

Методи и средства обработки сигналов и изображений

УДК 535.015

Формування системи критеріїв оцінки якості стереоскопічних зображень

Н.В. Рудченко

Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»,
вул. Політехнічна, 16, корпус 12, м. Київ, 03056, Україна.

Проведено аналіз існуючих методів придатних для оцінки стереоскопічних зображень, представлено класифікацію цих методів та розглянуто експериментальні парадигми, які можуть бути використані для вимірювання та обчислення якості двовимірних зображень та відеопослідовностей. Сформовано систему критеріїв, що враховує як позитивні так і негативні фактори, які впливають на сприйняття стереоскопічних зображень. Бібл. 15, рис. 3.

Ключові слова: *якість зображення, стереоскопічні екранні зображення, суб'єктивні методи оцінки, модель оцінки якості зображення.*

Вступ

В процесі вдосконалення систем кінематографу та телебачення здійснено суттєві кроки в реалізації покращення загального сприйняття глядачем двовимірних телевізійних передач та кінофільмів. Наступним логічним кроком стало впровадження тривимірних цифрових зображень. Стандартизовані методи кількісного сприйняття таких атрибутів, як, наприклад, якість зображення, глибина й чіткість дозволяють інженерам оптимізувати системи відображення.

Методи оцінки якості стереоскопічних зображень

Вимірювання якісних показників стереоскопічних зображень можуть бути розділені на дві групи: об'єктивні та суб'єктивні.

Об'єктивні виміри виконуються за допомогою спеціальних приладів. Метою прямих вимірювань є безпосередня оцінка якості зображень (абсолютні методи). Непрямі вимірювання виконуються з використанням тестових сигналів (порівняльні методи).

Суб'єктивні вимірювання передбачають оцінку якості зображень спостерігачами. Ці вимірювання завжди є прямими, оскільки думка глядачів про якість відтворення випробувальних сигналів або таблиць є недоречною. При застосуванні методів суб'єктивної оцінки, людина виступає вимірювальним приладом для визначення якості системи відображення даних. Ці методи часто розглядають, як нижчі порівняно з об'єктивними. Це може бути вірним що до точності та чіткості, але не є вірним з фундаментальної точки зору на людину, як споживача систем зображення [14], тому такий погляд на якість зображення потребує корекції.

Метою даної роботи є класифікація та аналіз сучасних методів оцінки якості стереоскопічних зображень та визначення параметрів, які впливають на загальну якість цих зображень.

Суб'єктивні методи оцінки сприйняття моноскопів та стереоскопічних телевізійних зображень, які описані в рекомендаціях ITU-R BT.500-13 [10] та ITU-R BT.1438 [11], широко розповсюджені. Методи оцінки, що використовуються для новітніх систем візуалізації, наприклад, цифрових стереоскопічних екранних зображень, можна розділити на оглядові дослідження та експериментальні парадигми. Класифікацію методів оцінки якості стереоскопічних зображень наведено на рис. 1.

