

УДК 004.6

АЛГОРИТМИ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Р. А. Зубко

Старший викладач
Кафедра інформаційних
технологій та програмування
Відкритий міжнародний
університет розвитку людини
«Україна»
вул. Львівська, 23, м. Київ,
Україна, 03115
Контактний тел.: (044) 424-62-74
E-mail: RZubko@ukr.net

У даній статті досліджуються алгоритми стиснення зображень з втратами. Основні зусилля були спрямовані на вивчення, аналіз і подальший розвиток методів, що використовуються для стиснення зображень та дозволяють зменшити кількість надлишкових даних. Таким чином, задача зберігання і передачі графічної інформації в найбільш компактному вигляді досить актуальна

Ключові слова: стиснення зображень, JPEG, JPEG 2000, рекурсивний (хвильовий) алгоритм, фрактальний алгоритм

В данной статье исследуются алгоритмы сжатия изображений с потерями. Основные усилия были направлены на изучение, анализ и дальнейшее развитие методов, которые используются для сжатия изображений и позволяют уменьшить количество избыточных данных. Таким образом, задача хранения и передачи графической информации в наиболее компактном виде достаточно актуальна

Ключевые слова: сжатие изображений, JPEG, JPEG 2000, рекурсивный (волновой) алгоритм, фрактальный алгоритм

1. Вступ

Першими для архівації зображень стали застосовуватися звичні алгоритми, що використовуються в системах резервного копіювання, при створенні дистрибутивів. Ці алгоритми архівували інформацію без змін. Проте основною тенденцією, останнім часом, стало використання нових класів зображень. Старі алгоритми перестали задовольняти вимогам, що пред'являються до архівації. Багато зображень практично не стискалися, хоча і мали явну надмірність. Це привело до створення нового типу алгоритмів - стискаючих з втратою інформації. Як правило, коефіцієнт архівації і, отже, величину втрат якості в них можна задавати. При цьому досягається компроміс між розміром і якістю зображень.

Одна з серйозних проблем машинної графіки полягає в тому, що досі не знайдений адекватний критерій оцінки втрат якості зображення. А втрачається вона постійно - при оцифруванні, при переведенні в обмежену палітру кольорів, при переведенні в іншу систему представлення кольорів для друку, і, що для нас особливо важливе, при архівації з втратами.

Краще всього втрати якості зображень оцінювати візуально, за допомогою зору. Відмінною вважається архівація, при якій неможливо розрізнити первинне і відновлене зображення. Доброю - коли сказати, яке із зображень піддавалося архівації, можна тільки порівнюючи дві картинки, що знаходяться поруч. При подальшому збільшенні степені стискання, як правило, стають помітні побічні ефекти, характерні для цього алгоритму.

На практиці, навіть при відмінному збереженні якості, в зображення можуть бути внесені регулярні специфічні зміни. Тому алгоритми архівації з втратами не рекомендується використовувати при стисненні зображень, які надалі передбачається друкувати з високою якістю, або обробляти програмами розпіз-

нання образів. Неприємні ефекти з такими зображеннями, можуть виникнути навіть при простому масштабуванні [1].

2. Мета та постановка задачі

Метою роботи є аналіз та дослідження перспективних алгоритмів кодування зображень з втратами, а також можливості покращення стиснення добре відомих методів та їх подальша практична реалізація.

3. Основні матеріали дослідження

Алгоритм JPEG. Досягти великих коефіцієнтів стиснення, використовуючи один метод (крім фрактального), практично неможливо. Тому ефективне кодування зображень виконується із застосуванням декількох методів за декілька етапів. Ця концепція і покладена в основу стандартів, розроблених міжнародною організацією по стандартизації (International Organization for Standardization - ISO). Стандарт JPEG (Joint Photographic Expert Group) призначений для стиснення нерухомих зображень [2].

JPEG - досить потужний алгоритм. Практично він є стандартом де-факто для повноколірних зображень. Оперує алгоритм областями 8x8, на яких яскравість і колір змінюються порівняно плавно. Внаслідок цього, при розкладанні матриці такої області в подвійний ряд по косинусах, значущими виявляються тільки перші коефіцієнти. Таким чином, стиснення в JPEG здійснюється за рахунок плавності зміни кольорів в зображенні [1].

