

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ СТИСНЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Лукін В.В., Кривенко С.С.

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mails lukin@ai.kharkov.com, krivenkos@ukr.net

Анотація — Розглянуто сучасні методи стиснення зображень з втратами на основі дискретного косинусного перетворення. Для таких методів бажано мати можливість швидко та надійно забезпечувати головні показники — коефіцієнт стиснення та якість у відповідності до звичайних критеріїв або метрик візуальної якості. Показано, що таке забезпечення є можливим на основі керування стисненням за допомогою кроку квантування або масштабуючого множника та на основі доволі простого аналізу статистики коефіцієнтів ДКП у блоках розміром 8×8 пікселів. Підхід до забезпечення бажаної візуальної якості розглянуто на прикладі метрики PSNR-HVS-M.

Ключові слова — візуальна якість, стиснення з втратами.

I. Вступ

Кількість зображень, що формуються системами різного призначення, та їх середній об'єм швидко зростають. Для їх передачі по лініях зв'язку та зберігання доводиться використовувати стиснення, насамперед стиснення з втратами [1]. При цьому не завжди можна або треба застосовувати відомі стандарти стиснення зображень. Інші методи, зокрема сучасні техніки стиснення зображень на основі ДКП [2] є здатними забезпечити кращі показники — кращі значення метрики якості за умови заданого коефіцієнту стиснення (КС) або, навпаки, кращі значення КС за умови фіксованої якості.

Втім, для більшості методів стиснення зображень з втратами характерними є певні недоліки та проблеми. Насамперед — це забезпечення бажаного КС, бажаної якості (зокрема, візуальної) чи задовільного компромісу між ними. Певним чином це можна досягти завдяки використанню ітеративних методів, що базуються на застосуванні компресії із заданим кроком квантування (КК), декомпресії, розрахунку метрики якості та відповідної зміни КК [2]. Але така метода вимагає досить багато часу, кількість ітерацій є априорно невідомою й залежить від того, яким чином задані параметри алгоритму [2]. Тож бажано мати інші методи та більш швидкодіючі підходи до прогнозування показників якості стиснення та їх забезпечення без ітерацій та з задовільно високою точністю.

В цій роботі наводяться нові методи для розв'язання зазначених задач для стиснення одноканальних зображень або покомпонентного стиснення багатоканальних зображень, де, наприклад, гіперспектральні зображення дистанційного зондування є типовим прикладом багатовимірних даних або big data.

II. Особливості стиснення методами на основі ДКП

Найбільш відомим представником стиснення на основі ДКП є стандарт JPEG [2]. Але використання блоків розміром 8×8 пікселів не є найкращим рішенням щодо просторової декореляції даних, а кодування Хаффмана, що застосовується до квантованих ДКП-коефіцієнтів, теж не завжди є оптимальним. Тому на даний час запропоновані інші методи стиснення, що теж базуються на ДКП, але використовують більші розміри блоків (наприклад, 32×32 пікселів, як кодері AGU й AGU-M [2], або блоки адаптивно обраного розміру, як в кодерах ADCT й ADCT-M [2]). Також використовуються інші методи кодування квантованих ДКП-коефіцієнтів, вбудовані алгоритми деблокінгу й інші

засоби підвищення ефективності стиснення (згадані кодері є доступними на сайті <http://ponomarenko.info/#dow>). Для кодерів AGU й ADCT параметри стиснення змінюються кроком квантування, а для кодерів AGU-M та ADCT-M — масштабуючим коефіцієнтом (МК). Кроки квантування є різними для різних просторових частот з урахуванням особливостей зору людини [3].

Типові залежності середньоквадратичної похибки (СКП, mean square error — MSE) від кроку квантування (quantization step — QS) надані на рис. 1,а для чотирьох тестових зображень. Два з них (Lenna та Baboon) є типовими оптичними тестовими зображеннями, де зображення Baboon є високотекстурним. Інші два зображення — Frisco та Airfield — є характерними для систем дистанційного зондування, де на зображенні Airfield є багато малорозмірних об'єктів. Як можна бачити, значення СКП внесених спотворень є значно більшими (при фіксованому КК) для тих зображень, що мають більш складну структуру (Baboon та Airfield).

Залежності КС (compression ratio — CR) від КК наведені на рис. 1,б. Їх аналіз свідчить про те, що для фіксованого КК значення КС можуть відрізнятися в рази, де суттєво менші КС мають місце для зображень із складною структурою. Ці дані свідчать, що основні показники стиснення суттєво залежать від складності (насиченості) зображення.

