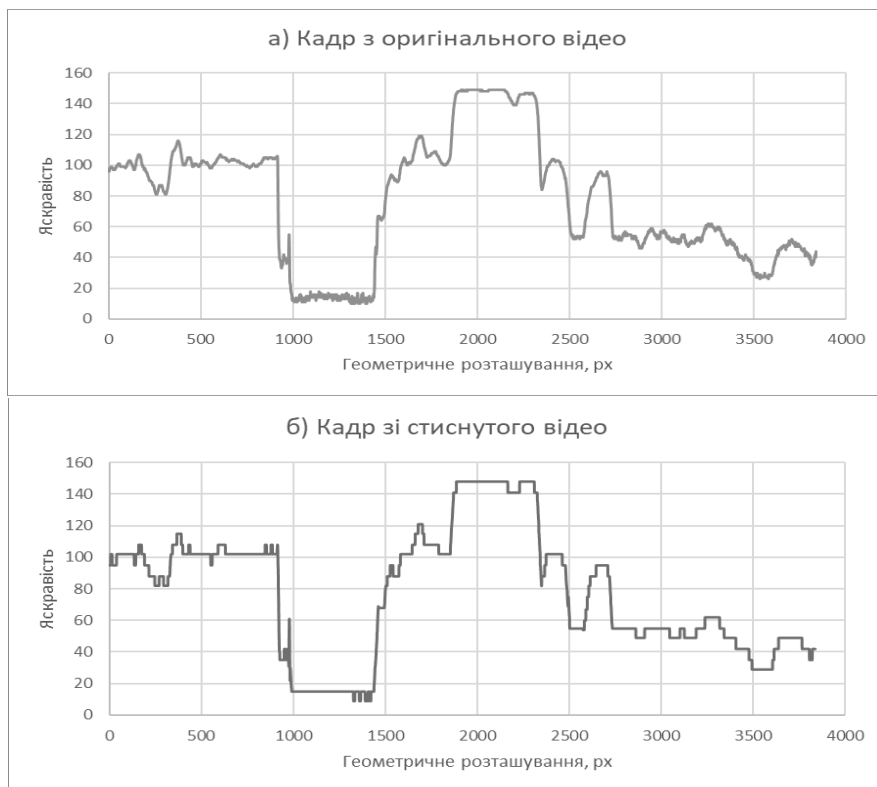


Рис. 2. Діаграма залежності яскравості пікселя по горизонталі від геометричного розташування