В цілому алгоритм базується на дискретному косинусоїдальному перетворенні - ДКП (Discrete-Cosine Transform - DCT), що застосовується до матриці зображення для отримання деякої нової матриці коефіцієн-

тів. Для отримання початкового зображення застосовується зворотне перетворення.

ДКП розкладає зображення по амплітудах деяких частот. Таким чином, при перетворенні ми отримуємо матрицю, в якій багато коефіцієнтів які близькі, або дорівнюють нулю. Крім того, людська система колірного сприйняття слабо розпізнає певні частоти. Тому можна апроксимувати деякі коефіцієнти грубіше без помітної втрати якості зображення.

Для цього використовується квантування коефіцієнтів (Quantization). У найпростішому випадку - це арифметичний побітовий зсув управо. При цьому перетворенні втрачається частина інформації, але можуть досягатися великі коефіцієнти стиснення [1].

Процес кодування за схемою JPEG ділиться на такі етапи (рис. 1):

1. Перетворення зображення в оптимальний колірний простір (тільки у випадку кодування кольорових зображень).
2. Субдискретизація компонент різницевих колірних сигналів шляхом усереднення груп пікселів (тільки у випадку кодування кольорових зображень).
3. Виконання ДКП для зменшення надлишковості даних зображення.
4. Квантування кожного блоку коефіцієнтів ДКП із застосуванням вагових функцій, оптимізованих з урахуванням сприйняття людиною.
5. Кодування результувальних коефіцієнтів із застосуванням статистичного кодування Хаффмана.



Рис. 1. Послідовність операцій при стисненні зображень за методом JPEG

При виконанні першого етапу виконується перетворення кольорового зображення з системи представлення RGB в іншу систему, наприклад YUV, де Y – сигнал яскравості, U і V – різницеві колірні сигнали.

Перетворення виконується від піксела до піксела за такими формулами:

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.3 \cdot R + 0.59 \cdot G + 0.11 \cdot B; \\
 U &= -0.15 \cdot R - 0.29 \cdot G + 0.44 \cdot B; \\
 V &= 0.62 \cdot R - 0.52 \cdot G - 0.1 \cdot B.
 \end{aligned}$$

де R, G, B – колірні сигнали зображення (червоний, зелений і синій відповідно).

Представлення кольорового зображення в системі YUV дає можливість використати особливості зорового сприйняття зображень людиною – низьку чутливість до точності представлення кольорів. Це виконується за рахунок субдискретизації компонент різницевих колірних сигналів U і V шляхом усереднення груп

пікселів (тільки у випадку кодування кольорових зображень). Наприклад, усереднення значень відліків в межах примикальних квадратів з розмірами сторін 2x2, зменшує розмір компонент U і V в чотири рази без помітного зменшення якості зображення. Враховуючи те, що на кожний піксель витрачається три байти (YUV), вираш значний.

Найбільш важким для реалізації є виконання ДКП. Однак, завдяки наявності швидких алгоритмів (ті ж самі, що для обчислення дискретного перетворення Фур'є - ДПФ), число арифметичних операцій може бути зменшено в десятки разів.

Процес кодування із застосуванням ДКП пояснює рис. 2.



Рис. 2. Кодування з застосуванням ДКП

Зображення розбивається на примикальні, один до одного, блоки розміром 8x8 (при кодуванні кольорових зображень кожна компонента обробляється незалежно) [2].

В межах кожного блоку виконується двовимірне ДКП у відповідності з виразом:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right),$$

де

$$C(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & x = 0 \\ 1 & x > 0, \end{cases}$$

u, v = 0, 1, 2 ... 7.

При декодуванні обчислюється зворотне ДКП:

$$f(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u, v) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right),$$

i, j = 0, 1, 2 ... 7.

Квантування виконується за рахунок ділення кожного коефіцієнта ДКП на свій "коефіцієнт квантування" з округленням результату до цілого. Терми більшого порядку квантуються з більшим "коефіцієнтом квантування".

Крім того, для даних яскравості і кольору застосовуються різні таблиці квантування, оскільки зір людини має різну чутливість до яскравості і кольору зображення.

На етапі статистичного кодування, крім алгоритму Хаффмана, специфікація JPEG допускає застосування інших методів з метою зменшення об'єму інформації.

Алгоритм JPEG 2000. Розроблений тією ж групою експертів в області фотографії, що і JPEG. Формування JPEG як міжнародного стандарту було закінчено в 1992 році. У 1997 стало ясно, що потрібний новий, гнучкіший і потужніший стандарт, який і був допрацьований до зими 2000 року.

