

УДК 621 397

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

НЕГРАЙ О.В.

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

AN ANALYSIS OF METHODS OF OBJECTIVE ESTIMATION OF QUALITY FOR ESTIMATION OF DIGITAL TELEVISION SIGNALS

NEGRAY O. V.

Odessa national academy of telecommunications n.a.A.S.POPOV

Анотація. У статті продемонстрована можливість використання середовища Matlab для виконання цифрового оброблення й об'єктивного оцінювання якості телевізійних зображень.

Abstract. In the article the possibility of the use of environment of Matlab for implementation of digital treatment and objective estimation of quality of television images is shown.

ВСТУП

За сучасного широкого впровадження та поширення послуг цифрового телебачення невід'ємним завданням є контроль якості зображень переданих і прийнятих телевізійних каналів. Одним з можливих рішень проблеми оцінки якості телевізійних зображень є моделювання погіршення якості зображень від впливу різних факторів (пониження чіткості, розмиття зображення при відновленні зображення на приймальній стороні тощо) з подальшою автоматизацією об'єктивної оцінки якості з використанням різних метрик об'єктивної оцінки зображень і з подальшим виробленням механізмів, що дозволяють виявляти і розпізнавати різні погіршення якості зображень, що виникають з різних причин, наприклад при пороговому ефекті водному або декількох пристроях тракту приймання чи передавання каналів.

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ

Найбільш зручним середовищем для виконання моделювання є середовище Matlab. Matlab являє собою пакет прикладних програм для розв'язання задач технічних обчислень й однойменну мову програмування, що використовується в цьому пакеті. Мова Matlab є низькорівневою інтерпретованою мовою програмування, що включає засновані на матрицях структури даних, набір різних функцій, у тому числі функцій цифрового оброблення зображень, інтегроване середовище розроблення графічних інтерфейсів, об'єктно-орієнтовані можливості й інтерфейси до програм, написаних іншими мовами програмування.

Як модель був створений графічний інтерфейс користувача (graphical user interface-GUI) розроблений в середовищі Matlab (рисунок 1), який дозволяє проводити об'єктивну оцінку якості зображення при зміні тільки одного або одночасно декількох наступних показників, що описують зображення: кількість елементів зображення, кількість рівнів квантування для повнокольорового або напівтонового зображення, рівень контрасту, ступінь «розмиття» повнокольорового або напівтонового зображення.

Регулювання рівня контрасту здійснюється за допомогою усічення гистограми зображення по яскравості [1] (рисунок 2), а ступінь «розмиття» зображення, яке може виникати за причини розфокусування оптичної системи камери при зйомці, а також незадовільних умов проведення знімання, визначається по рядковому середньовальному фільтру [1], яким обробляють зображення.

Об'єктивна оцінка якості зображень у моделі проводиться одночасно із застосуванням двох метрик – PSNR (peak-to-peak signal-to-noise ratio) і SSIM (structural similarity).

Міру структурної подібності зображень SSIM визначають відповідно з виразами [3]:

