

УДК 681.3.07

¹М.Б. Гумен, к.т.н.
²Т.Ф. Гумен
³Ю.М.Циганкова

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

¹Національний авіаційний університет, e-mail: fitgm@nau.edu.ua

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", bel_09@ukr.net

³ЗАТ «Міжнародний Медіа Центр – СТБ», e-mail: tsigankova.yuliya@yandex.ua

Розглянуто і проаналізовано методи оцінювання якості кольорових зображень, що ґрунтуються на кількісних та експертних оцінках. Визначені базові показники якості зображень для кількісного оцінювання. Наведені рейтингові шкали для суб'єктивного оцінювання. Проведено кількісне тестування якості відеотракту відеокамер форматів miniDV і AVCHD з використанням програми Imatest.

Ключові слова: кількісні та суб'єктивні оцінки, кольоропередача, яскравість, насиченість, різкість, контраст, динамічний діапазон, якість зображення.

Вступ

Сучасна відеотехніка, фотографія та комп'ютерні технології дуже стрімко розвиваються. Обробка зображення в зазначених системах повинна бути такою, щоб колірний зміст вихідного і відтвореного в різних умовах спостереження зображень був близьким. Із впровадженням цифрового телебачення рівень спотворення переданого зображення у телевізійному тракті може контролюватися. Стає істотною можливістю обміну якості на швидкість цифрового потоку і на вартість устаткування. В зв'язку з цим також зростає значення оцінювання якості зображення. Цілком зрозуміло, що чим достовірніше і повніше здійснюється оцінювання якості, тим ефективніше буде цей обмін.

Сьогодні будь-які оцінки якості кольорових зображень носять в значній мірі суб'єктивний характер [1, 2]. Тому актуальною є проблема розробки і застосування об'єктивного (кількісного) тестування передачі кольору. Однак, і суб'єктивні (експертні) оцінки повинні відігравати важливу роль під час оцінювання.

Аналіз сучасного стану проблеми

Основними складовими якості зображення є аналогова якість (залежить від спотворень в аналоговій частині системи); цифрова якість (визначається спотвореннями, характерними для цифрового кодування і алгоритмів цифрової обробки); колориметрична якість або якість відтворення кольору (залежить від факторів, які характеризують вірність передачі кольору з урахуванням колориметричних характеристик апаратури, адаптації спостерігача, цифрового кодування, в якому використовуються характеристики сприйняття кольору).

Можливі два підходи до оцінювання якості зображень: кількісне (об'єктивне) оцінювання з використанням математичних методів та суб'єктивне - на основі експертних оцінок. Для оцінювання одного зображення, зазвичай застосовується абсолютна міра якості, а для позиціонування набору зображень - порівняльні міри за якісною шкалою від «найліпшого» до «найгіршого» або взаємного порівняння двох зображень [3].

Для ефективного оцінювання якості зображення потрібно знайти кількісні оцінки, які найкращим чином відповідають суб'єктивним. Такі оцінки можна отримати в декілька етапів: формується набір зображень, для яких виконується оцінювання якості; здійснюється кількісний аналіз якості зображення різними методами; виконується суб'єктивний аналіз зображення експертами. Оцінки різних експертів для одного і того ж зображення усереднюються; порівнюються оцінки зображень, отримані кількісними і суб'єктивними методами, і визначається, який із кількісних методів найбільш точно характеризує якість зображення.

Методи суб'єктивного оцінювання якості зображень

Суб'єктивна оцінка якості зображення залежить від багатьох факторів, зокрема, вибору випробувальних зображень, кількості і кваліфікації експертів, умов спостереження, характеристик об'єкта відображення зображення, тощо. Серед багатьох методів суб'єктивного оцінювання якості зображень найуживанішим є метод оцінок, згідно з яким експерт оцінює якість зображення в балах за визначеною шкалою (табл.1). На початку дослідження подається «опорне» зображення, якість якого приймається відповідною вищій оцінці використовуваної шкали [1].