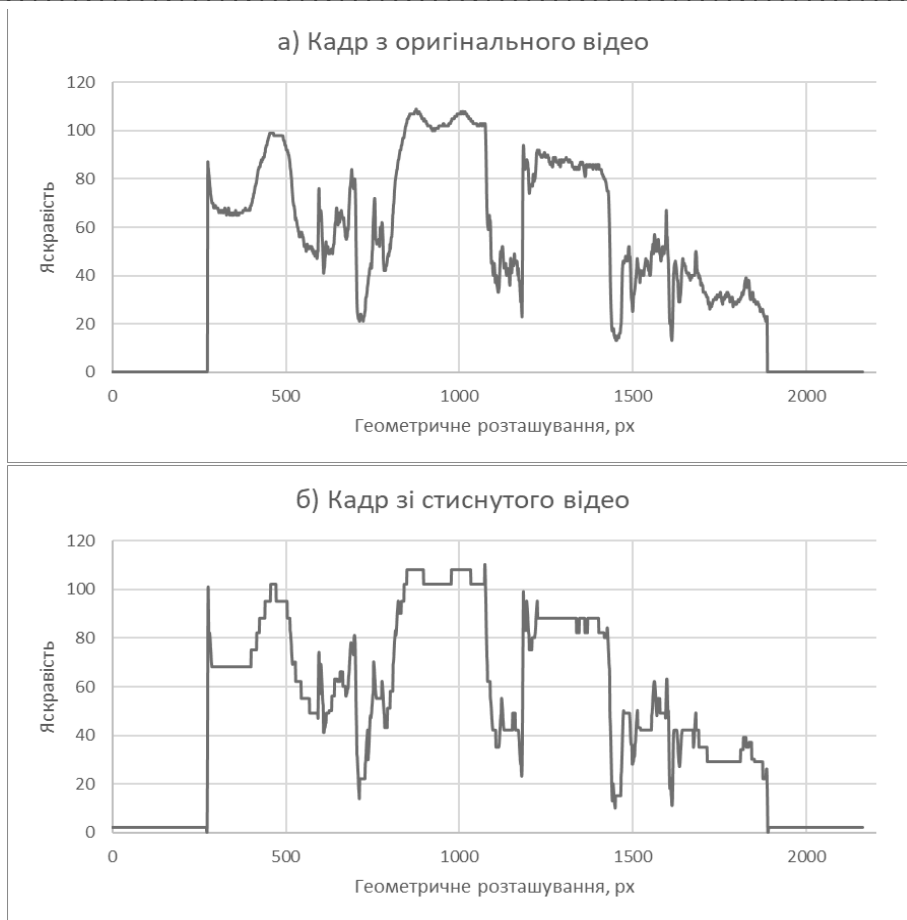


Рис.3. Діаграма залежності яскравості пікселя від геометричного розташування

Аналізуючи представлені результати, можна помітити, що показники зміни яскравості пікселя для оригінального відеоряду змінюються «плавно», в той час як для стиснутого відео зміни різкі та часто сусідня пікселі мають однакову яскравість. Також треба звернути увагу на те, що деякі кадри мають чорні смуги зверху і знизу кадру. В подальших дослідженнях вони будуть проігноровані.

Методи статистичного аналізу даних.

Для вивчення варіації ознаки статистикою розроблені спеціальні методи дослідження, за допомогою яких варіація вимірюється, характеризуються її властивості.

Завдання вивчення варіації ознаки в сукупності[6]:

- 1) оцінити однорідність сукупності;
- 2) оцінити типовість середньої величини;
- 3) визначити форму розподілу об'єктів за значеннями ознаки;
- 4) оцінити схожість емпіричного розподілу з нормальним розподілом;
- 5) визначити роль випадкових і істотних причин у формуванні індивідуальних і середніх значень ознаки.

Для вивчення варіації ознаки в сукупності необхідно порівнювати індивідуальні значення з типовим значенням, тобто із середньою величиною.

Відносні показники ступеня варіації використовуються для характеристики коливання досліджуваної ознаки. Вони дозволяють порівнювати характер варіації в різних сукупностях (наприклад, проводити порівняння різних одиниць спостереження одного і того ж ознаки в двох сукупностях, при різних значеннях середніх, порівнювати різнойменні сукупності), а

також судити про інтенсивність варіації ознаки, тобто оцінюють однорідність сукупності. Розрахунок відносних показників варіації здійснюють як відношення абсолютного показника до середньої арифметичної, множимо на 100%.

До відносних показників ступеня варіації відносяться:

1. Коефіцієнт осциляції, що відображає відносну коливання крайніх значень ознаки навколо середньої:

$$K_R = \frac{R}{x} \cdot 100\% ,$$

де R – розмах варіації

2. Відносне лінійне відхилення, що характеризує частку усередненого значення ознаки абсолютних відхилень від середньої величини:

$$K_L = \frac{L}{\bar{x}} \cdot 100\% ,$$

де L – середньолінійне відхилення

Результати дослідження.

Найбільш часто цифрові зображення втрачають якість через появу артефактів стиснення при передачі даних по каналах зв'язку.

Артефакти стиснення – це дефект зображення, який полягає у виникненні однорідних за кольором пікселів по всьому зображенню через помилку квантування під час стиснення.

Метою даного дослідження є виявлення закономірностей між яскравістю пікселя та кількістю артефактів стиснення на зображенні та, можливо, запропонувати метрику для вимірювання кількості даних артефактів.

Проведемо дослідження кожного рядка та стовбчика пікселів в матриці яскравостей кадрів тестового відео та порівняємо середні значення кожного коефіцієнту. Загальна оцінка буде середньоарифметична серед усіх оцінок всіх рядків та стовпчиків.

