

УДК 621.391

Д.Ф. ДЯДЫК, А.Ю. СТРЮК

Военный институт телекоммуникации и информатизации НТУУ «КПИ», Украина

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ ИНФОРМАЦИИ

Предложен комбинированный метод сжатия изображений без потерь информации, позволяющий повысить степень сжатия фотореалистичных изображений по сравнению с существующими методами.

сжатие изображений, степень сжатия, преобразование данных, кодирование

Постановка проблемы

Стремительное развитие цифровой техники приводит к значительному увеличению объёмов накапливаемой информации. Множество систем архивации данных сталкивается с необходимостью постоянного повышения ёмкости запоминающих устройств, что приводит к значительным материальным затратам.

В системах передачи данных возникают перегрузки каналов передачи данных, что требует дополнительного наращивания аппаратных возможностей всей системы.

Одним из возможных путей уменьшения объёмов хранимой и передаваемой информации является использование алгоритмов сжатия информации.

В настоящее время существует большое количество эффективных алгоритмов сжатия, направленных на работу, как правило, с определённым типом данных.

Видео и изображения в общем объёме обрабатываемых данных занимают приблизительно 70%. Это свидетельствует об актуальности разработки и усовершенствования алгоритмов сжатия мультимедиа.

Большое разнообразие видов изображений и способов их представления в цифровой форме обусловило создание большого количества различных методов сжатия, применяемых для определённого

вида изображений. Невозможно создать алгоритм сжатия, который одинаково хорошо сжимает все виды изображений.

Для корректной оценки разрабатываемых и существующих алгоритмов сжатия вводят понятие классов изображений. Под классом изображений понимают совокупность изображений, применение к которым алгоритма сжатия даёт качественно одинаковые результаты. Так, применение алгоритма для сжатия изображений одного класса даёт высокие результаты сжатия, для другого класса – почти не сжимает, а для третьего – увеличивают файл в размере (для случая сжатия без потерь). [1]

Анализ существующих характеристик изображений [2] и способов их цифрового представления позволил разделить изображения на ряд групп, имеющие общие характеристики:

- черно-белые (1 бит/пиксель);
- монохромные (4-16 бит/пиксель);
- многоканальные (16-48 бит/пиксель);
- индексированные (4, 8 бит/пиксель).

Каждая из групп имеет характерные особенности структуры изображений, в цифровом представлении. Кроме этого, каждое изображение имеет определённую степень насыщенности, что показывает количество мелких деталей в нём.

От степени насыщенности зависит уровень избыточности данного изображения, что в значительной мере влияет на эффективность применения того или

иного метода сжатия. Объективная оценка степени насыщенности изображений может быть проведена путём определения частоты цветового перепада по формуле:

$$C_{пер} = \frac{\sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h f(x_{i,j})}{w \times h}, \dots \dots \dots (1)$$

где
$$\begin{cases} f(x_{i,j}) = 0, & \text{при } x_{i,j} = x_{i,j+1}; \\ f(x_{i,j}) = 1, & \text{при } x_{i,j} \neq x_{i,j+1}; \end{cases}$$

w - ширина изображения в пикселях;

h - высота изображения в пикселях;

$x_{i,j}$ и $x_{i,j+1}$ - значения соседних пикселей

вдоль строки (столбца или по диагонали) растра.

На основании рассмотренной классификации изображений, учитывая степени насыщенности, можно сформировать классы изображений, на которые могут быть ориентированы различные алгоритмы сжатия:

1. Чёрно-белые.
2. Монохромные с плавными переходами оттенков.
3. Многоканальные без плавных переходов цвета и индексированные.
4. Многоканальные, малонасыщенные, с плавными переходами цвета.
5. Фотореалистичные со средней насыщенностью.
6. Фотореалистичные с высокой насыщенностью.

Для ряда систем, основной циркулирующей информацией являются фотореалистичные изображения средней и высокой насыщенности (разведывательные системы, системы мониторинга земной поверхности и др.). При этом, в данных системах недопустимо применение алгоритмов сжатия изображений с потерями информации из-за важности всех мельчайших элементов изображения.