Основні відмінності алгоритму в JPEG 2000 від алгоритму JPEG полягають в наступному [1]:

1. Краща якість зображення при значній величині стиснення.

2. Підтримка кодування окремих областей з кращою якістю. Відомо, що окремі області зображення критичні для сприйняття людиною (наприклад, очі на фотографії), тоді як якістю інших можна знехтувати (наприклад, задній план). При оптимізації власноруч, збільшення міри стиснення проводиться до тих пір, поки не буде втрачено якість в якійсь важливій частині зображення. Зараз з'являється можливість задати якість в критичних областях, стиснувши інші області сильніше, тобто ми отримуємо ще більшу остаточну міру стиснення при суб'єктивно рівній якості зображення.

3. Основний алгоритм стиснення замінений на Wavelet. Окрім вказаного підвищення міри стиснення це дозволило позбавитися від 8-піксельної блоковості, що виникає при підвищенні міри стиснення. Крім того, плавний прояв зображення тепер закладений в стандарт.

4. Для підвищення міри стиснення в алгоритмі використовується арифметичне стиснення. Спочатку в стандарті JPEG також було закладено арифметичне стиснення, проте пізніше воно було замінене менш ефективним стисненням по Хаффману, оскільки арифметичне стиснення було захищене патентами. Зараз термін дії основного патенту збіг і з'явилася можливість поліпшити алгоритм.

5. Підтримка стиснення без втрат. Окрім звичного стиснення з втратами новий JPEG тепер підтримує і стиснення без втрат. Таким чином, стає можливим використання JPEG для стиснення медичних зображень, в поліграфії, при збереженні тексту під розпізнавання OCR системами і так далі.

6. Підтримка стиснення однобітових (2-кольорових) зображень. Для збереження однобітових зображень (малюнки тушшю, відсканований текст і тому подібне) раніше усюди рекомендувався формат GIF, оскільки стиснення з використанням ДКП дуже неефективне до зображень з різкими переходами кольорів. У JPEG при стисненні 1-бітова картинка приводилася до 8-бітової, тобто збільшувалася в 8 разів. Після чого робилася спроба стиснення, нерідко менш ніж в 8 разів. Зараз можна рекомендувати JPEG 2000 як універсальний алгоритм.

7. На рівні формату підтримується прозорість. Плавно накладати фон при створенні WWW-сторінок тепер можна не лише в GIF, але і в JPEG 2000. Крім того, підтримується не лише 1 біт прозорості (піксель прозорий/непрозорий), а окремий канал, що дозволило задавати плавний перехід від непрозорого зображення до прозорого фону.

Крім того, на рівні формату підтримуються включення в зображення інформації про копірайт, підтримка стійкості до бітових помилок при передачі і ширококомовленні, можна залучати для декомпресії або обробки зовнішні засоби (plug-ins), можна включати в зображення його опис, інформацію для пошуку і так далі.

Базова схема JPEG 2000 дуже схожа на базову схему JPEG. Відмінності полягають в наступному [1]:

1. Замість дискретного косинусного перетворення (ДКП) використовується дискретне вейвлет-перетворення (ДВП).

2. Замість кодування по Хаффману використовується арифметичне стиснення.

3. У алгоритм, з самого початку, закладено управління якістю областей зображення.

4. Не використовується явно дискретизація компонент U і V після перетворення кольірних просторів, оскільки при ДВП можна досягти того ж результату, але дещо краще.

Рекурсивний (хвильовий) алгоритм стиснення зображень. Англійська назва рекурсивного стиснення – Wavelet. Цей алгоритм орієнтований на стиснення кольорових і чорно-білих зображень з плавними переходами, ідеальний для картинок типу рентгеновських фотографій. Коефіцієнт стиснення варіюється в межах 5-100. При великих коефіцієнтах стиснення на різних границях, особливо діагональних, можливі спотворення [1].

Основна ідея алгоритму полягає в тому, що збираються різниці між середніми значеннями сусідніх блоків зображення, які звичайно приймають значення близькі до нуля.

Рекурсивне стиснення базується на пірамідальному S-перетворенні, яке може використовуватись для стиснення фотореалістичних зображень як майже без втрат, так і з втратами.