Таблиця 1

Рейтингові шкали для суб'єктивної оцінки якості зображень

Шкала загальної якості	Шкала місця в групі	Шкала похибок
5 – Прекрасно	7 - Найкраще в групі	1 – Непомітні
4 – Добре	6 – Помітно краще середнього для даної групи	2 – Ледь помітні
3 – Задовільно	5 – Дещо краще середнього для даної групи	3 – Цілком помітні
2 – Погано	4 – Середнє у групі	4 – Погіршують зображення
1 – Незадовільно	3 – Дещо гірше середнього для даної групи	5 – Дещо небажані
	2 – Суттєво гірше середнього для даної групи	6 – Цілком небажані
	1 – Найгірше в групі	7 – Гранично небажані

Методи об'єктивного оцінювання якості зображень

Об'єктивні (кількісні) міри якості зображення, як і суб'єктивні, також поділяють на дві групи: абсолютні і порівняльні. Абсолютна міра є числовою характеристикою якості певного зображення, а порівняльна - числовим результатом співставлення двох або більше зображень.

Об'єктивна оцінка якості кольорових зображень як розрахункова, так і метрологічна, повинна ґрунтуватися на: моделі кольорного простору, яка давала б змогу подавати колір точками кольорного простору з урахуванням його зорового сприйняття в умовах кольірної і світлової адаптації, що можуть змінюватися; критерії оцінювання спотворень, що об'єктивно характеризує прояв спотворень на кольорових зображеннях із урахуванням їхніх статистичних властивостей і характеристик зорового сприйняття останніх; характеристиках відеотракту, налаштування якого відповідає найвищій суб'єктивній якості зображення, прийнятого за еталонний, із характеристиками якого порівнюються характеристики оцінюваного тракту.

Колір у системах обробки зображень подається комбінацією невеликої кількості, зазвичай трьох, складових. Таке подання називається кольірною моделлю, а максимальна кількість кольорів, яку здатен відтворити або зафіксувати пристрій чи людське око отримало назву кольорного оточення [4].

У *кольірній моделі RGB* базовими є червоний (Red), зелений (Green) та синій (Blue) кольори. Інші кольори отримують зваженим додаванням базових. Модель RGB, зазвичай, реалізується в телевізійних кінескопах та комп'ютерних моніторах. Вона не дуже підходить для відтворення кольору, коли в одному комплексі повинні функціонувати сканер, принтер і монітор. Тому вважається, що модель RGB є апаратно-залежною. А це означає, що певне зображення може по-різному виглядати на різних апаратурі. Основними кольорами в *кольірній моделі СМΥК* (Cyan, Magenta, Yellow, Key) є блакитний (Cyan), пурпуровий (Magenta) та жовтий (Yellow). Їх отримують як різницю білого та одного з адитивних кольорів моделі RGB. Блакитний колір є різницею білого та червоного кольору, пурпуровий – білого та зеленого, а жовтий – білого і синього. Додатковим у моделі СМΥК є чорний колір. Він є ключовим. Ось чому остання літера у назві моделі – К (Key). Таким чином, модель СМΥК є чотириканальною. У цьому полягає її відмінність від RGB. Кольорна модель СМΥК застосовується в поліграфічній промисловості і як RGB, є апаратно-залежною.

Кольорна модель Lab (Lightness, a , b) є триканальною і передбачає розкладання кольору на нехроматичну світлоту (або яскравість) і дві хроматичні компоненти a та b , перша з яких змінюється в діапазоні від зеленого до червоного, а друга - від синього до жовтого. Модель Lab є зручною для регулювання контрасту, різкості та інших тонових характеристик, є апаратно-незалежною і відповідає особливостям сприйняття кольору оком людини, дуже важлива для поліграфії, застосовується для перетворення зображення з однієї кольірної моделі в іншу, для корекції кольору на фотознімках із одним основним джерелом кольору.

Кольорна модель HSB побудована на базових кольорах моделі RGB. Однак, усі кольори в цій моделі характеризуються тоном (Hue), насиченістю (Saturation) та яскравістю (Brightness). Тон – це власне колір, насиченість – відсоток білого, доданого до кольору, а яскравість – відсоток доданого чорного. Будь-який колір у HSB отримують шляхом додавання до основного спектра чорної і білої компонент. Модель HSB декларована як апаратно-незалежна.

Мета і завдання

Проаналізувати критерії і показники оцінювання якості передавання кольору сучасними системами обробки зображень і протестувати якість відеотракту відеокамер форматів miniDV та AVCHD із застосуванням сучасної комп'ютерної технології, реалізованої в пакеті Imatest.

