



Корпань Я. В.

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ КОМПАКТНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

В роботі проведено аналіз основних методів та алгоритмів стиску графічної інформації в комп'ютерних системах. Розглянуто основні характеристики методів та показники стиску алгоритмів. Виділено переваги та недоліки методів та алгоритмів. Визначено вплив використання комбінацій методів компресії-декомпресії графічних даних на результати виконання основних алгоритмів стиску.

Ключові слова: стиск з втратами, стиск без втрат, графічна інформація, компресія-декомпресія, метод, алгоритм.

1. Вступ

Стрімкий розвиток систем обміну та збереження даних характеризується зростанням кількості та продуктивності мереж передачі даних та систем телекомунікації. На сьогоднішній день значне підвищення ефективності цифрових каналів дає застосування різних методів компактного представлення даних — стиснення інформації. Слід зазначити, що великий обсяг інформації, яка передається по цифрових системах зв'язку, припадає на графічну та мультимедійну інформацію. Тому розробка та вдосконалення алгоритмів та методів компактного представлення графічних та мультимедійних даних є актуальною задачею.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Задача будь-якого алгоритму стиснення інформації текстової [1], графічної та мультимедійної — є одержання деякої послідовності цифрового коду [2, 3], яка потребує мінімального часу на компресію, передачу та декомпресію даних (причому з мінімальними втратами).

Відомо, що статичне растрове зображення представляє собою двомірний масив чисел. Елементи цих масивів — пікселі. Усі зображення можна розподілити на дві групи з палітрою та без неї. У зображенні з палітрою в пікселі зберігається число — індекс в деякому одномірному векторі кольорів (палітрі). Зображення без палітри бувають в будь-якій системі представлення кольору (сама розповсюджена — система RGB) та в градації сірого.

На сьогодні розроблено декілька десятків алгоритмів стиснення графічних та мультимедійних даних, що іноді затрудняє вибір необхідного.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Сучасні потреби вимагають від алгоритмів збереження високої швидкості передачі даних (незначна затримка на виконання стиснення) та завадостійкості. Тому метою даної роботи є класифікація та порівняльний аналіз методів і алгоритмів компактного представлення графічної інформації.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- аналіз основних показників методів компактного представлення графічної інформації;
- аналіз основних показників алгоритмів компактного представлення графічної інформації;
- визначення переваг та недоліків методів та алгоритмів;
- системний аналіз можливостей комбінування основних методів та алгоритмів стиску графічної інформації.

Об'єкт дослідження — процеси обробки цифрової інформації (перетворення кодів) в комп'ютерних системах.

4. Матеріали та методи дослідження характеристик графічної інформації, представленої в компактній формі

Для проведення аналізу різних методів компактного представлення інформації, тобто ступеня стиску, швидкості алгоритму та енергоємності, слід згадати основні класи зображень. Отже основні (неформальні) класи:

- дворівневе (монохроматичне) зображення — усі пікселі мають тільки два значення;
- напівтонове зображення — кожен піксель може мати 2^n значень (від 0 до $2^n - 1$), що означає 2^n градацій сірого або іншого кольору;
- кольорове зображення (типові кольорові моделі — RGB, HLS, CMYK);
- зображення з неперервним тоном, тобто в графічній інформації мається багато схожих кольорів (напівтонів);
- дискретно-тонове зображення — зображення, яке отримується штучно;
- зображення, в яких присутні великі області одного кольору.

Можна виділити основні класи методів компактного представлення інформації:

- методи з високими вимогами до часу компресії та декомпресії;
- методи з високими вимогами до ступеня стиску часу декомпресії (час компресії не відіграє великого значення);
- методи з високими вимогами до ступеня стиску.

Як правило, методи стиску графічної інформації розробляються для конкретних типів образів (але іноді вони чудово підходять і для компресії інших типів). Тому майже неможливо скласти універсальний опис відомих алгоритмів. Це можна зробити тільки для типових методів за умови використання типових алгоритмів на типових платформах.

На рис. 1 представлено класифікацію основних методів стиснення графічної інформації.