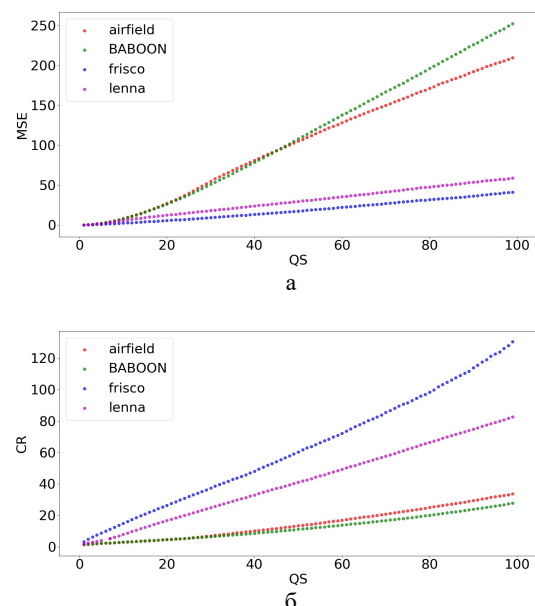


Рис. 1. Залежності СКП (а) та КС (б) від КК для чотирьох тестових зображень для кодеру AGU

III. Прогнозування та забезпечення показників стиснення

Насамперед сформулюємо вимоги до прогнозування показників стиснення:

- прогнозування має виконуватись до стиснення без будь-якої повної чи часткової компресії (та декомпресії);
- прогнозування має бути досить точним для того застосування, для якого воно розробляється;
- бажано зменшити час прогнозування (воно повинно виконуватись суттєво швидше, ніж компресія чи деком-

пресія) та зробити його максимально простим з точки зору програмної чи апаратної реалізації.

Нагадаємо, що існують досить прості методи прогнозування КС [4]. Вони базуються на аналізі статистики ДКП-коефіцієнтів в обмеженій кількості блоків розміром 8×8 пікселів. Розраховується ймовірність P_0 того, що після квантування із заданим КК ДКП-коефіцієнти стануть дорівнювати нулю і ця ймовірність використовується як аргумент апроксимуючої залежності КС(P_0), яку отримано заздалегідь. Якщо така залежність є, то існує й зворотна залежність, яка дозволяє отримати P_0 для бажаного КС, а потім, маючи оцінку розподілу ДКП-коефіцієнтів, визначити КК, який забезпечує таке значення P_0 . В [4] показано, що така метода дозволяє отримувати КК не тільки для випадку стиснення одноканальних зображень, але й для для стиснення багатоканальних зображень або груп одноканальних зображень за допомогою тривимірних версій зазначених кодерів.

Щодо прогнозування та забезпечення якості зображень, які необхідно стискати, то тут ситуація дещо інша. Нещодавно були запропоновані методи прогнозування та забезпечення інших показників якості. Зокрема, було вперше показано, що можна прогнозувати MSE_{HVS-M} [3] – модифіковану СКП, де модифікація стосується двох важливих особливостей зору людини: меншої чутливості до спотворень в області високих просторових частот та ефекту маскування спотворень текстурами [3].

Якщо можна прогнозувати MSE_{HVS-M} , то, для відомого динамічного діапазону D представлення зображень, можна прогнозувати й $PSNR-HVS-M = 10 \lg(D^2 / MSE_{HVS-M})$. Вигляд цих залежностей для чотирьох тестових зображень, що розглядаються (усі вони представлені у стандартному 8-бітному вигляді), наведено на рис. 2, а (кодер AGU). Як можна бачити, поведінка усіх чотирьох залежностей дуже подібна. Зокрема, якщо потрібно забезпечити візуальну непомітність внесених спотворень, що має місце при $PSNR-HVS-M \geq 40$ дБ [3], то треба застосовувати $KK \leq 20$.