Основна частина

Базовими характеристиками якості кольорових зображень будемо вважати різкість, контраст, частотно-контрастну характеристику, відтворення кольору, динамічний діапазон [4,5].

Різкість зображення – це ступінь розмитості границі між двома сусідніми ділянками зображення з різною оптичною щільністю (яскравістю). Різкість визначає кількість деталей зображення, що можна передати.

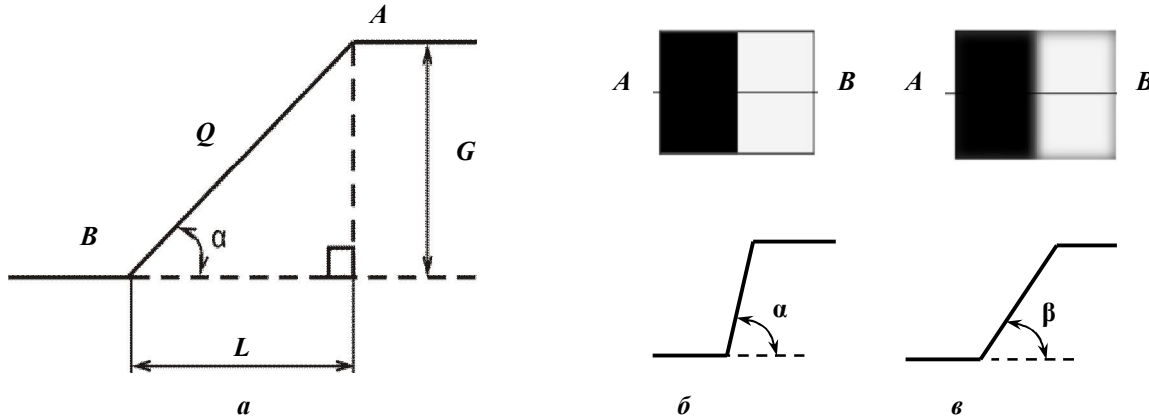


Рис. 1. Оцінювання різкості зображення: *a* – до обчислення міри різкості; *б* – різке зображення і його профіль яскравості; *в* – розмите зображення і його профіль яскравості

Міра різкості *S* в цілому визначається максимальним значенням різкості зображення для сукупності крайніх пікселів відповідно до такого алгоритму: детектором країв виділяються крайові пікселі; для кожного крайового пікселя визначається напрям, вздовж якого знаходяться найближчі пікселі з мінімальною $I(A)$ і максимальною $I(B)$ яскравістями та відстань між ними L (рис. 1, *a*); обчислюється міра різкості S_i для кожного крайового пікселя [1] (рис. 1, *a*):

$$S_i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{I(A) - I(B)}{L}; \quad (1)$$

отримується міра різкості зображення як максимальне значення серед усіх обчислених S_i : $S = \max[S_i]$.

На сприймальну різкість зображення впливають два фундаментальні фактори: *роздільність* та *чіткість*. Чіткість описує ступінь розмиття границь: тобто висока чіткість передбачає різкі, чітко видимі межі. На рис. 1, *б* подано різке зображення, на рис. 1, *в* – таке саме зображення, але розмите. Роздільність описує здатність пристрою відокремити близько розміщені елементи один від одного, наприклад вертикальні лінії (рис.2.)

Для ілюстрації *контрасту* на рис. 3 зображена міра, що є послідовністю чорних і білих смужок, відстань між якими поступово зменшується. Оскільки зображення має складний сюжетний характер, то під час визначення його контрастності потрібно виходити із контрасту окремих комбінацій елементів зображення. У цьому разі всі елементи вважаються рівнозначними, і контраст кожної пари визначається за формулою (1).

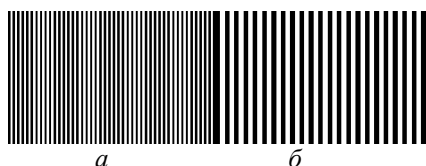


Рис. 2 До визначення роздільності:
a - висока; *б* - низька



Рис. 3 Міра із чорних і білих смужок

Для порівняння елементи зображення можна вибирати різними способами. Найчастіше порівнюють сусідні в горизонтальному і вертикальному напрямках, для кожної пари яких визначають показник

$$C_{ij} = (I_i - I_j) / (I_i + I_j) \quad (2)$$

де I_i, I_j - яскравості елементів зображення. Потім за правилом додавання контрастів отримують значення величин, які визначають сприйняття кожної пари елементів зображення [6]. Проводячи

усереднення матриці локальних контрастів, отримують сумарний контраст. Отриманий результат може бути використано як один із параметрів оцінки візуальної якості зображення. Якщо в (1) замість G підставити (2), то отримаємо комбіновану оцінку різкості та яскравості.