Рис. 1. Класифікація основних методів стиску графічної інформації

З представленої класифікації слід відмітити наступні моменти:

- найпростіший спосіб підвибірки — відкидання деяких пікселів зображення;
- квантування — округлення дійсних чисел до цілих або перетворення цілих чисел в менші цілі [4, 5];
- дискретне косинус-перетворення широко застосовується в таких методах перетворення як JPEG та MPEG;

- перетворення Кархунена-Лоеве по якості перетворення приблизно співпадає з DCT. Єдина перевага — швидкодія. Метод KLT рідко використовується;
- перетворення Уолша-Адамара має високу швидкодію, тому що використовуються прості арифметичні операції — додавання та віднімання, але по іншим показникам метод програє DCT;
- перетворення Хаара належить до простих вейвлетних перетворень [6];

— метод стиску JPEG-LS використовує коди Голомба. JPEG-LS — використовується, як метод стиску без втрат інформації.

Представлені на рис. 1 методи використовуються в багатьох сучасних алгоритмах компресії-декомпресії графічної інформації.

Основні алгоритми стиснення зображення без втрат.

1. Алгоритм RLE (Run Length Encoding) відноситься до методів групового кодування [2, 3]. Основний у алгоритму принцип полягає в кодуванні довжин повторів. Цей алгоритм один з старіших та простих в реалізації алгоритмів стиску, який не вимагає додаткової пам'яті при компресії/декомпресії. Алгоритм відноситься до групового кодування, тому ступінь стиску деяких зображень може бути суттєво підвищена за рахунок зміни порядку кольорів в палітрі. Ступінь стиску алгоритму може бути двох варіантів — 32, 2, 0,5 або 64, 3, 0,99 (відповідно краща, середня та найгірша). Даний алгоритм орієнтований на зображення з невеликою кількістю кольорів, тобто ділову та наукову графіку.

2. Алгоритм LZW (Lempel, Ziv, Welch). Стиск інформації в даному алгоритмі здійснюється за рахунок однакових підланцюгів байтів в потоці. Алгоритм майже симетричний, при умові оптимальної реалізації операції пошуку строчок в таблиці.

Ступінь стиску алгоритму — 1000, 4, 0,71 (відповідно краща, середня та найгірша). Стиск в 1000 разів можна досягнути при обробці однокольорових зображень. LZW орієнтовано на 8-бітові зображення, що побудовані на комп'ютері.

3. Алгоритм Хаффмана — класичний алгоритм стиску інформації [7].

Алгоритм використовує тільки частоту появи однакових бітів в зображенні. На практиці використовують різновиди даного алгоритму, наприклад, алгоритм Хаффмана з фіксованою таблицею CCITT Group 3. Цей різновид алгоритму використовується для двокольорових чорно-білих зображень, в яких переважають великі ділянки, заповнені білим кольором. Даний алгоритм дуже простий при апаратній реалізації. Ступінь стиску алгоритму — 213, 2 (відповідно краща та середня)

в найгіршому випадку файл інформації може збільшуватися в 5 разів.

4. Алгоритм JBIG (Joint Bi-level Experts) розроблений для стиску 1-бітових чорно-білих зображень, наприклад, факсів або відсканованих документів [2, 3, 8]. Однак при розбитті зображення на окремі бітові плоскості, можна здійснювати обробку 2- та 4-бітових графічних об'єктів. Алгоритм побудовано на базі Q-кодера і, так як алгоритм Хаффмана, використовує для частих символів короткі ланцюжки, для рідких — довгі [9]. Однак на відміну від нього в алгоритмі JBIG використовуються послідовності символів.

5. Алгоритм Lossless JPEG на відміну від свого попередника JPEG орієнтовано на повнокольорові 24 та 8-бітові зображення [2, 7]. Ступень стиску алгоритму — 20, 2, 1 (відповідно краща, середня та найгірша).

Основні алгоритми стиснення зображення з втрачати.

Одна з суттєвих проблем стиску графічної інформації — відсутність адекватних критеріїв оцінки втрати якості, тому що якість може погіршуватись на будь-якій стадії обробки (при оцифруванні, при переводі в обмежену палітру, при переводі в іншу систему кольоропередачі, при стиску та інше).

На сьогоднішній день часто використовують так звану міру співвідношення сигналу до шуму (PSNR). По суті дана міра аналогічна середньоквадратичному відхиленню. Але користуватися нею незручно, так як використовується логарифмічна шкала.

1. Алгоритм JPEG. Даний алгоритм на сьогоднішній день де-факто є стандартом для повнокольорового зображення [3, 7, 10]. Алгоритм базується на дискретному косинусоїдальному перетворенні, яке застосовується до матриці зображення для отримання нової матриці коефіцієнтів. JPEG — симетричний метод стиску, тому для відновлення зображення до початкового стану застосовується зворотне перетворення.