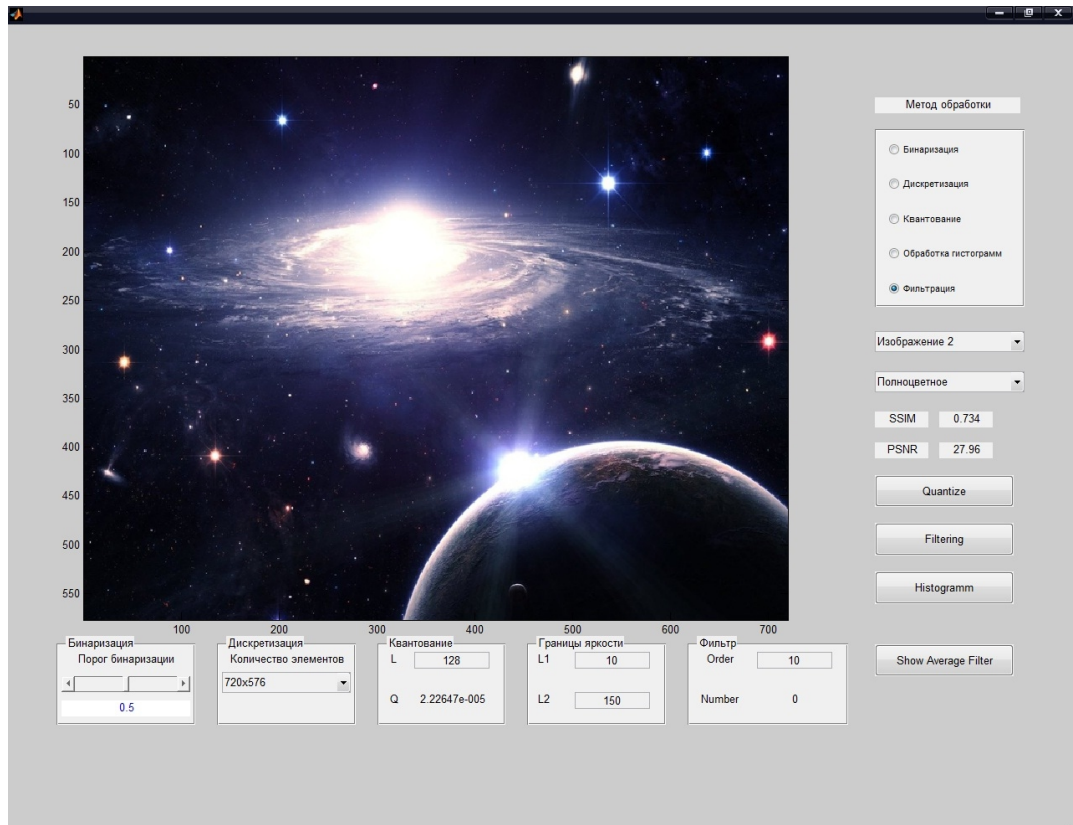
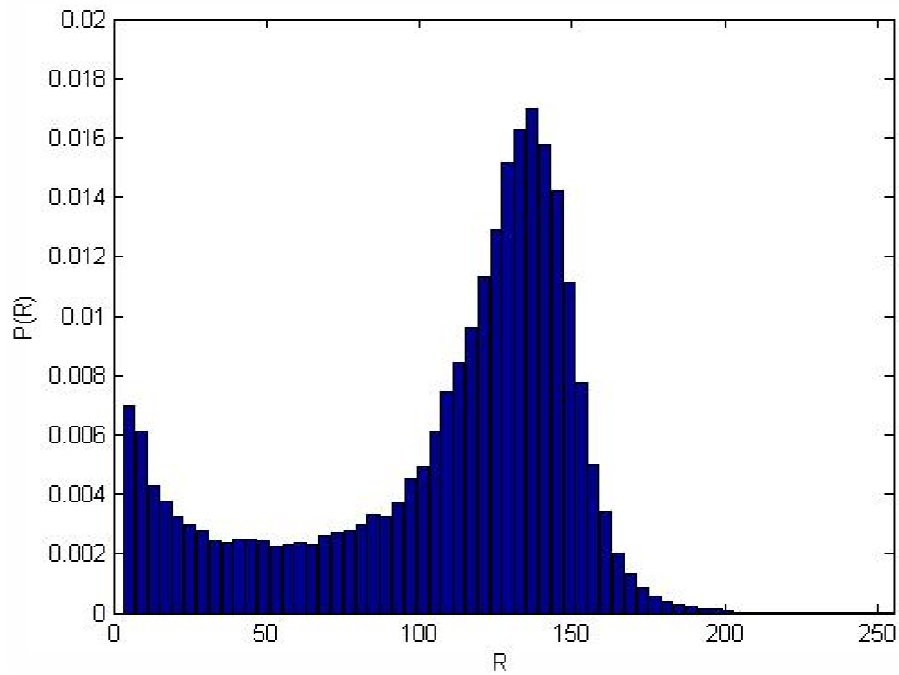
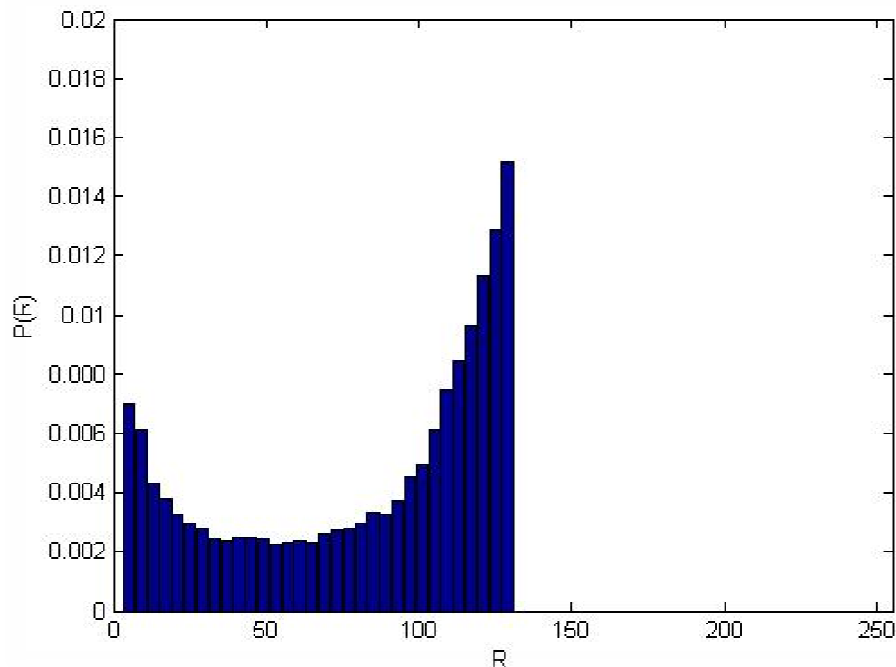