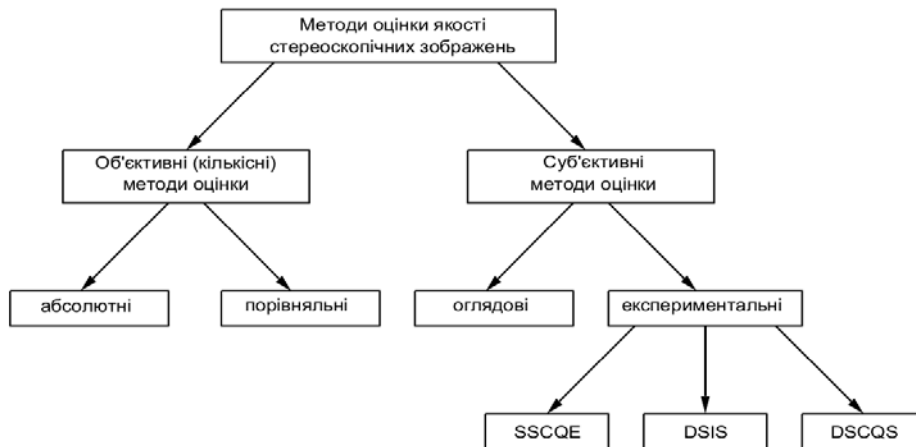


Рис. 1. Методи оцінки якості стереоскопічних екранних зображень

Оглядові дослідження

Оглядові дослідження застосовуються для вивчення відчуттів та реакцій глядачів з незаангажованою позицією, по відношенню до новітніх технологій, таких як 3D. Приклад дослідницького вивчення – фокус-група, де неупереджені глядачі, розділені на малі групи, в яких обговорюють свій досвід перегляду матеріалів з певної системи формування зображень. В [6] використовували фокус-групи для збору вражень глядачів про новітнє 3D ТВ. Результатом є описані цими глядачами відчуття та «переживання» після перегляду 3D матеріалів. За допомогою фокус-груп також були визначені типи програм, що придатні для 3D контенту. Спостерігачі віддали перевагу фільмам-«екшенам» та «живим подіям» – спорту, театру, концертам. Програми типу новин, документалістики, серіалів та ток-шоу, виглядають невідповідними для 3D ТВ. До того ж, глядачі вказали, що роблять вибір між програмами, виходячи з того, шукають вони їх для 2D чи 3D перегляду. Підсумовують, що фокус-групи можна використовувати для збору неупереджених відчуттів, викликаних стереоскопічними системами перегляду зображення, вивчення доданої вартості нових систем передачі зображення, без накладання визначеної оцінки критеріїв, таких як якість зображення та визначення атрибутів основоположних концепцій, наприклад, якість зображення, натуралістичність та відчуття присутності без безпосереднього опитування.

Експериментальні парадигми

Деякі експериментальні парадигми можуть бути використані для вимірювання та обчислення якості зображень та відеопослідовностей. Можна виділити два типи якості зображення [14]:

- технічно-орієнтовані якості зображення (застосовується, коли зображення необхідне для вирішення специфічних задач, наприклад, медичного діагностування);
- якості, орієнтовані на сприйняття зображень глядачем (мета демонстрації 3D зображень у якомога більшому «комфорті» для спостерігачів). Наприклад, надмірний дисбаланс призводить до візуального дискомфорту.

Застосування суб'єктивного оцінювання орієнтованих на сприйняття цифрових стереоскопічних екранних зображень описано в рекомендаціях ITU-R BT.1438 щодо стереоскопічних телевізійних зображень [11]. Суб'єктивні методи оцінювання застосовують для вимірювання загальної якості зображення та загального спотворення в кадрах та відеопослідовностях, а також можуть бути застосовані для оцінювання характеристик таких як чіткість, глибина, напруження зору, натуралістичність та ефект присутності. Загалом, для оцінки якості стереоскопічних зображень можна застосувати три різні парадигми процесу експерименту: метод подвійного стимулу (DSCQS), метод одиночного стимулу (SSCQE) та метод порівняння стимулів (DSIS).

Метод одиночних стимулів

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

Метод порівняння стимулів

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

Метод подвійного стимулу

DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) – безперервна оцінка якості за результатами двох переглядів. Цей метод, заснований на двох раніше описаних метриках, отримав широке застосування і дозволяє оцінювати потокове відео з високим ступенем точності. Якість зображень оцінюється так само, як в методиці DSIS. Відмітною особливістю є те, що відеоролик відтворюється в псевдовипадковому порядку, а потім повторюється. Після закінчення перегляду спостерігачеві дається деякий час для виставлення оцінки. Методика оцінювання також п'ятибальна: 5 - чудова якість, 4 – гарна якість, 3 - задовільна якість, 2 - погана, 1 - дуже погана якість. Спостерігач записує виставлену оцінку в спеціальний бланк або заносить дані в спеціалізовану програму. Потім всі оцінки усереднюються і перетворюються в стандартну шкалу (від 0 до 100). Таким чином, завжди можна оцінити відмінності між оригінальним і спотвореним відеорядом. По закінченні збору інформації від всіх експертів дані обробляються з використанням статистичних алгоритмів.