Кроки стиску методу JPEG:

- Кольорове зображення переводиться з простору RGB в простір YCrCb.
- Кольорове зображення розбивається на крупні пікселі.
- Пікселі кожної кольорової компоненти збираються у блоки 8×8 , які називаються одиницями даних.
- Застосовується дискретне косинус-перетворення до кожної одиниці даних та отримують блоки 8×8 частот одиниць даних.
- Кожна з 64 компонент частот одиниць даних ділиться на спеціальне число — коефіцієнт квантування (QC), яка округляється до цілого.
- Усі 64 квантованих частотних коефіцієнта кожної одиниці даних кодуються з допомогою комбінації RLE і методу Хаффмана. Замість кодування Хаффмана може також застосовуватися варіант арифметичного кодування, відомий як кодер QM.
- На останньому кроці додається заголовок з використаних параметрів JPEG і результати виводяться в стислий файл. Стислий файл може бути представлений у трьох різних форматах: формат обміну, скорочений формат для стислого зображення; скорочений формат для таблиць.

Ступень стиску задається користувачем від 2 до 200. Основний недолік — в окремих випадках алгоритм утворює муар навколо різних горизонтальних та вертикальних меж зображення (ефект Гібса).

2. Фрактальний алгоритм. Даний алгоритм стиску засновано на представленні зображення в компактній формі за допомогою коефіцієнтів системи ітеруваних функцій (IFS, Iterated Function System) [11]. Ступень стиску за даним алгоритмом задається користувачем в мажах від 2 до 2000. Алгоритм може масштабувати зображення при декомпресії, збільшуючи його в 2–4 рази без появи «ефекту сходинок». При збільшенні ступеня компресії з'являється «блочний» ефект на межах блоків зображення.

3. Рекурсивний алгоритм (вейвлет-стиск). Ідея алгоритму полягає у тому, що в файл зображення записується різниця — число між середніми значеннями сусідніх блоків в зображенні, які зазвичай приймають значення наближене до 0.

Ступінь стиску може задаватися в межах 5–100. При високому ступені стиску зображення розпадається на окремі блоки.

4. Алгоритм JPEG 2000. Схема алгоритму JPEG 2000 нагадує базову схему JPEG. Відмінності полягають в наступному:

- замість дискретного косинусного перетворення (DCT) використовується дискретне wavel-перетворення (DWT);
- замість кодування по Хфману використовується арифметичний стиск;
- в алгоритм закладено управління якістю областей зображення.

В результаті, при виконанні алгоритму JPEG 2000, на відміну від алгоритму JPEG, отримуємо:

- покращену якість зображення при сильному ступені стиску;
- підтримується стиск без втрати;
- підтримка стиску 1-бітових (двокольорових) зображень;
- на рівні формату підтримується прозорість.

Ступінь стиску може задаватися в межах 2–200. Алгоритм дозволяє усувати візуально неприємні ефекти, підвищуючи якість окремих областей. Але при сильній компресії з'являється блочність та великі хвилі в вертикальних та горизонтальних напрямках.

5. Результати дослідження алгоритмів представленої графічної інформації в компактній формі

Отже, проводячи аналіз вищезазначених методів та алгоритмів стиску графічної інформації, можна виявити широкий спектр різних вимог та обмежень до зображення для його компактного представлення.

В табл. 1 представлено порівняння алгоритмів стиску графічної інформації в комп'ютерних системах.

Аналіз табл. 1 дозволяє виділити наступні вимоги до універсальних алгоритмів компактного представлення зображення:

- висока ступінь стиску;
- висока якість стиснутого зображення;
- висока швидкість компресії/декомпресії;
- врахування індивідуальної специфіки зображення.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз алгоритмів стиску графічної інформації