Сжатие данных классов изображений является наиболее сложной задачей, так как высокая степень

насыщенности не позволяет получать высокие коэффициенты сжатия.

Обзор публикаций

Для решения проблемы сжатия изображений без потерь информации разработано большое количество алгоритмов сжатия, входящих в общепринятые форматы представления изображений. Формат представляет собой совокупность способов представления, хранения, сжатия, обработки изображений и некоторые специфические функции, которые присущи именно данному формату.

Перечень общепринятых форматов включён в графические пакеты операционных систем, специализированные графические пакеты, что позволяет универсально использовать изображения в любом формате в различных приложениях и на различных платформах.

К наиболее распространённым форматам представления графических файлов, использующих алгоритмы сжатия изображений без потерь информации, можно отнести [3 – 5]:

- BMP (BitMaP);
- GIF (Graphics Interchange Format);
- TIFF (Tagged Image File Format);
- PNG (Portable Network Graphics);
- JPEG-LS;
- JPEG-2000.

Формат BMP является исходным форматом представления данных на экране. Данный формат для сжатия изображений опционально предусматривает один из самых простых алгоритмов сжатия RLE, который ориентирован на чёрно-белые и многоканальные изображения без плавных переходов цветов [3].

Формат GIF предназначен для работы с индексированными изображениями с палитрой до 256 цветов. Алгоритмы сжатия данных форматов не могут служить для эффективного сжатия фотореалистичных изображений.

Поэтому в качестве основы для разработки и сравнения выбраны наиболее используемые алгоритмы сжатия форматов TIFF, PNG, JPEG-2000.

Целью статьи является сравнение существующих методов сжатия изображений без потерь информации при восстановлении с разработанным комбинированным методом сжатия фотореалистичных.

Результаты исследований

Основой алгоритма является идея разделения блока кодировщика на два блока: блок моделирования входного потока и блок непосредственно без избыточного кодирования [6].

Под моделированием понимается построение модели информационного источника, что порождает входной поток. Блок кодирования представляет, оценённую в блоке моделирования вероятность каждого символа, в виде выходной последовательности бит.

Предложенный комбинированный метод сжатия состоит из этапов (рис. 1) :

1. Разработанный метод адаптивной смены цветовой модели изображения [7]:

прямое преобразование:

$$\begin{cases} Y' = R, & E'_B > E'_R, \\ Y' = B, & E'_R > E'_B, \end{cases} \quad U' = R - G, \quad V' = B - G; \quad (2)$$

E'_R, E'_G, E'_B – энергии цветových компонент.

2. Вейвлет-преобразование Коена-Добеши-Фаво с фильтрами (5,3) [8]:

$$h = \left\{ -\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4}, -\frac{1}{8} \right\}, \quad g = \left\{ \frac{1}{4}, -\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, 0, 0 \right\}; \quad (3)$$

где h, g – низкочастотный и высокочастотный фильтры преобразования.

3. Разделение потока трансформант на два потока: высокочастотный и низкочастотный, для раздельного их кодирования [9];

4. Алгоритм контекстно-зависимого моделирования PPM и выбор максимального контекста, с

помощью разработанного метода определения порядка максимального контекста, равного 1 [9]:

$$H^D = \sum_{d=0}^D H_d k_d, \quad D=1. \quad (4)$$

где H^D – энтропия контекстного дерева с максимальным порядком контекста D ; H_d – энтропия контекстной модели порядка d ; k_d – коэффициент контекстной модели порядка d .

5. С помощью разработанного метода определение постоянного значения символа ухода, равного 25 [11]:

$$EscC = \frac{25}{25 + sum}, \quad (5)$$

где sum – общее количество закодированных символов.

