

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ БІТРЕЙТУ ДЛЯ СХЕМ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Федоров О.В., Гавриш Д.С.

e-mail: {oleksii.fedorov, daniil.havrysh}@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІМІ
м. Харків, Україна

The paper deals with a comparative analysis of the two most commonly used bit rate estimators, namely the average entropy of the quantized DCT coefficients and the percentage of the DCT coefficients quantized to zero. To obtain the experimental dependencies, test images in the PGM format of size 512×512 pixels were used. The images were conditionally divided into two categories: texture-like and monotonous. For both types of images, a fairly high degree of accuracy was achieved by the considered linear predictive models.

При стисненні зображень розрізняють стиснення без втрат та стиснення із втратами. При стисненні без втрат методи економного кодування застосовуються по відношенню до палітри зображення, в той час як стиснення із втратами передбачає спочатку обчислення коефіцієнтів деякого ортогонального перетворення з подальшим квантуванням зазначених коефіцієнтів та їх економним кодуванням. Основна вимога до такого роду ортогональних перетворень – це наявність властивості перерозподілу енергії при якому підкреслюються низькочастотні коефіцієнти і послаблюються високочастотні. Прикладами подібних перетворень є дискретні косинусне (ДКП) та вейвлет перетворення. Найбільшого практичного поширення набуло ДКП, зокрема воно використовується в таких форматах стиснення зображень та відеопослідовностей як JPEG/MPEG, WebP/VP8 та BPG/HEVC.

Дамо коротку характеристику алгоритму JPEG. Вхідне зображення після перетворення колірного простору, розбивається на блоки 8х8 пікселів, по відношенню до яких обчислюється ДКП за формулою

$$G_{ij} = \frac{1}{4} C_i C_j \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 p_{xy} \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right); \quad 0 \leq i, j \leq 7,$$

де $C_f = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & f = 0, \\ 1, & f > 0; \end{cases}$ p_{xy} - значення яскравості пікселя з координатами x та y . Потім виконується квантування ДКП коефіцієнтів:

$$G_{ij}^{(Q)} = Q_{ij} \cdot \text{round}(G_{ij} / Q_{ij}),$$

де $round()$ - операція округлення до найближчого цілого числа, а Q_{ij} - елементи таблиці квантування. Стандарт JPEG не визначає таблиць квантування, це дозволяє використовувати таблиці адаптовані під конкретне зображення та бажаний бітрейт. Зазвичай, на практиці таблиці квантування, що відповідають різним показникам якості $QF = \overline{1, 100}$, перераховуються з базової таблиці квантування $Q_{ij}^{(B)}$ за формулою

$$Q_{ij} = \left\lfloor \frac{SF \cdot Q_{ij}^{(B)} + 50}{100} \right\rfloor, \quad SF = \begin{cases} 5000/QF, & \text{если } 1 \leq QF < 50, \\ 200 - 2 \cdot QF, & \text{если } 50 \leq QF \leq 99, \\ 1, & \text{если } QF = 100, \end{cases}$$

де $\lfloor x \rfloor$ - операція округлення "донизу". Отримані на етапі квантування ДКП коефіцієнти кодуються за Хаффманом.

Рівень спотворень і результуючий бітрейт, безпосередньо залежить від конкретної таблиці квантування. Таким чином, для отримання необхідного бітрейту або заданих спотворень ми маємо синтезувати належну таблицю квантування. При цьому важливо розуміти, що той самий бітрейт може бути отриманий на різних таблицях квантування, хоча рівень спотворень при цьому може виявитись різним. Дійсно, фактичний бітрейт буде тим меншим, чим більше нульових значень ДКП коефіцієнтів буде отримано в результаті квантування. Однак, обнулення ДКП коефіцієнтів може відбуватися як за рахунок високо і середньочастотних коефіцієнтів, так і за рахунок низькочастотних коефіцієнтів. Очевидно, що в першому випадку спотворення будуть істотно меншими за ті, які виникають в другому випадку. Враховуючи викладене, велике значення набувають алгоритми прогнозування бітрейту.