Алгоритм	Коефіцієнти стиску	Спеціалізація	Критерії використання	Переваги	Недоліки
RLE	1/32, 1/2, 2	3,4-х бітові зображення формату *.bmp, *.pcx, *.tiff	Постійне чергування однакових кольорів	Простота реалізації, не потребує додаткової пам'яті	Стиск зображення з плавною зміною кольору призводить до збільшення розміру файлу
LZW	1000, 4, 5/7	1–8 бітові	Однакові підланцюжки	Швидкість компресії/декомпресії. Невибагливість до пам'яті. Простота реалізації	Менший коефіцієнт компресії порівняно зі схемою двоступеневого кодування
Хаффмана	1/8, 2/3, 1	8-бітові зображення формату *.tiff	Різна частота появи кольору	Висока швидкість та помірно гарна якість стиску	Залежність ступені стиску від близькості ймовірностей символів до величини 2–м
JBIG	2–30 раз	1-бітові зображення	Зображення чорно-біле	Можна керувати: порядком розбиття зображення на бітові площини; шириною полос в зображенні; рівнем масштабування	Зниження ступені стиску при підвищенні рівня шумів початкового зображення
Lossless JPEG	1/20, 1/2, 1	24-бітові зображення	При необхідності точної відповідності початкового та відновленого зображення	Універсальний	Малий коефіцієнт стиску (при стиску зображення без втрат)
Рекурсивний стиск	2–200 раз	24-бітові, сірі зображення	Плавний перехід кольорів та відсутність різких меж	—	—
JPEG	2–200 раз	24-бітові зображення (природного походження)	Відсутність різких меж	Гарна якість відновленого зображення	Ефект Гібса. Відсутність автоматичного перетворення для множини випадків
Фрактальний	2–2000 раз	24-бітові, сірий	Подібність між елементами зображення	Високий коефіцієнт стиску, висока швидкість зворотного перетворення	Залежність результатів від принципів обробки базових елементів, коефіцієнт стиску залежить від повторюваності базових елементів

6. Обговорення результатів дослідження алгоритмів представленої графічної інформації в компактній формі

На сьогоднішній день існує багато методів та алгоритмів компактного представлення графічної інформації, деякі з них стандартизовані. Досліджені в роботі стандартні методи та алгоритми, а також їх комбінації не дають однозначної відповіді про те, які з них найкращі. Все залежить від конкретних вимог до відновленого після стиску зображення, наявного апаратного та програмного забезпечення.

Наприклад, відомо, що майже вся графічна інформація, яка піддається компресії-декомпресії, призначена для подальшого аналізу людиною. Краще всього втрату якості зображення оцінюють людські очі. Тому гарним алгоритмом компактного представлення графічних даних можна вважати такий, при якому неможливо візуально відрізнити початкове зображення та відновлене після стиску. Доброю — коли сказати, яке з зображень піддавалося стиску, можна тільки порівнюючи два зображення, що знаходяться поруч. При подальшому збільшенню ступеня стиску, як правило, стають помітні побічні ефекти, характерні для даного алгоритму. На практиці, навіть при відмінному збереженні якості, в зображення можуть бути внесені регулярні специфічні зміни. Алгоритми стиску з втратами не рекомендується використовувати при стисненні зображень, які надалі

збираються або друкувати з високою якістю, або обробляти програмами розпізнавання образів.

Досліджений вплив використання комбінацій методів компактного представлення графічної інформації в комп'ютерних системах на результати виконання основних алгоритмів стиску дозволить визначити подальші шляхи підвищення ступеня стиску графічної інформації.

7. Висновки

В роботі визначено вплив використання комбінацій методів компресії-декомпресії графічних даних на результати виконання основних алгоритмів стиску. В результаті дослідження були вирішені поставлені задачі, а саме:

- розглянуто основні показники методів компактного представлення графічної інформації — використання рефлексних кодів Грея, прогресуюче стиснення зображення, інтуїтивні методи, JPEG, JPEG-LS, вейвлетні методи, математичне перетворення зображення;
- розглянуто основні показники алгоритмів компактного представлення графічної інформації — RLE, LZW, алгоритм Хаффмана, JBIG, JPEG, Lossless JPEG, фрактальний алгоритм, рекурсивний алгоритм, JPEG 2000;
- виділено переваги та недоліки методів та алгоритмів;
- приведено системний аналіз можливостей основних методів та алгоритмів стиску графічної інформації.