Експериментально було встановлено, що оптимальне, з погляду суб'єктивного сприйняття, зображення має нормальний розподіл яскравості його елементів. За ступенем відхилення реального розподілу яскравості від нормального і проводиться оцінка якості зображення. Крім кількісної оцінки якості зображення, такий підхід дає змогу отримати інформацію про наявність у ваговому співвідношенні яскравіших градацій зображення. Результати оцінки якості зображення, отримані у цьому разі, добре корелюють із суб'єктивною оцінкою.

Частотно-контрастна характеристика (ЧКХ), відома також як функція передачі модуляції (Modulation Transfer Function - MTF), відображає залежність контрасту від частоти слідування чорних і білих ліній (рис. 2) і показує, наскільки добре локальні варіації яскравості в зображенні зберігаються при проходженні через відеосистему. Зазвичай контраст еталонного зображення становить 1 (100%), а частота слідування чорних і білих ліній визначається кількістю циклів або на одиницю довжини або на один піксель (вважається, що сусідні чорна і біла лінії утворюють один цикл). ЧКХ несе в собі набагато більше інформації, ніж проста роздільна здатність в лініях, оскільки показує відгук відеосистеми для різних частот. Тому роздільна здатність відеосистеми – це значення частоти, яке відповідає значенню $MTF=2-5\%$ (0,02-0,05). Важливою є частота, за якої MTF набуває 0,5 (50%) – MTF50. Саме за цим параметром часто порівнюють різкість зображення різних відеосистем: чим вона більша, тим зображення різкіше.

Незважаючи на те, що графіки ЧКХ є виключно потужним інструментом опису якості кольорових зображень, однак за графіком ЧКХ неможливо оцінити якість передачі кольору, спотворення зображення, спадання світлосили за направленням до країв зображення.

Відтворення кольору. Спотворення передачі кольору призводять до зміни колірної гами зображення, під час оцінювання якого повинна не тільки враховуватись помітність цієї зміни, але і відношення до нього спостерігача. Це по-різному може бути відображено в різних методах оцінювання якості зображення.

Колір має два унікальні компоненти, які відрізняють його від ахроматичного світла: тон та насиченість. Тон описує найбільш потужну довжину хвилі в спектрі кольору. Насиченість кольору – це ступінь його чистоти. Високонасичений колір буде містити дуже вузький набір довжин хвиль і матиме вигляд більш вираженого, ніж аналогічний, але менш насичений колір.

Динамічний діапазон зображення – це відношення максимальної I_{\max} і мінімальної I_{\min} вимірної інтенсивності світла. Зазвичай динамічний діапазон подається в логарифмічних одиницях

$$D = \lg(I_{\max} / I_{\min}) \quad (3)$$

Ця величина показує здатність системи обробки зображення, наприклад відеокамери, реєструвати деталі як в світлих, так і в темних ділянках сцени. Камера, яка характеризується широким динамічним діапазоном зможе на одній сцені обробити деталі як на освітлених, так і на тінюваних ділянках, тоді як камера з вузьким динамічним діапазоном покаже на цій же сцені освітлені ділянки білими, а тінювані – чорними без фіксації деталей.

Результати експериментальних досліджень

Серед сучасних пакетів програм, що використовуються для оцінювання якості кольорових зображень за зазначеними показниками якості, найуживанішим є Imatest [7]. Для роботи з пакетом додатково потрібен інструментарій [7, 8]: колірна таблиця Gretag Macth Color Checker; еталонний білий аркуш Gretag Macth White Balance Card; сенситометричний клин Kodak Step Tablet №2 разом із системою підсвічування; мішень для визначення MTF; тестова таблиця EIA1956.

Об'єктами тестування програмою Imatest вибрані відеокамери Canon MV960, Canon MVX460, Sony HC36, Sony HC46, Panasonic GS57, Panasonic GS180 та JVC D370 формату miniDV і відеокамери Sony CX100, Canon HF20, Panasonic HS20 та JVC HM200 формату AVCHD (Advanced Video Coding High Definition, що в перекладі з англ. означає «прогресивне кодування відео високої чіткості») [9].