Ця робота присвячена порівняльному аналізу двох найбільш поширених способів оцінювання (прогнозування) бітової швидкості, а саме середньої ентропії квантованих ДКП коефіцієнтів [1], а також відсоток квантованих до нуля ДКП коефіцієнтів [2]. Математично зазначені алгоритми оцінювання описуються таким чином

$$R = b \cdot H; \quad R = \theta \cdot (1 - \rho), \quad (1)$$

де $H = \sum_{i,j=0}^7 H_{ij}(Q_{ij})$; $H_{ij}(Q_{ij}) = \text{Entropy}(G_{ij}^Q)/64$; $\rho = N_0 / N / M$, N_0 - число квантованих до нуля ДКП коефіцієнтів, N та M - ширина і висота тестового зображення в пікселях, $\text{Entropy}(\cdot)$ - операція обчислення вибіркової ентропії R - прогнозне значення бітової швидкості, b і θ - коефіцієнти пропорційності.

Для отримання експериментальних залежностей використовувалися тестові зображення формату *pgm* розміру 512x512 пікселів. Зображення умовно було поділено на дві категорії: монотонні та текстурні. На рис. 1 показаний приклад таких зображень разом з отриманими для них залежностями, що описуються співвідношеннями (1). Зображення “pepper” віднесено до монотонних, оскільки містить великі ділянки, заповнені одним тоном, тоді як зображення “baboon” потрапило до категорії текстурних, оскільки містить велику кількість дрібних деталей.

Для обох типів зображень лінійні прогностичні моделі (1) показали досить високу точність. Коефіцієнти b і θ оцінювались методом Тейла і Сена. Зауважимо, що використання показника $1-\rho$ обов'язково вимагає додаткової оцінки параметра θ , що ускладнює застосування на практиці цього алгоритму оцінювання бітової швидкості.

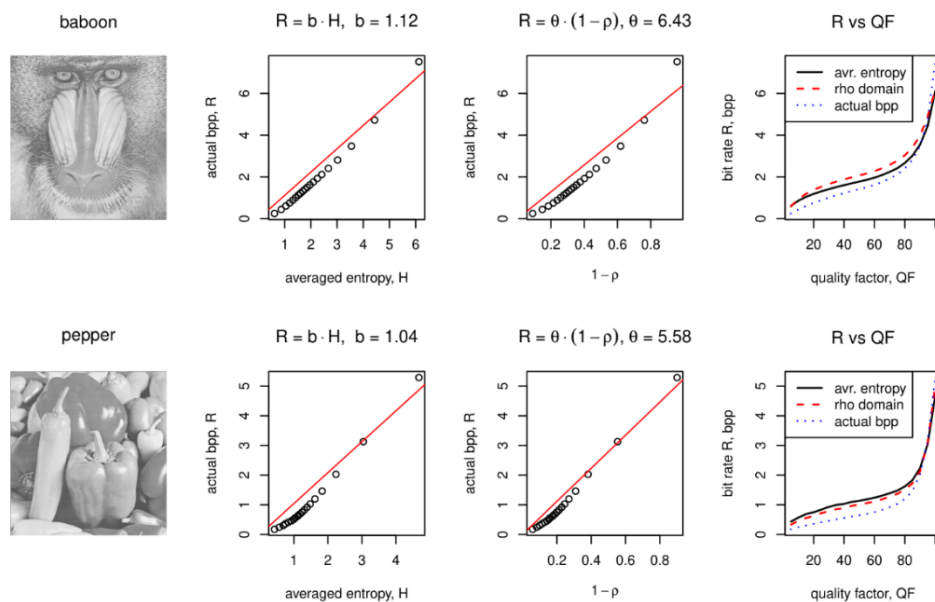


Рисунок 1 – Лінійні прогностичні моделі (1) для оцінювання бітрейту

Насамкінець зазначимо, що автори роботи [2] дійшли до помилкового висновку про те, що середня вибіркова ентропія не може бути використана в ефективних алгоритмах управління керуванням швидкістю при стисненні зображень.

Список використаних джерел:

1. Ratnakar V, Livny M. An efficient algorithm for optimizing DCT quantization. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2000 Feb 29;9(2):267-70.
2. He Z., Mitra S.K. A linear source model and a unified rate control algorithm for DCT video coding. *IEEE transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2002 Nov 30;12(11):970-82.