Стиснення виконується за два кроки: перший – S-перетворення початкового зображення; другий – перетворені дані кодується одним з статистичних методів. Обидві операції зворотні, що дозволяє відновити початкове зображення. Однак для отримання великих коефіцієнтів стиснення необхідно зниження точності представлення компонент зображення, отриманих в результаті виконання S-перетворення, але так щоб спотворення не були візуально помітні.

Структура кодування приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема хвильового кодування

Вхідні дані обробляються фільтрами S-перетворення, які формують компоненти зображення. Адаптивний квантувач призначений для квантування значень відліків компонент з урахуванням осо-

бливостей зорового сприйняття. Процес виконання квантування пов'язаний з втратами інформації, однак ці втрати повинні бути непомітними. Тобто візуально якість відновленого зображення не повинна відрізнятися від початкового.

Власне стиснення може бути виконано на основі одного з методів статистичного кодування (наприклад, кодування Хаффмана, LZW-кодування, арифметичного кодування) [2].

До переваг цього алгоритму можна віднести те, що він дуже легко дозволяє реалізувати можливість поступового “проявлення” зображення при передачі його по мережі. Крім того, оскільки на початку зображення ми фактично зберігаємо його зменшену копію, що спрощує його показ по заголовку.

На відміну від JPEG і фрактального алгоритмів цей метод не оперує блоками, наприклад 8x8 пікселів. Точніше ми оперуємо блоками 2x2, 4x4, 8x8 і так далі. Проте за рахунок того, що коефіцієнти для цих блоків ми зберігаємо незалежно, є можливість досить легко уникнути дроблення зображення на “мозаїчні” квадрати [1].

Фрактальний алгоритм стиснення зображень. Фрактальна архівація заснована на тому, що за допомогою коефіцієнтів системи ітерованих функцій СІФ (Iterated Function System - IFS) зображення представляється в компактнішій формі. Перш ніж розглядати процес архівації, розберемо, як СІФ буде зображення [3].

СІФ - це набір тривимірних афінних перетворень, що переводять одне зображення в інше. Перетворенню піддаються точки в тривимірному просторі (x координата, y координата, яскравість). Цей процес продемонстрував Майкл Барнслі у своїй книзі “Фрактальне стиснення зображень”. У ній введено поняття Фотокопіювальної Машини, яка складається з екрану, на якому зображена початкова картинка, і системи лінз, що проектує зображення на інший екран. Кожна лінза проектує частину початкового зображення. Розставляючи лінзи і міняючи їх характеристики, можна управляти отримуваним зображенням. На лінзи накладається вимога - вони повинні зменшувати в розмірах проєктовану частину зображення. Крім того, вони можуть міняти яскравість фрагмента і проектує не круги, а області з довільною межею.

Фактично, фрактальна компресія - це пошук самоподібних областей в зображенні і визначення для них параметрів афінних перетворень. У гіршому разі, якщо не застосовуватиметься оптимізуючий

алгоритм, буде потрібно перебір і порівняння усіх можливих фрагментів зображення різного розміру. Навіть для невеликих зображень при урахуванні дискретності ми отримаємо астрономічне число варіантів, що перебираються. Різке звуження класів перетворень, наприклад, за рахунок масштабування тільки на певне число разів, не дозволить добитися прийнятного часу.

Крім того, при цьому втрачається якість зображення. Переважна більшість досліджень в області фрактальної компресії зараз спрямовані на зменшення часу архівації, необхідного для отримання якісного зображення [3].

Для фрактального алгоритму компресії, як і для інших алгоритмів стиснення з втратами, дуже важливі механізми, за допомогою яких можна буде регулювати міру стиснення і втрат. До теперішнього часу розроблений досить великий набір таких методів. По-перше, можна обмежити кількість перетворень, свідомо забезпечивши міру стиснення не нижче фіксованої величини. По-друге, можна поставити вимогу, щоб за ситуації, коли різниця між оброблюваним фрагментом і найкращим його наближенням буде вищою певного граничного значення, цей фрагмент дробився обов'язково (для нього заводиться декілька лінз). По-третє, можна заборонити дробити фрагменти розміром менше, наприклад, чотирьох точок [4]. Змінюючи порогові значення і пріоритет цих умов, можна дуже гнучко управляти коефіцієнтом компресії зображення: від побітової відповідності, до будь-якої міри стиснення.