Формат miniDV є спрощення професійного формату DV. У форматі miniDV певний кадр стискується незалежно від попереднього або наступного за алгоритмом дискретного косинусного перетворення. Загальний коефіцієнт стиснення DV – 5:1. На кадр припадає 12

доріжок запису і зображення рівномірно розподіляється між ними. Дані записуються з деякою збитковістю, що дає змогу відтворювати початкове зображення, навіть якщо одна або дві доріжки були записані з дефектами.

Формат стиснення відеоданих AVCHD – різновид формату MPEG4. AVCHD вводить певні додаткові обмеження на формати даних, а саме: відео і звук зберігаються в контейнері MPEG Transport Stream; звук в побутових AVCHD-камерах зберігається в форматі AC3 (Dolby Digital). Однією з основних переваг нового формату AVCHD над касетами MiniDV є його нелінійність і можливість миттєвого доступу, що дозволяє уникнути перемотування плівки, яке притаманне носіям MiniDV. Цей формат призначений в основному для HD (High Definition) відеокамер, де якісне відео повинне суміщатись з компактністю пристроїв і обмеженістю об'єму носіїв інформації. Важливою особливістю формату AVCHD є можливість розміщення HD відео на звичайних дисках DVD.

Результати візуальної тестування роздільності відеокамер формату miniDV за таблицею EIA1956 засвідчують, що найменша горизонтальна роздільність у відеокамери Canon MV960: на таблиці EIA1956 майже неможливо розрізнити 400 ТВЛ (телевізійних ліній: послідовність чорних та білих ліній). У відеокамери Sony HC36 можна розрізнити близько 430 ТВЛ, у Panasonic GS57 - 450-470 ТВЛ, у JVC D370 – більше 500 ТВЛ, Canon MVX460 та Sony HC46 – приблизно 550ТВЛ. Найбільшою є роздільна здатність відеокамери Panasonic GS180 – близько 600ТВЛ. Найкраща вертикальна роздільність у відеокамер JVC D370, Panasonic GS57 та Panasonic GS180 – близько 450 ТВЛ. У відеокамер Sony HC36, Canon MV960, Canon MVX460 та Sony HC46 вертикальна роздільність становить приблизно 400 ТВЛ.

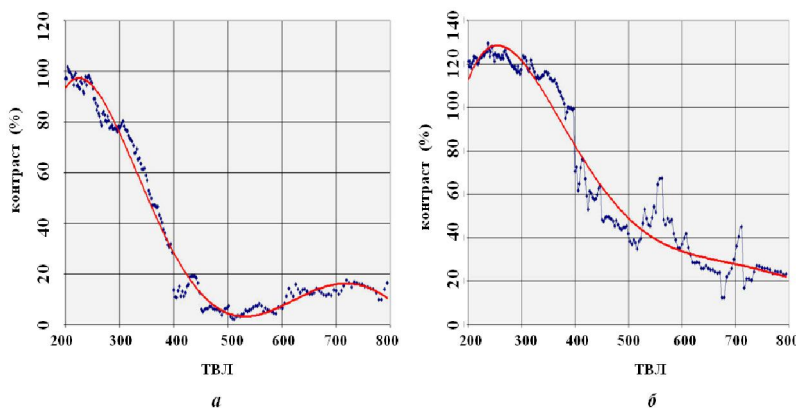


Рис.4. Графіки ЧКХ для відеокамер:
а - Canon MV960; б - Panasonic GS180

Візуальна оцінка роздільної здатності відеокамери за тестовою таблицею є недостатньою. Повну інформацію про роздільну здатність відеотракту з урахуванням особливостей як оптики, так і матриці та електроніки відеокамери дає ЧКХ. Тестування було проведено за допомогою програми RightMark Video Analyzer (RMVA) пакету Imatest, яка дає змогу будувати ЧКХ

безпосередньо за зображенням тестової таблиці EIA1956, що відповідає вихідному зображенню відеосистеми. Як приклад, на рис. 4 наведено графіки ЧКХ, побудовані за допомогою RMVA. Звідки випливає, що значення горизонтальної роздільності відеокамер, визначені візуально за таблицею EIA1956 і за графіками ЧКХ, збігаються і відповідають рівню контрасту 25-30%.

