

Ассоциативно-пирамидальное представление данных

С. В. Кулешов, А. А. Зайцева, А. Ю. Аксенов

Рассмотрен способ представления растровых изображений, основанный на иерархическом ассоциативно-пирамидальном принципе последовательного уточнения. Показаны варианты построения алгоритмов компрессии на основе ассоциативно-пирамидального представления.

Введение

Для эффективной обработки, передачи и компактного хранения данных должны существовать различные форматы их представления. При этом понятие ДАННЫХ рассматривают в широком смысле [1].

Применительно к растровым изображениям большинство существующих форматов их хранения основаны на априорном задании качества [2]. Общим свойством этих форматов является построчная загрузка изображения (при передаче или воспроизведении).

Проблема заключается в том, что в большинстве алгоритмов компрессии качество изображения при сжатии с потерями должно задаваться априорно. Основным отличием предлагаемого ассоциативно-пирамидального представления изображений является возможность в процессе использования сжатого файла менять качество, полученного после сжатия изображения.

Отдельные фрагменты подхода были предложены еще в 80-х годах [3], но отсутствие технологических возможностей и соответствующих задач не позволили реализовать алгоритмы компрессии данных в современном виде.

При ассоциативно-пирамидальном представлении изображение загружается не построчно, а одномоментно, а детализация уточняется в процессе загрузки остатков файла. Если в процессе загрузки файла в приемник при чтении файла происходит ошибка, то идентификацию можно произвести по уже полученному фрагменту.

Таким свойствам разработанного представления можно найти широкое применение как в глобальной сети интернет, так и в других областях, например при распознавании визуальных образов.

Описание метода

С 80-х годов известна ориентация на пирамидально-рекурсивное компьютерное представление данных [3]. Исходя из возникающих потребностей компрессии видеоданных и возможностей современной технологии предлагается обобщенное понятие ассоциативно-пирамидальной структуры данных.

Стандартный способ представления растровых изображений основан на передаче абсолютных значений интенсивности цветовых компонент, т. е. по отличию передаваемого изображения от черного (в некоторых форматах – белого) однородного прямоугольника.

Основной принцип пирамидального представления приведен на рис. 1 и заключается в том, что для минимизации битовой размерности передаваемых элементов имеет смысл передавать разность не относительно пустого изображения, а относительно похожего изображения, так как в этом случае отличия будут минимальны.

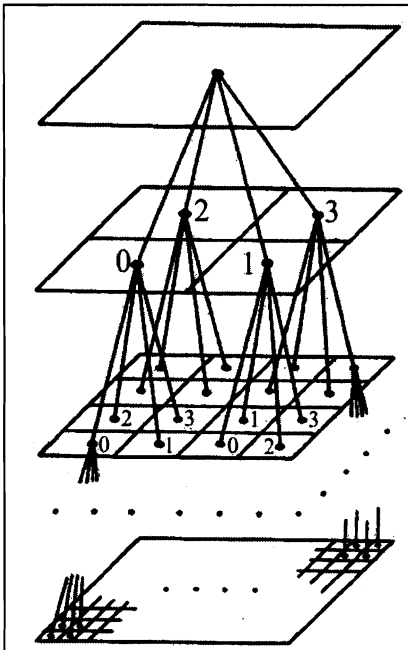


Рис. 1. Схема Пирамидального представления изображений

Таким шаблоном (подложкой, канвой) может служить уменьшенный вариант изображения, растянутый до требуемого размера. Интуитивно понятно, что многократное повторение уточнения областей относительно фона является наиболее эффективным способом представления в смысле минимизации разрядности передаваемых данных. При этом уровни передаются последовательно группами.

Использование части уровней иерархии представления в дополнение с вторичным сжатием (арифметическим кодированием, сжатием Хаффмана [4, 5]) позволяют уменьшать битовый объем цифрового представления сигнала (рис. 2).

