

МЕТОД СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО АЛГОРИТМУ JPEG

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано модифікована версія JPEG, яка використовує стандартний алгоритм JPEG з постійною таблицею Хаффмана. Незважаючи на те, що її реалізація залишається такою ж складною, вона забезпечує вираш у розмірі файлу до 20%, в порівнянні з оригінальним алгоритмом стиснення.

Ключові слова: зображення, стиснення, коефіцієнт стиснення, кодер, алгоритм JPEG.

Abstract

A modified version of JPEG is proposed that uses the standard JPEG algorithm with a constant Huffman table. Although its implementation remains the same, it provides a gain in file size of up to 20% compared to the original compression algorithm.

Keywords: image, compression, compression ratio, encoder, JPEG algorithm.

Вступ

На сьогоднішній день, одним із важливих факторів, що впливають на частоту відвідування веб-сайтів, є швидкість їх завантаження. Особливу увагу слід приділяти оптимізації роботи зображень, які становлять значну частину вмісту. Зображення повинні залишатися високої якості, проте їх розмір файлу має бути мінімізований. Стиснення зображень стає важливим елементом для підвищення ефективності використання комунікаційних та інформаційно-обчислювальних ресурсів в різноманітних системах.

Проблема стиснення зображень залишається актуальною, особливо в контексті стандарту JPEG, який був прийнятий більше 20 років тому [1]. Незважаючи на його широке використання, постійні спроби поліпшення алгоритму продовжуються [2-3]. Різні модифікації кодека JPEG вже відомі, спрямовані на зменшення трудомісткості, при цьому зберігаючи якість і рівень стиснення [4-5]. На жаль, до цього часу значних покращень в плані підвищення стиснення при однаковій якості залишаються невеликими.

Метою цієї роботи є розроблення модифікації методу JPEG, спрямованої на поліпшення характеристик базового алгоритму. Ця модифікація ґрунтується на зміні схеми ентропійного кодування низькочастотних коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення (ДКП).

Результати дослідження

Стиснення в базовому алгоритмі JPEG виконується згідно зі схемою (рис. 1.).

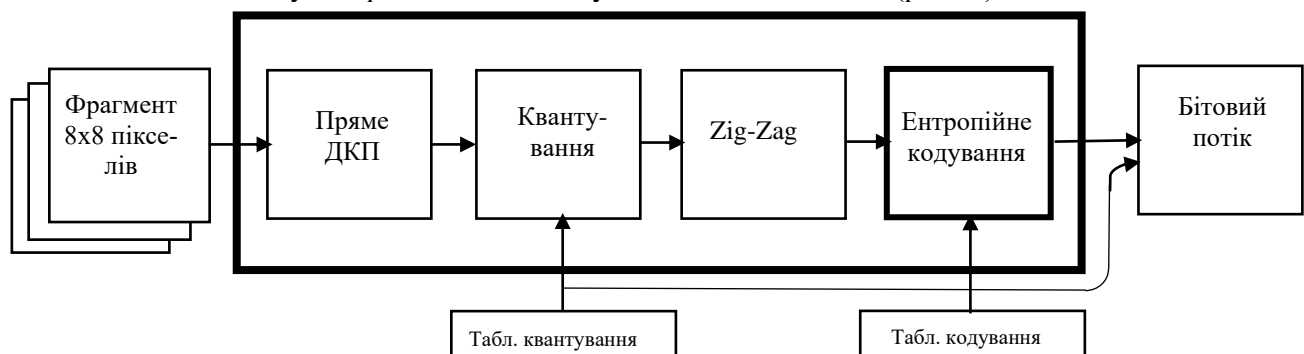


Рис.1 – Схема стиснення зображення по стандарту JPEG

Якщо користувач вимагає високої якості від стисненого зображення, то процес квантування буде слабким, і більшість елементів вектору $V_{m,n}$ у всіх блоках $b_{m,n}$ залишаться ненульовими. Майже завжди кілька перших елементів вектору будуть ненульовими. З цього випливає, що стандартна схема кодування буде надлишковою у цьому випадку.