Рисунок1– Графічний інтерфейс об'єктивної оцінки якості з тестовим зображенням



a)



б)

Рисунок 2 – Нормовані гістограми зображень: а) з нормальним рівнем контрасту (діапазон яскравостей 0–255) ; б) з пониженим рівнем контрасту (діапазон яскравостей 0–130)

$$SSIM = \left(\frac{s_{xy}}{s_x s_y} \right) \left(\frac{2\bar{X}\bar{Y}}{(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2} \right) \left(\frac{2s_x s_y}{s_x^2 + s_y^2} \right) \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}, \quad \bar{Y} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N y_{ij} \quad (2)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})^2 \quad (3)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (y_{ij} - \bar{Y})^2 \quad (4)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X})(y_{ij} - \bar{Y}) \quad (5)$$

де SSIM – значення ступеня подібності (якості) зображень;

$X = \{x_i\}$ і $Y = \{y_i\}$ – порівнювані зображення;

M, N – розміри зображень.

Перша частина виразу (1) являє собою коефіцієнт кореляції між зображеннями X і Y . Друга складова характеризує схожість середніх значень яскравостей порівнюваних зображень. Третя складова характеризує схожість контрасту в порівнюваних зображень.

Метрика PSNR дає найбільш грубу об'єктивну оцінку якості зображень і визначається за допомогою виразу [2]:

$$PSNR = 10 \lg \left(\frac{MAX_i^2}{MSE} \right), \quad (6)$$

Де MAX_i^2 – квадрат максимального значення яскравості або колірної компоненти зображення; MSE (mean square error) – середньоквадратична помилка, яка може бути визначена за допомогою виразу [2]:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - y_{ij})^2. \quad (7)$$

Ця метрика в моделі може бути обчислена як для напівтонового зображення, так і за всіма компонентами RGB повнокольорового зображення.