6. Выбор алгоритма частичного обновления с определённым коэффициентом обновления, равным 3 [9]:

$$t'(s | c_d) = t(s | c_d) + 3, \quad (6)$$

где $t'(s | c_d)$ – обновлённая частота появления символа s в контексте c_d .

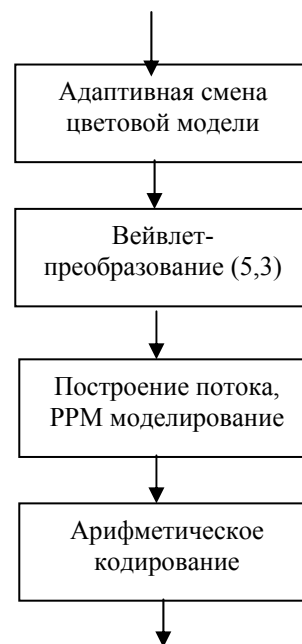


Рис. 1. Разработанный метод сжатия изображений

7. Кодирование предсказанной вероятности символа арифметическим кодером [12].

Кроме этого, разработан метод теоретической оценки степени сжатия для алгоритмов, построенный на основе алгоритма контекстного моделирования PPM:

$$K_{сжс} = 8 / \left(- \sum_{j=0}^{255} \left(\sum_{i=0}^{255} p(s_i, c_j) \log_2 p(s_i | c_j) + p(esc, c_j) \log_2 p(esc, c_j) \right) \times \frac{\sum_{j=0}^{255} t(esc | c_j)}{\sum} - (7); \right. \\ \left. - \left(\sum_{i=0}^{255} p(s_i) \log_2 p(s_i) \right) \times \frac{\sum_{j=0}^{255} t(esc | c_j)}{\sum} \right);$$

где $p(s_i, c_j)$ - условная вероятность появления символа s_i в контексте c_j ; esc - дополнительный символ алфавита, кодирующий переход на контекстную модель более низкого порядка.

Предложенный метод позволяет без необходимости реализации непосредственно блоков моделирования и кодирования оценить возможную степень сжатия разрабатываемого алгоритма.

Для сравнения алгоритмов сжатия существует ряд показателей оценки эффективности сжатия, наиболее значимым из которых является степень сжатия.

Данный показатель характеризует эффективность уменьшения объёма изображения. Представляется в виде отношения длины (в битах) сжатого представления изображения к длине исходного представления [1]:

$$k_{сжс} = \frac{V_{исх}}{V_{сжс}}, \text{ раз} \quad (8)$$

где $V_{исх}$ - длина (в битах) исходного представления изображения; $V_{сжс}$ - длина сжатого представления.

Сравнение проводилось на общепринятом тестовом пакете фотореалистичных изображений Kodak image, состоящем из 15 изображений формата BMP и размерами 768 на 512 точек.

Произведена оценка степени сжатия разработанного и существующих методов сжатия без потерь информации при восстановлении (рис. 2).

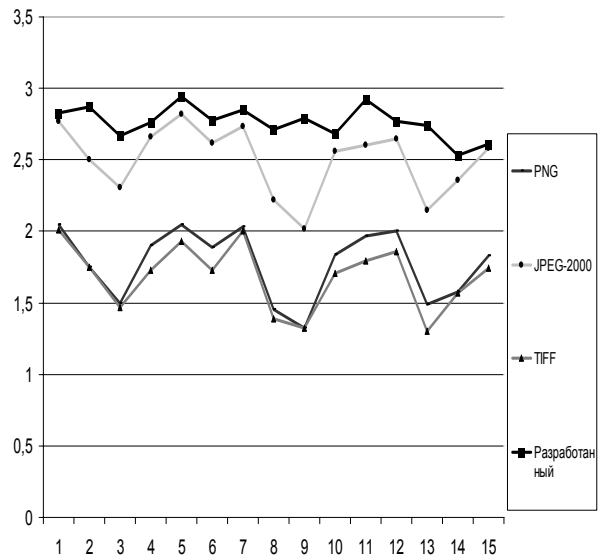


Рис. 2. Сравнение степени сжатия.