Значення роздільної здатності відеокамер формату AVCHD, наведені в табл. 2, визначені за ЧКХ, які отримані програмою Imatest, для рівнів відносного контрасту 50% та 30%.

Таблиця 2

Роздільність відеокамер формату AVCHD за результатами тестування

	Роздільність за рівнем 30% (ТВЛ)		Роздільність за рівнем 50% (ТВЛ)	
	Горизонтальна	Вертикальна	Горизонтальна	Вертикальна
Sony HDR-CX100	595	832	725	975
Canon HF20	793	742	1003	876
Panasonic HDC-HS20	541	421	711	544
JVC GZ-HM200	775	653	914	837

Як показують результати тестування відеокамера Sony HDR-CX100 продемонструвала досить прийнятні значення роздільності (особливо вертикальної). Відеокамера Canon HF20 має найкращі значення роздільності, але в неї присутнє невелике штучне підвищення різкості.

Відеокамера Panasonic HDC-HS20 має трохи більшу роздільність, ніж відеокамера стандартної роздільності. Для відеокамери JVC GZ-HM200 значення роздільності є майже такими, що і у камери Sony HDR-CX100. У відеокамери Sony HDR-CX100 вертикальна роздільність вища, а відеокамери JVC GZ-HM200 – горизонтальна.

Оцінювання якості передачі кольору певною відеосистемою в програмі Imatest реалізується двома способами. Як і першому, так у другому еталонною мірою є колірна таблиця Gretag Munsell. Якість передачі кольору визначається числовими оцінками насиченості та точності. У першому випадку такі оцінки формуються на основі колірної таблиці, що є відображенням сформованого відеосистемою зображення [7, 8], у другому – за діаграмою, приклад якої зображено на рис. 5.

На цій діаграмі в графічній формі зображені відхилення зареєстрованих системою кольорів від ідеалу в колірному просторі *Lab*. У центрі діаграми знаходяться зразки чорного, білого та сірого. Інші кольори рознесені по всій гамі і пронумеровані від 1 до 24 відповідно полям колірної таблиці Gretag Munsell. Маленькі квадратики показують ідеальну позицію діаграми для кожного кольору, а кружечки – відтворену відеосистемою. Відстань між кожною парою квадратика та кружечка показує кількість та тип неточності кольору.

Подані на діаграмі відхилення Δ обчислюються за формулою [7]:

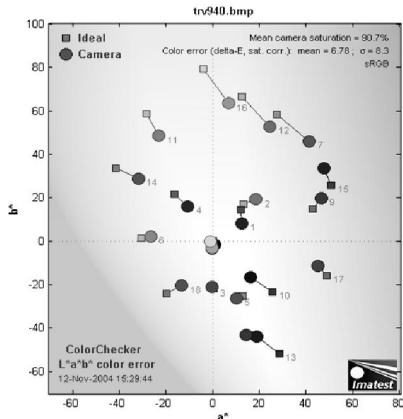


Рис.5. Діаграма оцінювання передачі кольору програмою Imatest

$$\Delta - E_i = \sqrt{(a_i^m - a_i^e)^2 + (b_i^m - b_i^e)^2}, \quad (4)$$

де індекси i, m, e відносяться до номеру кольору (поля таблиці), виміряних і еталонних координат відповідно.

Перший (*mean camera saturation*) у правому верхньому куті діаграми числовий показник визначає виражене у відсотках відношення середніх колірних насиченостей вихідного зображення відеосистеми S_m і еталону S_e :

$$S_{mk} = (S_m / S_e) \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{де } S_m = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \sqrt{(a_i^m)^2 + (b_i^m)^2}, \quad S_e = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \sqrt{(a_i^e)^2 + (b_i^e)^2}$$

Другий (*mean*) і третій σ показники визначають загальну кольоропередачу відеосистеми:

$$\text{mean} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} (\Delta - E_{icolor}); \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} (\Delta - E_{icolor})}. \quad (6)$$

У співвідношеннях (6) величини $\Delta - E_{icolor}$ визначається за формулою (4) для скорегованих координат a і b :

$$a_{icolor}^m = \frac{S_e}{S_m} \times a_i^m, \quad b_{icolor}^m = \frac{S_e}{S_m} \times b_i^m \quad (7)$$

Чим менших значень набувають показники *mean*, σ , тим кращою є загальна кольоропередача відеосистеми.

