

The paper is devoted to development of the mathematical model, allowing to monitor reforms which are carried out in the health service of penal system.

Key words: assessment of health provision, expert assessment, mathematical modeling, penal system.

УДК 004.932

А. В. Коробейников, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. С. Смирнов, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

КАСКАДНОЕ РАЗБИЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ФРАГМЕНТЫ ПРИ СЖАТИИ БЕЗ ПОТЕРЬ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ОБХОДА

Разбиение изображения на фрагменты равного ограниченного размера позволяет использовать метод оптимизации обхода изображения при сжатии без потерь. Каскадное разбиение изображения на фрагменты и добавление мнимых пикселей позволяет построить обход изображения.

Ключевые слова: сжатие изображений без потерь, оптимизация обхода, каскадное разбиение на фрагменты.

В работе Смирнова В. С., Коробейникова А. В. «Применение алгоритма Литтла для минимизации затрат на кодирование обхода изображений при сжатии без потерь» (Информационные системы в промышленности и образовании : Сборник трудов молодых ученых. Ижевск : Изд-во ИЖГТУ, 2010. С. 165–171) показана эффективность использования метода оптимизации обхода изображения при сжатии без потерь.

Недостатком метода является большое время построения оптимального обхода: примерно 1 минута для изображения 16×16 . Причиной является комбинаторный взрыв относительно количества вариантов возможных обходов при увеличении размеров изображения. Таким образом, построение оптимального обхода для изображений большого размера не реализуемо на современных персональных компьютерах.

В данной работе предлагается решение указанной проблемы. Изображение необходимо разбить на множество фрагментов равного небольшого размера. Затем для каждого фрагмента найти оптимальный обход. Полученные обходы фрагментов необходимо стыковать для получения обхода всего изображения.

Для реализации предложенных идей необходимо решить следующие задачи.

1. Обеспечить построение обхода для изображений произвольных размеров, которые могут быть не кратны размерам фрагмента.

2. Предложить метод стыковки обходов фрагментов изображений.

Мнимые пиксели. Разбивая изображение размером $N \times M$ на фрагменты размером $n \times m$, получаем две области: область, включающую полные фрагменты, и область, включающую неполные фрагменты (рис. 1). Количество пикселей, лежащих в области с неполными фрагментами, находится по формуле

$$K_{\text{мп}} = \sum_{i=0}^{M-1} [N - (N/n) \cdot n] + \sum_{j=0}^{N-1-(N-(N/n) \cdot n)} [M - (M/m) \cdot m], \quad (1)$$

где / – операция целочисленного деления.

Чтобы построить обход изображения в области с неполными фрагментами, необходимо дополнить изображение таким количеством мнимых пикселей (рис. 1), чтобы выполнялось следующие условие:

$$\begin{cases} M \% m = 0, \\ N \% n = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где % – операция остатка от деления.

Мнимые пиксели не будут храниться и отображаться в сжатом изображении, но они необходимы для построения обхода изображения разбитого на фрагменты. Значения, записанные во всех мнимых пикселях одинаковы и во много раз больше максимального значения действительного пикселя.

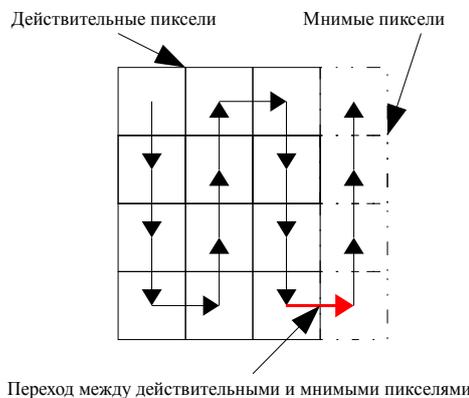


Рис. 1. Фрагмент, содержащий мнимые и действительные пиксели

Особенность построения оптимального обхода для фрагмента, состоящего из мнимых и действительных пикселей, заключается в том, что учитываются значения только действительных пикселей.