4. Висновки

Методи кодування зображень з втратами мають значно кращі показники стиснення у порівнянні з іншими існуючими методами. В багатьох ситуаціях невеликі втрати даних допустимі та компенсуються зростанням ступеня стиснення.

Найбільш перспективним для подальшого розвитку, вдосконалення та практичного використання в комп'ютерних технологіях, на наш погляд, є фрактальний алгоритм. Він має декілька унікальних особливостей та переваг: відновлення зображення відбувається набагато швидше, відсутні спотворення на границі різких переходів кольорів, можливість використання даного методу для стиснення зображень, які готують для якісного друку, а також масштабування зображень.

Література

1. Ватолин, Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео [Текст] / Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М, Юкин В. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. -384 с.
2. Майданюк, В.П. Методи і засоби комп'ютерних інформаційних технологій. Кодування зображень [Текст] / В.П. Майданюк // Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 65 с.
3. Ватолин, Д.С. Фрактальное сжатие изображений [Текст] / Д.С. Ватолин // ComputerWorld-Россия. 1996. - № 6 (23). - с.21-28.
4. Артюшенко, В.М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука: Учебное пособие [Текст] / Артюшенко В.М., Шелухин О.И., Афонин М.Ю. // Под ред. В.М. Артюшенко. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2003. – 426 с.

Abstract

The article studies the algorithms for the lossy compression of images. Such possibility of significant lossy compression of images is stipulated by the peculiarities of information perception by the sense organs of a man. Creation of new data carriers and distribution of global computer networks caused rapid increase in the volume of information.

It is caused by the fact that storage of images, presented in digital form, requires large storage capacity, and their transmission through communication channels requires considerable time. Major efforts have been directed to the study, analysis and further development of the methods, used for image compression and permitting to reduce the amount of redundant data.

Thus, the problem of storage and transmission of graphic information in the most compact form is quite topical.

Keywords: image compression, JPEG, JPEG 2000, recursive (wave) algorithm, fractal algorithm

Стаття містить опис стандартів розмірної типології населення у їх відповідності до сучасних етапів виробництва. У статті розглянуті стандарти з конструювання, які визначають розмірні показники та антропометричні вимірювання, стандарти з методів обробки вимірів, та їх характеристики

Ключові слова: розмірна типологія, стандарти з конструювання, легка промисловість

Статья содержит описание стандартов размерной типологии населения в их соответствии современным этапам производства. В статье рассмотрены стандарты по конструированию, определяющие размерные показатели и антропометрические измерения, стандарты, определяющие методы обработки измерений, и их характеристики

Ключевые слова: размерная типология, стандарты по конструированию, легкая промышленность

УДК 62-408.6

ПРОБЛЕМА УДОСКОНАЛЕННЯ СТАНДАРТІВ ТИПОЛОГІЇ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

І.О. Ручка

Аспірант

Кафедра охорони праці та навколишнього середовища*

E-mail: inna.ruchka@gmail.com

М.Л. Рябчиков

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри

Кафедра технології і дизайну*

E-mail: mail@kafedra-design.com.ua

*Українська інженерно-педагогічна академія

вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003

1. Вступ

З розвитком технічного прогресу відбулася докорінна перебудова нашого суспільства. На основі принципово нових економічних, соціальних і політичних факторів висувуються підвищені вимоги до якості життя громадян в цілому, рівню їх споживчої культури зокрема.

Зростанням матеріального добробуту і підвищення культурного рівня населення; зміна його чисельності та складу; розвиток виробництва; психологічні фактори; природно-кліматичні умови життя; а також конституційні (морфологічні, функціональні) особливості будови фігури споживачів, обумовлюють підвищені вимоги до культури зовнішнього вигляду, якісних та розмірних показників сучасного одягу.

2. Постановка проблеми у загальному вигляді

У процесі сучасної практики визначені вище вимоги зіштовхуються з низкою недоліків та протиріч, що має безпосередній вплив на здатність їх задоволення. Це, перш за все, пов'язано з орієнтацією на застарілі стандарти, в яких не враховані особливості сучасної типології населення України. Крім того, проблема удосконалення стандартів є недостатньо дослідженою саме в українській практиці, окремі стандарти розглядаються здебільшого в контексті досліджень інших держав та носять вибіркового характеру.

Через брак бюджетних коштів, дослідженню даного процесу у нашій країні присвячена діяльність окремих науковців, проте такі дослідження не носять глобального характеру і тому неспроможні