В контексті цифрових стереоскопічних екранних зображень, альтернативний метод оцінювання (оцінювання якості одиночними стимулами) пропонує отримати безперервну оцінку якості стереоскопічного ряду, що переміщується вручну за допомогою бігунка. В [8] було використано цей метод в безперервних оцінках спостерігачами відчуття присутності,

глибини та натуралістичності стереоскопічного зображення. Ці методи виглядають дуже доречними, тому що зазвичай перегляд телепередач або відео контенту, наприклад в кінозалах, триває довго.

Модель оцінки якості зображення

Якість зображення можна розглядати як один з факторів до якого споживачі ставляться дуже уважно (можна прирівняти до такого фактора, як ціна). Досягнення високої якості зображення потребує глибоких досліджень в створенні контенту, алгоритмах кодування, технології передачі та відображення. Отже, це значущий технічний параметр систем демонстрації зображень, важливий для споживачів. Сприйняття якості 3D зображення – один з загальних критеріїв оцінювання функціонування новітніх медіа, таких як 3D зображення. Однак, суб'єктивні оцінки займають багато часу та потребують багаторазового повторення для кожного нового параметру системи. Отже, моделювання якості потребує отримання якнайкращого розуміння зв'язків між технічними параметрами системи та відчуттям якості 3D зображення. Для традиційних систем формування зображень, моделювання якості зображення здійснюється завдяки прогнозованій якості 2D зображення. Тим не менш, потрібно краще розуміння зв'язків між параметрами системи та факторами відчуття, що сприяють кращому сприйняттю якості 3D зображень. Принципи моделювання якості 2D зображень можуть бути використані для досягнення розуміння взаємозв'язків між технічними параметрами стереоскопічних екранних зображень та якістю цих зображень.

Деякі підходи пропонують застосування кількісного вимірювання якості зображень для традиційної 2D послідовності зображень.

Моделі об'єктивних критеріїв точності використовують математичні функції для вираження втрати інформації зображення в оригінальному зображенні та його обробленій версії. Часто застосовуються функції середньоквадратичної помилки (RMSE) чи коефіцієнту середньоквадратичного співвідношення сигнал-шум (SNR) [7]. Нескладні підрахунки, необхідні для вираження втрати інформації зображення, потребують великого числа відповідних заходів [5]. Об'єктивні критерії точності задовільні в рамках певних обмежень, але не завжди підходять для визначення якості зображення. Наприклад, якість зображення в окремих оброблених кадрах, на певному рівні, з однаковим методом обробки буде обчислена відповідно до цих об'єктивних критеріїв

точності. Однак, надійність застосування різних типів спотворень в одній сцені є найбільш сумнівною. В [1] продемонстровано, що порізнному спотворені зображення з подібною середньоквадратичною помилкою (RMSE) можуть мати різну суб'єктивну якість.

Недостатня увага до зорової системи людини – одне з серйозних обмежень у вищезгаданих вимірюваннях. Інструментальне вимірювання якості зображення включає властивості системи людського зору, тобто мають стосунок до суб'єктивної якості зображення. Отже, модель вимірювання якості повинна базуватись на властивостях системи зорового каналу людини, яким проходить зображення, та враховувати оптичні властивості ока, сітківки, та зорову зону кори головного мозку.

Різні техніки моделювання якості зображення ґрунтуються на ідентифікації основних атрибутів в якості зображень та квантифікації сприйняття кожного атрибуту. В цьому підході є важливими характеристики суб'єктивних атрибутів, таких як шум, розмитість чи розпад зображення на квадрати, так само як їх технічні характеристики [13]. Встановлення зв'язків між атрибутами та загальною якістю зображення може бути використане багатьма способами.