Література

1. Нечипоренко, О. В. Системный анализ и оценка методов сжатия данных для баз данных лазерных технологических комплексов [Текст] / О. В. Нечипоренко, С. А. Миценко // Вісник Хмельницького національного університету. — 2014. — № 1. — С. 94–100.
2. Ватолин, Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео [Текст] / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. — 384 с.
3. Селомон, Д. Сжатие данных, изображений и звука [Текст] / Д. Селомон. — М.: Техносфера, 2004. — 368 с.
4. Salomon, D. Data Compression: The Complete Reference [Text] / D. Salomon. — Ed. 4. — London: Springer-Verlag, 2007. — 1092 p. doi:10.1007/978-1-84628-603-2
5. Linde, Y. An Algorithm for Vector Quantizer Design [Text] / Y. Linde, A. Buzo, R. Gray // IEEE Transactions on Communications. — 1980. — Vol. 28, № 1. — P. 84–95. doi:10.1109/tcom.1980.1094577
6. Stollnitz, E. J. Wavelets for Computer Graphics: Theory and Applications [Text] / E. J. Stollnitz, T. D. DeRose, D. H. Salesin. — San Francisco: Morgan Kaufmann, 1996. — 245 p.
7. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст]: пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — Москва: Техносфера, 2006. — 1072 с.
8. Anderson, M. VCR quality video at 1,5 Mbit/s [Text] / M. Anderson. — Chicago: National Communication Forum, October 1990. — 128 p.
9. Chen, C.-T. A K-Th Order Adaptive Transform Coding Algorithm For Image Data Compression [Text] / Cheng-Tie Chen, Didier J. Le Gall // Proc. SPIE 1153, Applications of Digital Image Processing XII. — January 30, 1990. — Vol. 7. — Available at: \www/URL: http://dx.doi.org/10.1117/12.962304

10. Le Gall, D. J. The MPEG video compression algorithm [Text] / D. J. Le Gall // Signal Processing: Image Communication. — 1992. — Vol. 4, № 2. — P. 129–140. doi:10.1016/0923-5965(92)90019-c
11. Кривошеев, М. И. Цифровое телевидение [Текст] / под ред. М. И. Кривошеева. — М.: Связь, 1980. — 264 с.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ КОМПАКТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

В работе проведен анализ основных методов и алгоритмов сжатия графической информации в компьютерных системах. Рассмотрены основные характеристики методов и показатели сжатия алгоритмов. Выделены преимущества и недостатки методов и алгоритмов. Установлено влияние использования комбинаций методов компрессии-декомпрессии графических данных на результаты выполнения основных алгоритмов сжатия.

Ключевые слова: сжатие с потерями, сжатие без потерь, графическая информация, компрессия-декомпрессия, метод, алгоритм.

Корпань Ярослав Васильович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра спеціалізованих комп'ютерних технологій, Черкаський державний технологічний університет, Україна, e-mail: populusdocti@gmail.com.

Корпань Ярослав Васильевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра специализированных компьютерных технологий, Черкасский государственный технологический университет, Украина.

Korpan Yaroslav, Cherkassy State Technological University, Ukraine, e-mail: populusdocti@gmail.com

УДК 681.5:338.32.053.4:519.7

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44932

**Гече Ф. Е.,
Мулеца О. Ю.,
Гече С. Ф.,
Вашкеба М. М.**

РОЗРОБКА МЕТОДУ СИНТЕЗУ ПРОГНОЗУЮЧОЇ СХЕМИ НА ОСНОВІ БАЗОВИХ ПРОГНОЗУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ

Пропонується схема прогнозування часових рядів, яка синтезується за допомогою базових прогнозуючих моделей на заданому проміжку часу. Оптимальний крок передісторії визначається за умови мінімізації функціоналу середньоквадратичного відхилення при оптимальних параметрах моделі авторегресії. При синтезі прогнозуючої схеми для кожної базової моделі визначається ваговий коефіцієнт, з яким вона входить у кінцеву прогнозуючу схему.

Ключові слова: тренд, модель прогнозування, часовий ряд, функціонал, крок прогнозу, авторегресія, навчання.

1. Вступ

Розвиток нових інформаційних технологій, зокрема, засобів штучного інтелекту, забезпечує нові можливості для якісного управління складними системами, в тому числі економічними. Якісне прогнозування економічних показників призведе до покращення функціонування відповідних систем, дозволить діяти з випередженням і мінімізувати можливість появи критичного стану в роботі підприємств. Часто необхідні рішення за метою покращення основних показників, які характеризують досліджуваний процес, треба приймати в умовах впливу неконтрольованих факторів, у відсутності достатніх знань

про середовища, в якій знаходиться суб'єкт (об'єкт) та інших невизначеностей.

При прогнозуванні систем економічних показників, за допомогою яких визначається фінансовий стан або ефективність використання виробничих ресурсів підприємства, не можна вказати один «найкращий» метод прогнозу, тому що внутрішні закономірності (тренди) різних систем показників відрізняються і виникає проблема вибору методу прогнозу досліджуваної системи показників.

Отже, розроблення нових прогнозуючих моделей, які в результаті навчання налаштовуються на відповідні системи показників є актуальною і важливою задачею.