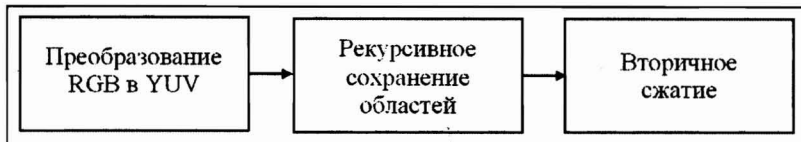


Рис. 2. Схема алгоритма компрессии изображений на основе пирамидального представления

Существуют два варианта представления данных, полученных в результате рекурсивного вычисления областей при пирамидальном представлении.

Первый способ (рис. 3,а) предполагает последовательное размещение данных одного уровня иерархии в различных областях. Достоинство такого метода заключается в возможности создания формата представления изображений с постепенным «проявлением» изображения в процессе загрузки, но ухудшает сжимаемость получаемого потока на этапе вторичного сжатия.

Второй способ (рис. 3,б) предполагает последовательное углубление детализации данных внутри одной области (левый обход дерева). Достоинством является более высокая степень компрессии за счет учета локальных особенностей области.

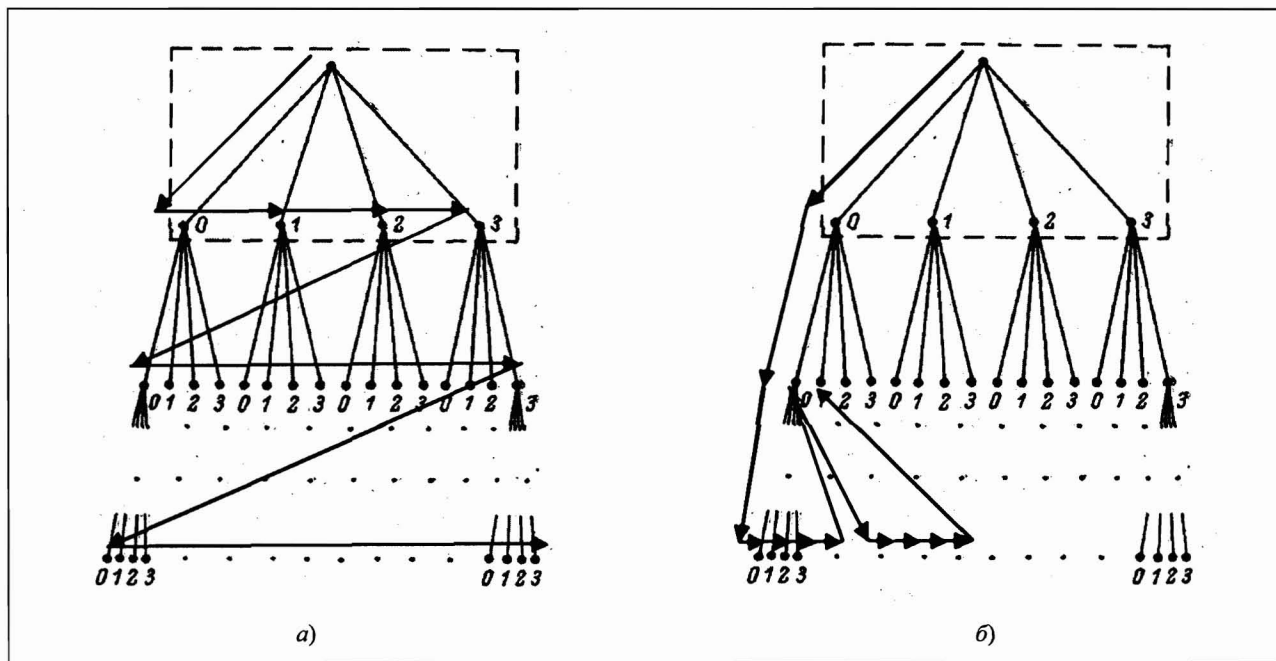


Рис. 3. Схемы представления данных

Использование принципа ϵ -тождественности [1] дает возможность реализации динамической сегментации (итерационного процесса иерархической структуризации информационного содержания) изображения на некотором уровне иерархии. Под ϵ -тождественностью понимается критерий тождественности (останова) при семантическом анализе и динамической сегментации, в частном случае, среднеквадратическое отклонение (СКО). Это означает, что при заданном уровне ϵ -детализация фрагмента изображения прекращается, и уточняющие данные не сохраняются. Такой подход позволяет существенно сократить битовый объем данных за счет закругления несущественных для восприятия фрагментов изображения.