Один із способів оцінювання полягає в розгляданні якості зображення з точки зору адекватності зображення та відповідності

людської взаємодії з навколишнім середовищем. В цьому сенсі якість зображення пов'язана з таким терміном як натуралістичність, яка виражає точність внутрішнього представлення зображення та його відповідність описам збереженим в пам'яті [12].

Модель оцінки якості зображення Енджельдрама

Один з критеріїв оцінювання відтворених зображень – є оцінка відчуття якості зображення. Якість 2D зображення повинна враховувати різні технічні параметри. Моделювання якості 2D зображення починається з визначення найважливіших характеристик, які впливають на якість зображення, наприклад, розпад зображення на квадрати, яскравість, шум, відтворення кольорів та розмитість. Відповідні методи оцінювання визначають такі атрибути за допомогою фокус-груп. Для цього можуть бути застосовані методи вимірювання, визначені ІТУ. Спостерігачі використовують перцептивні комбінації за правилами поєднання важливості атрибутів зображення та прогнозування результуючої загальної якості 2D зображення. Ці співвідношення між технічними параметрами системи та оцінкою якості спостерігачем описані в моделі якості зображення (рис. 2), яка була запропонована Енджельдрамом [4].



Рис. 2. Коло якості зображення запропоноване Енджельдрамом

Чотири елементи в «Колі Якості Зображення» розбивають модель на вимірювані та очікувані етапи. Технологічні параметри ба-

гатьох елементів системи формування зображень зазнають змін конструкторів та проектувальників для зміни якості зображення.

Фізичні параметри зображення – це вимірювані характеристики відображення, що зазвичай визначають якість зображення, такі як оптична щільність, спектральний коефіцієнт відбиття або колір. Враження споживача, такі як чіткість, яскравість та зернистість – є базовими характеристиками для оцінки якості чи суджень споживачів. Прямий зв'язок між технологічними параметрами та оцінками споживачів якості (стрілка 1) з часом втрачає ефективність, оскільки споживач може змінювати оцінку якості зображення кожний раз, коли змінюються технічні параметри.

Однак, моделі оцінки якості двовимірних зображень не є відповідними засобами вимірювання для відтворення сприйняття стереоскопічних зображень, оскільки такий важливий фактор 3D зображень як відчуття глибини та типові стереоскопічні спотворення (як наприклад перехресне спотворення чи поява ореолу) не враховуються. Таким чином, візуальна експериментальна 3D модель повинна враховувати такі фактори сприйняття як відтворення глибини, спотворення 3D зображення та візуальний комфорт.

Формування системи критеріїв оцінки якості стереоскопічних зображень

Досі не було сформульовано завершеної системи критеріїв оцінки якості стереоскопічних екранних зображень. Попередні спроби більш схожі на набір характеристик зображення, що сприяють загальному сприйняттю якості стереоскопічних кадрів та відеопослідовностей. Певні характеристики позитивно впливають на загальну якість зображення (наприклад, підвищене відчуття глибини чи підвищення різкості), тоді як інші мають обмежувальний чи негативний вплив (наприклад, візуальний дискомфорт, що виникає через збільшення невідповідності чи спотворення зображення). Система критеріїв оцінки якості стереоскопічних зображень повинна враховувати як позитивні так і негативні фактори, враховуючи значущість атрибутів, важливих для сприйняття, що можуть зустрічатися внаслідок бінокулярних властивостей. Для прикладу, такі 3D спотворення, як перехресні завади, стають більш явними зі зростанням право-лівого розділення, що у той же час збільшує сприйняття глибини. В такому випадку переваги сприйняття, виражені в підвищенні глибини, можуть бути скасовані через збільшення перехресного спотворення. Тобто, система оцінювання повинна включати характеристики якості зображення, глибини та візуального комфорту. Запропонована система

критеріїв оцінки стереоскопічних екранних зображень представлена на рис. 3.