Таблиця 1

Результати експерименту

Номер кадру	Якість кадру, %	Коефіцієнт осциляції	Відносне лінійне відхилення	Коефіцієнт варіації
1	0	2.0917	0.5619	0.5381
	25	1.8115	0.5730	0.5204
	50	1.5232	0.6642	0.3433
	75	1.5207	0.6650	0.3420
	Оригінал	1.4928	0.6668	0.3399
2	0	2.5160	0.5117	0.5858
	25	2.4289	0.5229	0.5731
	50	2.0515	0.5952	0.4110
	75	2.0554	0.5951	0.4109
	Оригінал	2.0257	0.5974	0.4086
3	0	2.3265	0.5289	0.5677
	25	2.3192	0.5397	0.5539
	50	1.9672	0.6113	0.3923
	75	1.9586	0.6108	0.3926

	Оригінал	1.8621	0.6126	0.3905
4	0	1.7368	0.6351	0.4659
	25	1.4124	0.6461	0.4462
	50	1.1470	0.7202	0.2807
	75	1.1475	0.7205	0.2803
	Оригінал	1.1398	0.7226	0.2781
5	0	1.9139	0.5274	0.5652
	25	1.9196	0.5665	0.5173
	50	1.6332	0.6590	0.3447
	75	1.6311	0.6594	0.3443
	0	1.5476	0.6615	0.3416
6	Оригінал	1.1545	0.6865	0.5155
	75	1.2496	0.6965	0.4818
	50	1.2509	0.6976	0.3121
	25	1.2511	0.6974	0.3127
	0	1.2635	0.6975	0.3123

Аналізуючи представлені результати, можна помітити, що показники реагують на зміну якості зображення. Але реакція у всіх методів різна. Наприклад, для коефіцієнту осциляції чим вищий бал, тим кращий кадр, а для коефіцієнту відносного лінійного відхилення – навпаки, чим нижча оцінка тим кращий кадр. Метод коефіцієнту варіації не зміг знайти відмінності у якості в шостому кадрі, тому цей метод заслуговує подальшого дослідження.

Для наочного представлення результатів експерименту була побудована діаграма наведена на рис. 4.

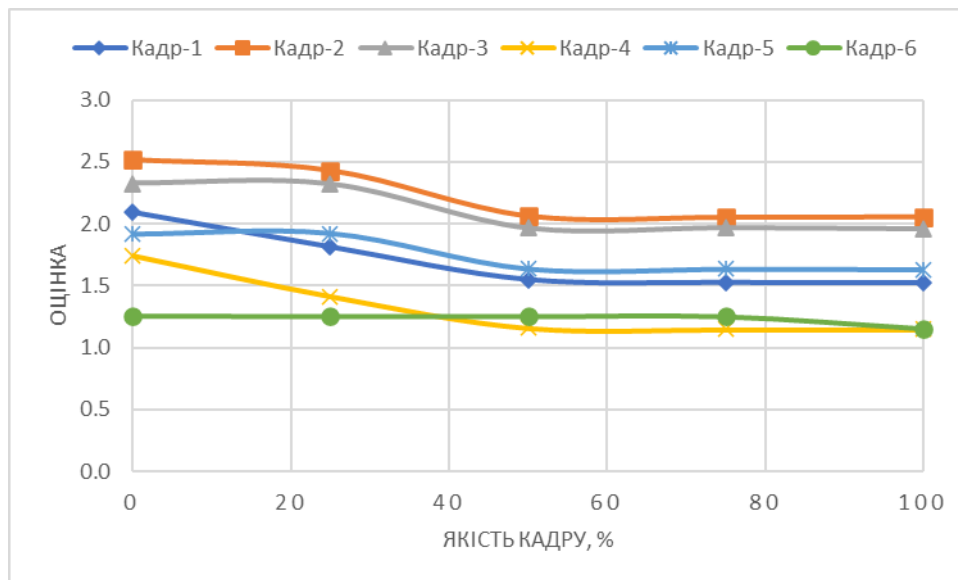


Рис. 4. Діаграма оцінок методу обрахунку коефіцієнту осциляції для різної якості тестових кадрів відеозображення

Аналізуючи представлені результати можна помітити, що показники оцінки спадають при збільшенні якості зображення. Але останній кадр метод не зміг побачити різницю в якості. При використувати такий метод для автоматичної оцінки якості зображення можна неправильно оцінити якість матеріалу.