Результат сжатия изображения с использованием пирамидального представления и динамической сегментации на этапе предобработки приведен на рис. 4.

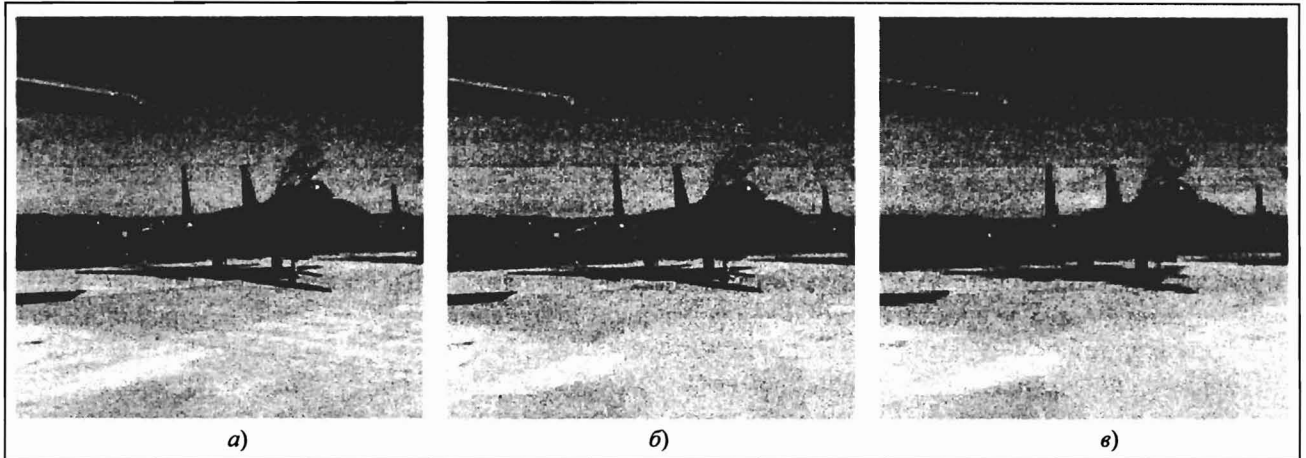


Рис. 4. Иллюстрация результатов работы алгоритма пирамидального представления изображений: а – исходное изображение; б – изображение после обработки; в – суммарный эффект от детализации до 4 пикселей и сегментации до $\varepsilon = 4$

Постобработка позволяет минимизировать эффект разбивки изображения на квадратные области.

Использование принципов сжатия с потерями для пирамидального представления

В основе многих методов сжатия с потерями лежит квантование – закругление значений элементов разложения (после этапа трансляции [1]) в различной пропорции в зависимости от значимости элементов. Так, например некоторые кодеки группы MPEG используют квантование коэффициентов дискретного косинусного преобразования:

$$D_i = [S_i / q_i],$$

где S_i – i -й элемент разложения; D_i – i -й элемент разложения после квантования; q_i – значение i -го параметра квантования.

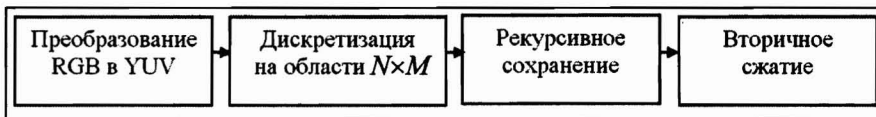


Рис. 5. Схема алгоритма компрессии изображений на основе пирамидального представления с пирамидальным разложением областей $N \times M$.

значимость определяется уровнем разложения (рис. 5).

Обозначим группы разложения в виде $N_1 + N_2 + N_3 + \dots$, где N_i – число элементов в группе i -го уровня разложения.

Для двумерного случая развертка пирамидального представления записывается в виде:

$$1 + 4 + 16 + 256 + \dots$$

Для трехмерного случая: $1 + 8 + 64 + 512 + \dots$ и т.д.