Результати тестування за кольоропередачею відеокамер формату miniDV подані в табл. 3, а формату AVCHD – в табл. 4.

Таблиця 3

Показники кольоропередачі відеокамер формату miniDV

	Canon MV 960	Canon MVX 460	Sony HC36	Sony HC46	Panasonic GS57	Panasonic GS180	JVC D370
Відносна насиченість (<i>mean camera saturation</i>), %	101,4	92,58	96,8	105,5	108,5	99,07	100,5
Середня насиченість, <i>mean</i>	8,14	8,42	7,16	6,98	6,17	5,68	5,17
Середня насиченість, σ	10,1	10,3	8,87	8,7	7,91	7,55	6,81

За результатами тестування можна визначити, що найкращу кольоропередачу серед відеокамер формату miniDV забезпечують JVC D370 та Panasonic GS180, а найгіршу - Canon MV960 та Canon MVX460. Серед відеокамер формату AVCHD найкращі показники кольоропередачі має відеокамера Sony CX100. Відеокамери Canon HF20 та Panasonic HS20 мають низьку колірну насиченість, особливо Panasonic HS20. Відеокамера JVC HM200 займає другу позицію за показниками: колірна насиченість вища, ніж у Canon HF20 та Panasonic HS20.

Таблиця 4

Показники кольоропередачі відеокамер формату AVCHD

	Sony CX100	Canon HF20	Panasonic HS20	JVC HM200
Відносна насиченість (<i>mean camera saturation</i>), %	86,87	64,6	53,2	72,98
Середня насиченість, <i>mean</i>	11,0	18,3	20,9	16,8
Середня насиченість, σ	3,3	4,27	4,57	4,03

Висновки

Оцінка якості зображень є достатньо складною комплексною задачею. Можливі два підходи до оцінювання якості зображень: кількісне (об'єктивне) оцінювання з використанням математичних методів та суб'єктивне - на основі експертних оцінок

Кількісні міри якості зображення дають більш точну його характеристику і вкрай потрібні для проектування та оцінки систем відтворення зображень. Ці міри багато в чому допоможуть позбутись громіздкої і неточної сучасної методики оцінки зображень шляхом суб'єктивної експертизи. Крім того, на основі кількісних мір можна розвивати методи оптимізації систем обробки зображень.

Для того, щоб кількісні оцінки якості зображення краще відповідали суб'єктивним, потрібно враховувати особливості людського сприйняття зображення.

У розробці кількісних оцінок якості зображення досягнуто значних успіхів. Однак введені критерії не є досить досконалими. Більшість спроб знайти прийнятні оцінки якості зображення відносяться до часткових випадків.

Створення досконаліших оцінок якості зображень пов'язано з більш глибоким вивченням властивостей зорової системи людини.

Список літературних джерел

1. Телебачення мовленеве. Системи цифрового телебачення стандартної чіткості. Методи суб'єктивного оцінювання якості зображень (ITU – R BT. 1129 – 2 : 1998, IDT) : ДСТУ ITU – R BT. 1129 – 2 : 2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – IV, 27 с. – (Національні стандарти України).
2. Wang X., Tian B., Liang C., Shi D. Blind Image Quality Assessment for Measuring Image Blur// Congress on Image and Signal 2008 Congress on Image and Signal Processing, 2008.
3. Певзнер Б.М. Качество цветных телевизионных изображений / Б. М. Певзнер. – М. : Радио и связь, 1988. -224с.
4. Зубарев Ю. Б. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы / Ю. Б. Зубарев, М. И. Кривошеев, И. Н. Красносельский. – М. : НИИР, 2001. – 568 с.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
6. Кривошеев М. И. Световые измерения в телевидении / М. И. Кривошеев. – М. : Связь, 1973. – 223 с.
7. Image quality factors for cameras and lenses [Електронний ресурс] / Norman Koren. – 2010. Режим доступу до ресурсу: <http://www.imatest.com/guides/image-quality>.
8. Методика тестирования видеокамер по программе Imatest [Электронный источник] / Алексей Попов. – 2007. Режим доступа к статье: http://www.videozona.ru/video_tests/Imatest.
9. Телевидение: учебник для высших учебных заведений / [Гоголь А. А., Джакония В. Е., Друзин Я. В. и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 616 с.