Для проведення експерименту з визначенням коефіцієнту лінійного відхилення досліджувались ті ж зображення, що і з рис.5. Результати досліджень показані на рис.6.

Для цього методу можна спостерігати схожу ситуацію. На відміну від попереднього методу тут оцінка зростає зі зростанням якості кадру. Цей метод так само не зміг знайти різницю між останнім кадром. Визначення коефіцієнту варіації відбувалося з допомогою тих самих кадрів.

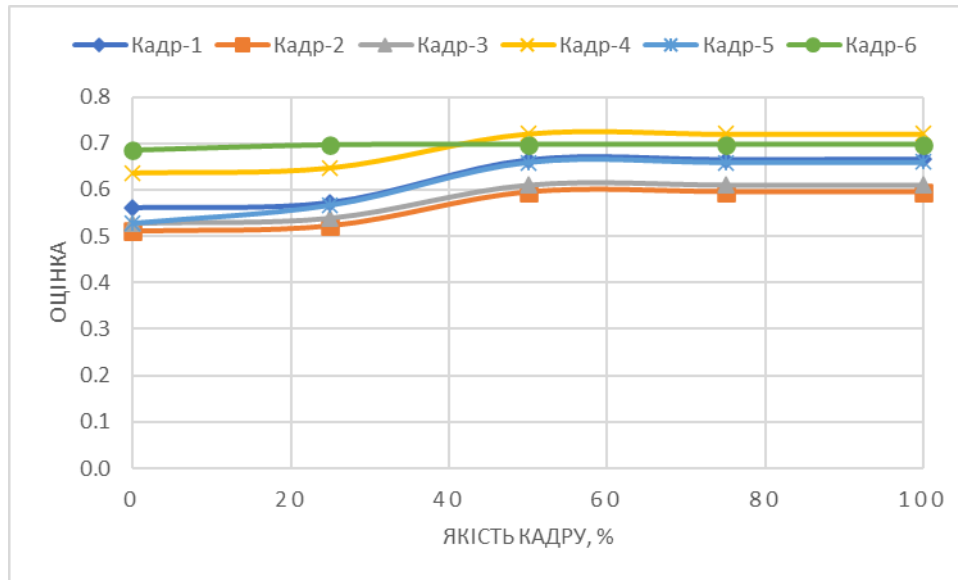


Рис. 5. Діаграма оцінок методу обрахунку коефіцієнту лінійного відхилення для різної якості тестових кадрів відеозображення