При этом коэффициенты квантования определяются как $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots\}$, где q_i – число, на которое производится деление элементов группы i , при этом $q_i < q_{i+1}$. Коэффициенты квантования равны $Q = \{1, 1, 1, \dots\}$ в случае сжатия без потерь, для сжатия с потерями коэффициенты квантования могут быть $Q = \{1, 2, 4, 8, \dots\}$, $Q = \{1, 4, 8, 32, \dots\}$ и др.

Уменьшение абсолютной величины значений данных после этапа квантования приводит к сокращению количества вариантов символов в двоичном потоке, что повышает степень компрессии при вторичном сжатии.

Особенности данных, полученных в результате ассоциативно-пирамидального представления, допускают применение принципа дополнительности для уменьшения абсолютной величины значений данных. Идея принципа дополнительности основана на том, что в большинстве изображений соседние блоки (прямоугольные области, полученные после этапа дискретизации) в той или иной степени содержат сходные данные. В этом случае более эффективным оказывается сохранение отличий блока от соседнего, чем передача непосредственных значений блока. На рис. 6 показаны 3 типа блоков: (F)ull – содержит полные значения блока, (L)eft – содержит отличия блока от левого соседнего блока, (U)p – содержит отличия блока от верхнего соседнего блока.

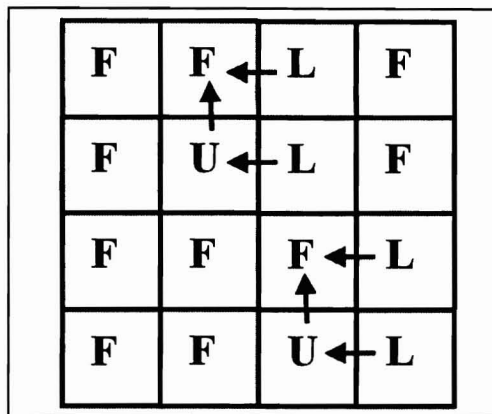


Рис. 6. Иллюстрация принципа дополнительности для блоков изображения

Заключение

Рассмотренный подход к представлению данных позволяет использовать несколько способов компрессии, каждый из которых сопровождается своим типом искажений, вносимых в сжимаемые данные. Основными способами компрессии данных, представленных в ассоциативно-пирамидальной форме являются: уменьшение детализации; динамическая сегментация; квантование элементов разложения.

Различие видов вносимых искажений для изображений представлено на рис. 4. Различные виды искажений имеют разную степень негативного воздействия для различных задач (фотография природы, чертеж, интернет-видео и др.), что делает пирамидальное представление достаточно гибким инструментом в задачах хранения и передачи данных.

Разнообразие способов компрессии и возможность их объединения, а также приемлемые значения степени сжатия при представлении изображений и видеоданных позволяют использовать ассоциативно-пирамидальное представление данных как основу для построения кодеков и форматов для хранения растровых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. В., Кулешов С. В., Цветков О. В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео. – СПб.: Наука, 2008.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.
3. Александров В. В., Горский Н. Д. Представление изображений. Рекурсивный подход. – Л.: Наука, 1985.
4. Huffman D.A. A Method for the construction of minimum redundancy codes. – In Proceedings IRE, 1962, vol. 40, pp. 1098-1101.
5. Witten I., Neal R.M., Cleary G. Arithmetic coding for data compression. – Comm. ACM, 1987, vol. 30, no. 6, pp. 520-540.

Поступила 15 января 2008 г.

Associative Pyramid Data Presentation

S.V. Kuleshov, A.A. Zaitseva, A.J. Aksenov

The method of data representation of the raster images, based on a hierarchical associative-pyramidal principle of consecutive refinement is considered. Variants of construction of compression algorithms based on associative-pyramidal representation are shown. The considered approach for data presentation allows using a number of ways of a compression accompanied by intrinsic types of distortion introduced in compressed data. That allows for pyramidal representation to be flexible tool for solving problems of data storage and transmission. A variety of a compression methods, compression degree for videodata and opportunity to combine them allow using of pyramidal-associative data representation as a basis for developing codecs and formats for storage of raster data.