Алгоритмы сжатия форматов TIFF и PNG позволили получить невысокие степени сжатия, соответственно 1,68 и 1,77. Это объясняется тем, что основу данных алгоритмов составляют словарные методы сжатия, которые ориентированы на данные, с большой степенью избыточности.

Формат JPEG-2000 позволил получить среднее значение степени сжатия, равное 2,5, а разработанный метод - 2,77.

Таким образом, предложенный комбинированный метод сжатия, за счёт использования разработанных методов, превосходит существующие форматы в среднем на 11%, что свидетельствует о целесообразности использования контекстного моделирования при сжатии изображений, с малым порядком максимального контекста.

Выводы

В статье проанализирована проблема сложности сжатия фотореалистичных изображений без потерь информации при восстановлении.

Существующие алгоритмы сжатия позволяют получать невысокие коэффициенты сжатия для данного класса изображений.

Выходом может быть создание комбинированного метода сжатия, основанного на современных подходах к сжатию информации – моделировании источника данных, для дальнейшего более эффективного кодирования.

В рамках проведённой работы разработан комбинированный метод сжатия изображений, основанный на:

- разработанном методе адаптивной смены цветовой модели изображений;
- вейвлет-преобразовании с фильтрами (5,3);
- алгоритма разделения потока трансформант вейвлет-преобразования на НЧ и ВЧ потоки;
- алгоритме PPM, в котором, на основе разработанного метода выбора максимального порядка контекста для алгоритмов контекстного моделирования, выбран максимальный порядок контекста равный 1;
- алгоритме перехода на контекстную модель меньшего порядка PPMC, в котором, на основе разработанного метода априорной оценки частоты символа ухода, определена частота символа, равная 25;
- выбран алгоритм частичного обновления модели, с коэффициентом обновления, равным 3;
- алгоритме арифметического кодирования.

Разработанный метод позволяет получить значения степени сжатия фотореалистичных изображений в среднем на 11 % выше, чем существующие алгоритмы сжатия.

Литература

1. Ватолин Д., Ратушняк А. Методы сжатия данных. – М.: Диалог – Мифи, 2002. – 384 с.
2. Миано Д. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии – М.: Триумф, 2003. – 240 с.
3. ISO/IEC 15444-1, JPEG2000 image coding system. IS, 2000.

4. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2004. – 386 с.

5. Aberg J., Shtarkov Yu.M., Smeets B. J. M. Multialphabet coding with separate alphabet description // Proc. of Compression and Complexity of Sequences 97, Positano, Salerno, Italy, IEEE Comp. Soc. Press, 1998. – P. 56-65.

6. Шкарин Д. Повышение эффективности алгоритма PPM // Проблемы передачи информации. – 2001. – 34 (3). – С. 2-54.

7. Дядик Д.Ф., Стрюк О.Ю., Гаркуша С.В. Адаптивный метод перетворення кольорових координат відеоданих // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – Вип. 6 (18). – С. 171-174.

8. Amir Z. Averbuch, Valery A. Zhelydev. A library of spline based biortogonal wavelet transforms for image compression: Preprint. – N.Y.: 2002. – 28 p.

9. Дядык Д.Ф., Стрюк А.Ю. Выбор алгоритма контекстного моделирования при разработке метода сжатия изображений // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2006. – № 9 (58). – С. 20-25.

10. Дядык Д.Ф., Стрюк А.Ю. Выбор порядка контекста при разработке метода сжатия изображений // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 1 (8). – С. 197-204.

11. Дядик Д.Ф., Стрюк О.Ю. Підвищення ступеня стиску зображень за рахунок оптимальної стратегії моделювання // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2005. – Вип. 12 (40). – 105 с.

12. Chou P., Miao Z. Rate-Distortion Optimized Streaming of Packetized Media // IEEE Transactions on Multimedia. – April, 2006. – 8(2). – P. 390-404.

Поступила в редакцію 28.01.2008

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.