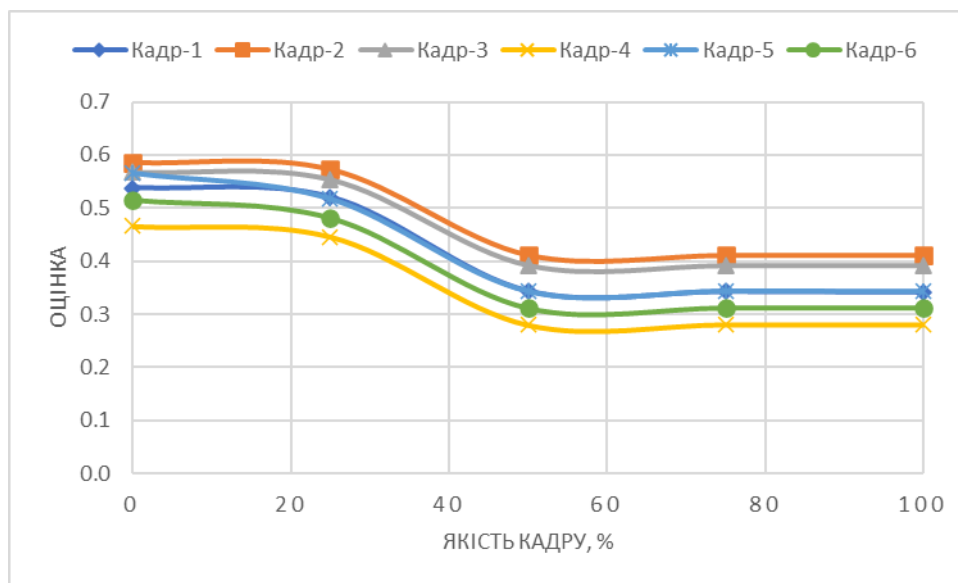


Рис. 6. Діаграма оцінок методу обрахунку коефіцієнту варіації відхилення для різної якості тестових кадрів відеозображення

В даному випадку ситуація схожа з двома попередніми результатами. Але на відміну від них, цей метод зміг адекватно знайти та оцінити різницю в якості для останнього кадру. Використовуючи метод такий метод для автоматичної оцінки якості зображення можна, адже оцінка співпадає з візуальною.

Недоліком даного підходу оцінки якості зображення можна віднести те, що величина оцінки відрізняється на невелику величину, тому не можна сказати границю між якісним та

«поганим» зображенням. Даний підхід дозволяє побачити різницю і вказати яке зображення більш якісне, а яке менш якісне.

Висновки.

У статті наводяться дослідження критеріїв оцінки якості зображення, що досліджують ступінь зміни його яскравості за допомогою статистичних методів. В ході експериментів були знайдені оцінки зображення, а також визначені залежності між оцінкою та кількістю артефактів стиснення. Це дозволило запропонувати новий спосіб для об'єктивної оцінки якості зображень, заснований на знаходженні коефіцієнту варіації зображення.

Даний спосіб дозволяє оцінити кількість артефактів стиснення, що викликали втрату якості зображення. Такий метод дозволяє провести автоматичне ранжування зображень за якістю при їх подальшій обробці. Але, на жаль, за допомогою даного методу не можна знайти абсолютну оцінку якості зображення, тільки відносну.

Список використаної літератури

1. Parker J.R. (1996) “*Algorithms for image processing and computer vision*”.
2. Wesley E. Snyder, Hairong Qi. (2017) “*Fundamentals of Computer Vision*”. Published by Cambridge University Press, University Printing House, Cambridge CB2 8BS, UK.
3. Гребенюк В.В. Порівняльний аналіз нереперентних методів оцінки якості відеоматеріалу. Зв'язок №6 (142), 2020. С.34-42.
4. Adrian Kaehler, Gary Bradski (2016). “*Learning OpenCV 3. Computer Vision in Matlab*”. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
5. Prateek Joshi, David Millan Escriva, Vinicius Godoy (2016). “*OpenCV By Example*”. Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place, 35 Lively Street, Birmingham B3 2PB, UK.
6. Acree, M.C. (1978). “*Theories of Statistical Inference in Psychological Research: A Historicocritical Study*”. Dissertation. University Microfilms International H790 H7000, Ann Arbor, MI.

References

1. Parker J.R. (1996) “*Algorithms for image processing and computer vision*”.
2. Wesley E. Snyder, Hairong Qi. (2017) “*Fundamentals of Computer Vision*”. Published by Cambridge University Press, University Printing House, Cambridge CB2 8BS, UK.
3. Grebenyuk V.V.(2020) Comparative analysis of non-reference methods for assessing the quality of video material. *Communication* №6 (142). P.34-42.
4. Adrian Kaehler, Gary Bradski (2016). “*Learning OpenCV 3. Computer Vision in Matlab*”. Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.
5. Prateek Joshi, David Millan Escriva, Vinicius Godoy (2016). “*OpenCV By Example*”. Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place, 35 Lively Street, Birmingham B3 2PB, UK.
6. Acree, M.C. (1978). “*Theories of Statistical Inference in Psychological Research: A Historicocritical Study*”. Dissertation. University Microfilms International H790 H7000, Ann Arbor, MI.