На рисунку 3 наведена отримана за допомогою моделі залежність ступеня структурної подібності $SSIM$ від порядку усереднювального фільтра, за допомогою якого проводилось “розмиття” тестового зображення розміром 720×576 елементів зображення.

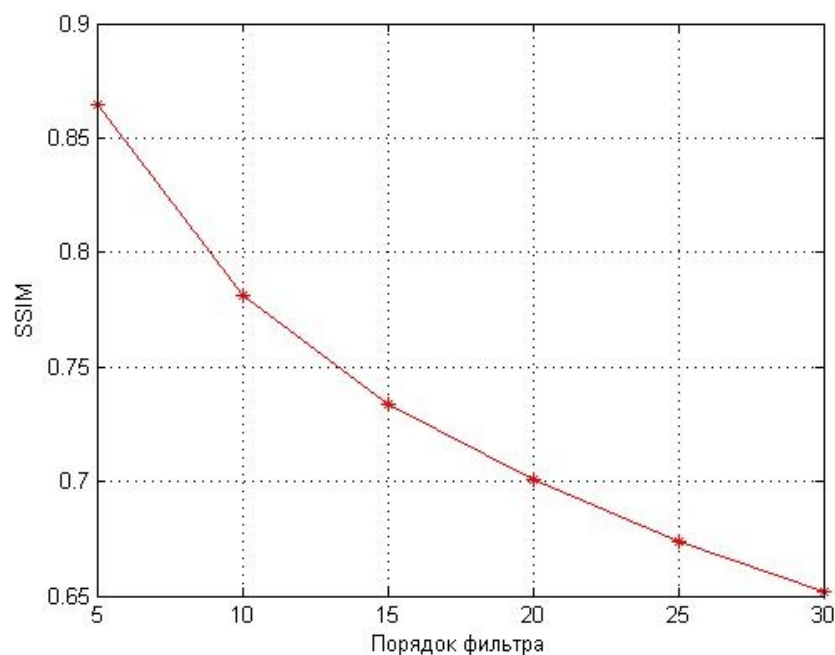


Рисунок 3– Залежність ступеня структурної подібності $SSIM$ від порядку усереднювального фільтра

На рисунку 4 наведена залежність метрики PSNR від порядку усереднювального фільтра, отримана за тих же самих умов, що використовувалися для отримання $SSIM$ (рисунок 3).

Аналізуючи наведені вище залежності можна дійти висновку, що які очікувалося, при збільшенні порядку усереднювального фільтра, що виконує “розмиття” зображення, об’єктивна якість зображення погіршується. Оцінка за допомогою метрики $SSIM$ як видно з кривих, дає більш значне зниження оцінки якості зображення порівняно з оцінкою за PSNR.

У моделі також реалізована можливість проведення об’єктивної оцінки якості зображень при зміні кількості рівнів квантування тестових повнокольорових і напівтонових зображень. Для даного випадку отримані графічні залежності, рисунок 5 і рисунок 6, на яких продемонстровані зміни значень оцінок $SSIM$ та PSNR за різної кількості рівнів квантування одного з тестових напівтонових зображень.

Як впливає з наведених на рисунках 5 і 6 кривих, при зменшенні кількості рівнів квантування спостерігається погіршення якості зображення. У разі оцінки якості зображення метрикою $SSIM$ погіршення невелике, а оцінка метрикою PSNR показує більш значне погіршення якості.