Рис. 3. Запропонована модель візуального сприйняття стереоскопічних екранних зображень

Попередні дослідження параметрів стереоскопічних зображень показали важливість глибини для нестиснених стереоскопічних зображень. Однак, коли спостерігачів просили оцінити якість стиснутого зображення у форматі MPEG-2 і JPEG, то результат якості зображення, в основному, визначався введеним спотворенням і в меншій мірі – глибиною [15].

Висновок

Отже, можна зробити висновок, що для оцінки якості стереоскопічних екранних зображень найбільш оптимальним є застосування суб'єктивних методів дослідження, описаних в рекомендаціях ITU-R BT.1438. Об'єктивні методи оцінки якості стереоскопічних зображень застосовують математичні моделі, які лише імітують систему людського каналу, а отже не є досконалими. Сучасні дослідження також показують, що використання суб'єктивних методів дозволяє знайти рішення таких проблем, як, наприклад, зниження ризику небезпечного негативного впливу, яке може виникнути при певному поєднанні технічних параметрів стереозображення.

Ці методи також можуть бути застосовані для отримання оцінки таких характеристик стереоскопічних зображень, як чіткість, глибина, напруження зору, натуралістичність та ефект присутності.

Однак, слід врахувати, що суб'єктивна оцінка – це досить складний та повільний процес, який потребує досвідчених експертів та дотримання методики експерименту.

Аналіз моделі оцінки якості 2D зображень показав, що дана модель не є відповідним засобом для відтворення сприйняття стереоскопічних екранних зображень, оскільки такі важливі фактори як відчуття глибини та типові стереоскопічні спотворення не включені. Отже, була сформована система критеріїв оцін-

ки якості стереоскопічних екранних зображень, яка враховує як позитивні так і негативні фактори, які впливають на сприйняття стереоскопічних зображень. Взаємодії між деякими позитивними та негативними факторами, та їх відносним значенням, потребують додаткового вивчення для того, щоб досягнути повного розуміння візуальної 3D моделі.

Література

1. *Daly S.* The visible differences predictor: An algorithm for the assessment of image fidelity. // *Digital Images and Human Vision*. - New York : MIT Press, 1993.
2. *de Ridder H.* Minkowski-metrics as a combination rule for digital-image-coding impairments // *Proceedings of the SPIE*. - 1992 - pp. 1666:16–26.
3. *Engel drum P.* Psychometric Scaling. - Winchester : Imcotek Press, 2000.
4. *Engel drum P.* A theory of image quality: The image quality circle. : *Journal of Imaging Science and Technology*, 2004 - 48:447–457.
5. *Eskicioglu A. A., Fisher P. S.* Image quality measures and their performance. // *IEEE Transactions on Communications*. - 1995 - 43:2959–2965.
6. *Freeman J. and Avons S.* Focus group exploration of presence through advanced broadcast services // *Proceedings of the SPIE*. - 2000 - 3959:530–539.
7. *Gonzalez R. C., Woods R. E.* Digital Image Processing. : Addison-Wesley publishing company, Inc., 1992.
8. *Ijsselsteijn W., de Ridder H., Hamberg R., Bouwhuis D., and Freeman J.* Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV. *Displays* - 1998b - 18:207–214.
9. *Ijsselsteijn W., de Ridder H. and Vliegen J.* Subjective evaluation of stereoscopic images: Effects of camera parameters and display duration. // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. - 2000c - 10:225–233.
10. Телебачення мовленням. Якість телевізійних зображень. Методологія суб'єктивного оцінювання: ДСТУ ІТУ-R ВТ.500-13 (ІТУ-R ВТ.500-13, ІДТ). – [Чинний від 01.2012]. – Женева: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2012. – 44 с. – (Міжнародний союз електрозв'язку. Рекомендація).
11. Телебачення. Системи стереоскопічного телебачення. Методи суб'єктивного оцінювання якості зображень: ДСТУ ІТУ-R ВТ.1438:2009 (ІТУ-R ВТ.1438:2000, ІДТ). – [Чинний від 01.07.2011]. – Женева: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2000. – 14 с. – (Міжнародний союз електрозв'язку. Рекомендація).
12. *Janssen T. and Blommaert F.* Visual metrics: Discriminative power through flexibility. // *Perception*. - 2000 - 29:965–980.
13. *Libert J. M. and Fenimore C. P.* Visibility thresholds for compression-induced image blocking: measurement and models. // *Proceedings of the SPIE*. - 1999 - 3644:197–206..
14. *Roufs J. A. J.*, Perceptual image quality: Concept and measurement // *Philips Journal of Research*. - 1992 - 47:35–62.
15. *Tam W., Stelmach L. and Corriveau P.* Psychovisual aspects of viewing stereoscopic video sequences. // *Proceedings of the SPIE*. - 1998 - 3295:226–235.