Пропонується змінити схему кодування наступним чином: кілька перших елементів $\tilde{y}_k \neq 0, 1 \leq k < t \leq 63$ кодуються так само, як і $\Delta\tilde{y}_0$. Таким чином у вихідний потік записуються:

$$b_m \text{ entropy coding} \rightarrow (L_0^{H_1} R_0)(L_1^{H_1} R_1) \dots (L_t^{H_1} R_t)(P_{k_1}^{H_2} R_{k_1}) \dots (P_{k_d}^{H_2} R_{k_d}) \quad (1)$$

де $0 < t < k_1$ – індекси перших ненульових елементів вектору $V_{m,n}$.

Перші ненульові елементи утворюють початковий трикутник вихідної матриці. Ця зміна дозволяє заощаджувати кілька бітів на блок. У випадку сильного квантування, коли якість отриманого зображення низька, можуть виникати блоки, де вектор $V_{m,n}$, складається тільки з нульових елементів. У такому випадку у вихідний потік записується код Хаффмана для спеціальної пари (0,0), що вказує на кінець блоку. Стандартна таблиця Хаффмана кодує цю пару чотирма бітами [1010].

Цей підхід дозволяє ефективно кодувати блоки, де значущість вектору $V_{m,n}$ значно зменшується через сильне квантування. Використання спеціального коду Хаффмана для пари (0,0) вказує на те, що блок складається переважно з нулів, і це сприяє ефективній схемі стиснення, зменшуючи кількість бітів, що передаються, для таких блоків.

Якщо $\forall k, 1 \leq h \leq 63: \tilde{y}_h = 0$, тоді в вихідний потік записують коди

$$b_{m,n} \text{ entropy coding} \rightarrow (L_0^{H_1} R_0)[1010], \quad (2)$$

а в іншому випадку, коли зустрічається кілька ненульових \tilde{y}_k записуються

$$b_{m,n} \text{ entropy coding} \rightarrow (L_0^{H_1} R_0)(P_{k_1}^{H_2} R_{k_1}) \dots (P_{k_d}^{H_2} R_{k_d})[1010], \quad (3)$$

де k_1, \dots, k_d – індекси ненульових \tilde{y}_k .

Пропонується використовувати лише 1 біт замість 4 для позначення кінця блоку. Якщо $\tilde{y}_k = 0, 1 \leq k \leq 63$, то записується «0»:

$$b_{m,n} \text{ entropy coding} \rightarrow (L_0^{H_1} R_0)[0] \quad (4)$$

в іншому випадку – «1», а елементи, що залишилися, кодуються за стандартною схемою

$$b_{m,n} \text{ entropy coding} \rightarrow (L_0^{H_1} R_0)[1](P_{k_1}^{H_2} R_{k_1}) \dots (P_{k_d}^{H_2} R_{k_d})[1010], \quad (5)$$

Схема кодування (4)-(5) виявляється ефективною, дозволяючи зекономити до 3 біт на блок порівняно з (2)-(3). Обидві пропозиції доповнюють одна одну та є ефективною модифікацією базового кодека JPEG. У виконанні розрахунків використано загальнодоступну реалізацію алгоритму JPEG [6], написану мовою програмування C++. Важливо відзначити, що модифікація JPEG обмежується лише етапом ентропійного кодування кодека baseline JPEG, і не впливає на якість стисненого зображення. Відповідно, зображення, отримані кодексами baseline JPEG і JPEG-модифікований, ідентичні за якістю, проте відрізняються ступенем стиснення.

Порівняння було проведено на 24 різних чорно-білих зображеннях з бази KODAK [7]. Кожне зображення з бази було представлено у чотирьох розмірах: 0.4, 0.6, 1.6 та 6.3 мегапікселя. Для оцінки якості стиснених зображень використовувався критерій VIF [8].