Відмінність кривих оцінок $SSIM$, наведених на рисунках 3 і 5, можна пояснити наступним чином: при виконанні “розмиття” зображення за допомогою фільтрації відбувається зменшення динамічного діапазону яскравості, що призводить до зменшення контрасту і відображується в значній зміні значень оцінки метрики $SSIM$ (рисунок 3), яка при своєму обчисленні враховує зміну контрасту [3], у

свою чергу зміна кількості рівнів квантування на контраст і середня яскравість впливають дуже незначно, що й відображено значеннями SSIM на рисунку 5. Таким чином, можна дійти висновку, що для об'єктивної оцінки якості зображення з пониженими чіткістю, контрастом або яскравістю більш доцільно застосовувати метрику SSIM, яка буде давати більш точну оцінку якості зображення порівняно з метрикою PSNR, яка дає більш загальну оцінку.

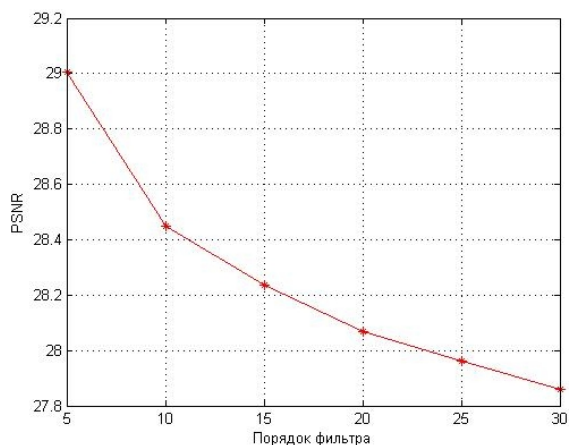


Рисунок 4– Залежність PSNR від порядку усереднювального фільтра

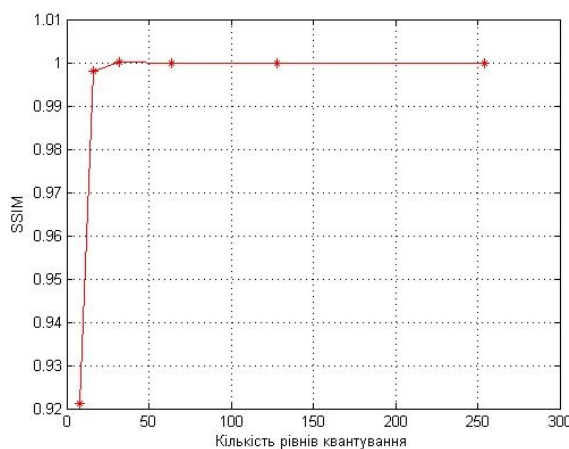


Рисунок 5– Залежність SSIM від кількості рівнів квантування напівтонового зображення

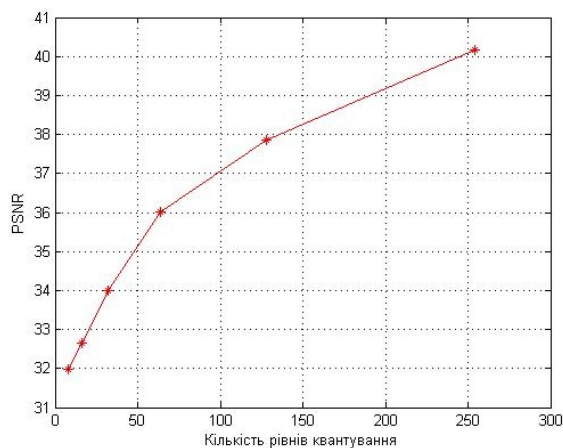


Рисунок 6– Залежність PSNR від кількості рівнів квантування напівтонового зображення

ВИСНОВОК

У статті продемонстрована можливість моделювання об'єктивної оцінки якості зображень в середовищі Matlab з використанням графічного інтерфейсу. На основі отриманих результатів зроблено порівняння метрик оцінок якості PSNR і SSIM за різних умов погіршення якості зображень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pratt W.K. Digital Image Processing: PIKS Inside, Third Edition. / William K. Pratt. – John Wiley & Sons, Inc., 2001 – 2001. – 735 p.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 384 с.
3. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity //IEEE transactions on image processing. – Vol. 13, – No. 4. –April 2004.