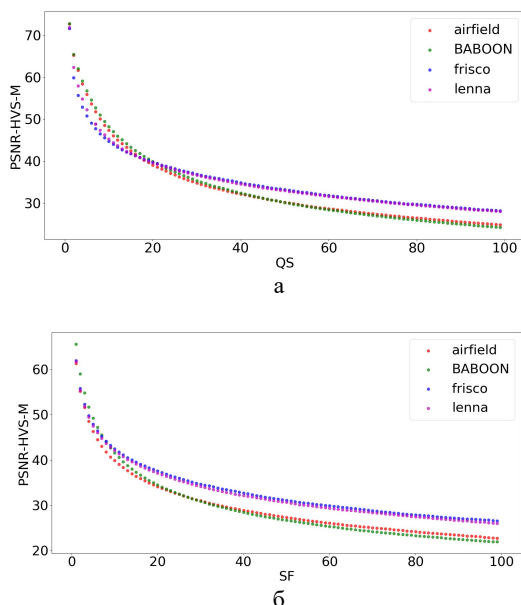


Рис. 2. Залежності PSNR-HVS-M від КК для кодер AGU (а) та від МК для кодеру AGU-M (б)

Аналогічно залежності PSNR-HVS-M від МК (SF) для кодеру AGU-M представлено на рис. 2, б. Цікаво, що для $SF \leq 13$ залежності йдуть практично «разом» і лише для більших значень SF починають з'являтися відмінності. Для того, щоб забезпечити візуальну непомітність внесених спотворень, можна рекомендувати використовувати $SF \leq 12$.

Представлені результати показують, що у відповідності до метрики PSNR-HVS-M можна досить легко реалізувати бажання забезпечити візуальну непомітність спотворень, що внесені стисненням з втратами. Точність забезпечення бажаного PSNR-HVS-M – 1...2 дБ, її можна вважати задовільною для багатьох застосувань. Апроксимацію можна отримати наступним чином. По-перше, треба проаналізувати значно більшу кількість тестових зображень з різними властивостями та отримати для них скатерограму, приклад якої наведено для кодеру ADCT на рис. 3. Там же показано й один з варіантів апроксимуючої кривої. Як можна бачити, практично всі точки (значення PSNR-HVS-M від КК для різних зображень) лежать компактно та досить близько від апроксимуючої кривої, тож прогнозування на її основі (визначення КК для бажаного PSNR-HVS-M) є досить точним.

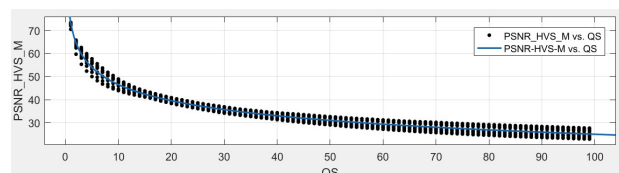


Рис. 3. Скатерограма PSNR-HVS-M від КК для кодеру ADCT та вписана апроксимуюча крива

IV. Висновки

Проведено аналіз залежностей показників стиснення зображень з втратами для сучасних кодерів на основі ДКП. Показано, що ці показники суттєво залежать від складності зображень. Запропоновано шляхи прогнозування показників візуальної якості зображень та їх забезпечення. Доведено, що досить висока точність прогнозування та забезпечення якості досягається без ітеративної компресії-декомпресії зображень, що дозволяє визначити крок квантування або масштабувальний коефіцієнт, який треба використовувати. Швидкодія процедури зумовлена й тим, що для деяких метрик (наприклад, PSNR-HVS-M) немає навіть необхідності знати або оцінювати статистику ДКП-коефіцієнтів. Втім, використання такої статистики може підвищити точність прогнозування.

V. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] I. W. Pratt, Digital image processing. Fourth Edition. N.Y, USA.: Wiley-Interscience, 2007, 812 p.
- [2] A. Zemliachenko, N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, "Still Image/Video Frame Lossy Compression Providing a Desired Visual Quality", Multidimensional Systems and Signal Processing, 2015, 22 p.
- [3] N. Ponomarenko, F. Silvestri, K. Egiazarian, M. Carli, J. Astola, and V. Lukin, "On between-coefficient contrast masking of DCT basis functions," in Proc. 3rd Int. Workshop Video Process. Qual. Metrics Consum. Electron, Scottsdale, USA, Jan. 2007, 4 p.
- [4] A. Zemliachenko, R. Kozhemiakin, S. Abramov, V. Lukin, B. Vozel, K. Chehdi, K. Egiazarian, Prediction of compression ratio for DCT-based coders with application to remote sensing images, Journal on Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote sensing, Vol. 11, No 1, January 2018, pp. 257-270.
- [5] A. Zemliachenko, V. Lukin, S. Krivenko, B. Vozel, K. Chehdi, "Lossy compression of remote sensing images with controllable distortions" Book chapter in "Satellite Information Classification and Interpretation", Intech, 2018, pp. 1-17.