Використання різних розмірів зображень і різноманітних варіантів бази KODAK дозволяє більш повно оцінити ефективність та універсальність модифікацій. Критерій VIF використовується для надання кількісної оцінки якості, що дозволяє об'єктивно порівнювати результати різних модифікацій та підходів до стиснення зображень.

Отримані результати наведені на рис. 1.



Рис. 1 – Зображення №21 з бази KODAK після компресії для різних рівнів якості VIF (рядково зліва направо: 0.11, 0.21, 0.31, 0.46, 0.68 та 0.99)

Результат стиснення зображення з рис. 1 представлений у табл. 1. Для кожного рівня якості наведено бітові витрати на піксель при використанні кодека JPEG та JPEG-MOD. В останньому рядку таблиці наведено процентний приріст у стисканні запропонованої модифікації проти стандартного кодека. Виграш змінюється від ~0,4% до 20,4% в залежності від рівня якості стисненого зображення.

Таблиця 1.1 – Бітові затрати на піксель зображень з рисунку 1.

	Якість VIF	0.11	0.21	0.31	0.46	0.68	0.99
Кодек							
Baseline JPEG		0.159	0.218	0.349	0.541	0.939	3.46
JPEG-модифікований		0.132	0.197	0.332	0.529	0.935	3.30

Висновки

Аналіз рис.1 та табл.1 дозволяє зробити такі висновки:

- У випадку використання запропонованих модифікацій виявляється виграш у стиску у всьому діапазоні якості. За хорошої якості він складає ~0,5%, при високому до ~4,5%, а при середньому і поганому зростає до ~20%, в залежності від розміру зображення.
- При роботі з зображеннями розміром від 0.2 до 6.3 Мп виграш у стиску варіюється відповідно: від 2.0 до 4.0% у діапазоні середньої якості та від 5.0 до 20.0% у діапазоні поганої якості.

Ці результати свідчать про те, що запропоновані модифікації не лише забезпечують виграш у стиску, але також демонструють свою ефективність в різних діапазонах якості та розмірів зображень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Wallace G.K. JPEG algorithm for image compression standard //Communications of the ACM. - 1991. - Vol. 34. - №4. - P. 30-44.
- 2) Умняшкін С. В. Використання контекстного арифметичного кодування для підвищення стиснення даних за схемою JPEG // Вісті вузів. Електроніка - 2001. - № 3. - С. 96-99.

- 3) Голованов Р.В., Каліткін Н.М. Статистична недостовірність поширених критеріїв оцінки якості спотвореного зображення : Цифрова обробка сигналів. 2013. №3. с. 74-79.
- 4) Умняшкін С.В., Куріна В.В. Алгоритм стиснення зображень на основі дискретного псевдокосинусного перетворення // Цифрова обробка сигналів. - 2009. - №3. - С. 2-7.
- 5) Гармаш В.В. Метод стиснення цифрових зображень на основі усічення простору вейвлет-коефіцієнтів / В. В. Гармаш, Н. М. Ольшанська: XLVIII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2019). – URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/view/6617/5488> (дата звернення 11.03.2024)
- 6) JPEG C++ source code. URL: <http://www.infai.org/jpeg/> (дата звернення 11.03.2024)
- 7) Kodak Lossless True Color Image Suite. URL: <http://r0k.us/graphics/kodak/> (дата звернення 11.03.2024)
- 8) Sheikh H. R., Bovik A. C. Image Information and Visual Quality // IEEE Transactions on Image Processing. - 2016. - Vol. 15. - pp. 430-444.

Гринь Аліна Олександрівна — студентка групи АКІТ-22мз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: alinkachamlai@gmail.com

Гармаш Володимир Володимирович - канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Гармаш Володимир Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет.

Hryn Alina Oleksandrivna - Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : alinkachamlai@gmail.com

Garmash Volodymyr Volodymyrovych - Ph.D. (Eng), Assistant Professor of Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Garmash Volodymyr V.** – PhD, Associate Professor of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University