УДК 535.015

Формування системи критеріїв оцінки якості стереоскопічних зображень

Н.В. Рудченко

Национальный Технический Университет Украины «Киевский Политехнический Институт»,
ул. Политехническая, 16, корпус 12, г. Киев, 03056, Украина.

Проведен анализ существующих методов пригодных для оценки стереоскопических изображений, представлена классификация этих методов и рассмотрены экспериментальные парадигмы, которые могут быть использованы для измерения и вычисления качества двумерных изображений и видеопоследовательностей. Обосновано применение субъективных методов для оценки качества стереоскопических экранных изображений. Сформирована си-

стема критериев, которая учитывает как положительные так и отрицательные факторы, влияющие на восприятие стереоскопических изображений. Библ. 15, рис. 3.

Ключевые слова: *качество изображений, стереоскопические экранные изображения, субъективные методы оценки, модель оценки качества изображения.*

UDC 535.015

Formation of quality evaluation criteria for stereoscopic images

N. Rudchenko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
st. Polytechnique, 16, Kiev, 03056, Ukraine.

Conducted analysis of existing methods suitable for evaluation of stereoscopic images, classification of these methods is presented and discussed experimental paradigm that can be used to measure and calculate as two-dimensional images and video sequences. Application of subjective methods for assessing the quality of stereoscopic images onscreen. A model of visual perception stereoscopic screen images that takes into account both positive and negative factors that affect the perception of stereoscopic images. Reference 15, figures 3.

Keywords: *image quality, stereoscopic screen image, subjective assessment methods, model estimates the quality of the image.*

References

1. *Daly S.* (1993), [The visible differences predictor: An algorithm for the assessment of image fidelity]. Digital Images and Human Vision. New York : MIT Press.
2. *de Ridder H.* (1992), [Minkowski-metrics as a combination rule for digital-image-coding impairments]. Proceedings of the SPIE. pp. 1666:16–26.
3. *Engeldrum P.* (2000), [Psychometric Scaling]. Winchester : Imcotek Press.
4. *Engeldrum P.* (2004), [A theory of image quality: The image quality circle]. Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 48. pp.447–457.
5. *Eskicioglu A. A., Fisher P. S.* (1995), [Image quality measures and their performance]. IEEE Transactions on Communications. Vol. 43., pp.2959–2965.
6. *Freeman J. and Avons S.* (2000), [Focus group exploration of presence through advanced broadcast services]. Proceedings of the SPIE. 3959:530–539.
7. *Gonzalez R. C., Woods R. E.* (1992), [Digital Image Processing]. Addison-Wesley publishing company, Inc.
8. *Ijsselsteijn W., de Ridder H., Hamberg R., Bouwhuis D., and Freeman J.* (1998), [Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV]. Displays 18:207–214.
9. *Ijsselsteijn W., de Ridder H. and Vliegen J.* (2000), [Subjective evaluation of stereoscopic images: Effects of camera parameters and display duration]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 10:225–233.
10. ITU 2000a. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures. Recommendation BT.500-10.
11. ITU 2000b. Subjective assessment of stereoscopic television pictures. Recommendation BT.1438.
12. *Janssen T. and Blommaert F.* (2000), [Visual metrics: Discriminative power through flexibility]. Perception. 29:965–980.

Поступила в редакцию 05 марта 2013 г.