$$\min \left(\sum_{i \in V'} \sum_{j \in V'} c_{ij} \cdot x_{ij} \right) = \min_{\text{д}} \left(\sum_{i \in V'_{\text{д}}} \sum_{j \in V'_{\text{д}}} c_{ij} \cdot x_{ij} \right) + \min_{\text{м}} \left(\sum_{i \in V'_{\text{м}}} \sum_{j \in V'_{\text{м}}} c_{ij} \cdot x_{ij} \right) + c_{kl} \cdot x_{kl}, \quad (3)$$

где $x_{ij} \in \{0, 1\}$ – двоичная переменная, сопоставляемая с ребром (i, j) ; $x_{ij} = 1$, если ребро принадлежит обходу, и $x_{ij} = 0$ – в противном случае; вершины i и j – пиксели матрицы фрагмента изображения; ребра (i, j) – переходы между вершинами i и j ; веса $c_{ij} = |z_i - z_j|$ – модуль разницы значений соединяемых ребром пикселей (вершин); $V_{\text{м}}$ и $V_{\text{д}}$ – соответственно, подмножества вершин всех мнимых и действительных пикселей; $\min_{\text{м}}$ и $\min_{\text{д}}$ – минимальная сумма, соответственно, всех мнимых и действительных пикселей; $c_{kl} \cdot x_{kl}$ – переход между действительным k и мнимым l пикселем. Если принять, что $c_{kl} \cdot x_{kl} = \infty$, то переходов между действительными и мнимыми пикселями не может быть больше одного, а все мнимые пиксели равны. Упростим формулу:

$$\min \left(\sum_{i \in V'} \sum_{j \in V'} c_{ij} \cdot x_{ij} \right) = \min_{\text{д}} \left(\sum_{i \in V'_{\text{д}}} \sum_{j \in V'_{\text{д}}} c_{ij} \cdot x_{ij} \right). \quad (4)$$

Каскадное разбиение изображения на фрагменты. Построив путь обхода каждого фрагмента, запишем значение начального пикселя и числовую последовательность дельта-кода обхода. Количество фрагментов изображения (уровня 0) находится по формуле

$$K_{\text{ф}} = \left[(N/n) + \text{ORD}((N \% n) > 0) \right] \times \left[(M/m) + \text{ORD}((M \% m) > 0) \right], \quad (5)$$

где ORD – операция преобразования булевского значения в $\{0, 1\}$.

Количество начальных элементов будет равно количеству фрагментов $K_{\text{ф}}$. Чтобы не хранить излишнюю информацию, сформируем из начальных элементов матрицу (уровень 1). Полученную матрицу снова разобьем на фрагменты и найдем их оптимальные пути обхода. Каскадное разбиение изображения на фрагменты (рис. 2) будет продолжаться, пока не выполнится условие

$$N \cdot M \leq n \cdot m, \quad (6)$$

где N и M – размеры матрицы, состоящей из начальных вершин фрагментов предыдущего уровня разбиения.

Запись обхода исходного изображения начинается с последнего уровня разбиения. Для матрицы последнего уровня запишем значение ее начальной вершины (при диапазоне значений пикселей $z_i = \{0 \dots 255\}$ затраты на хранение составят 1 байт), дельта-код для ее обхода, а также код пути обхода. Зная эту информацию, мы сможем восстановить записанную матрицу, т.е. значение всех ее вершин. Таким образом, при записи более низких уровней разбиения нет необходимости хранить значение начальных вершин фрагментов.

Приведем пример записи обхода матрицы изображения на рис. 2:

$$z_1; D^1_1; O^1_1; D^0_1; O^0_1; D^0_2; O^0_2; \dots; D^0_{16}; O^0_{16},$$

где z_i – значение начальной вершины; D^s_i и O^s_i – соответственно, дельта-код и код пути обхода фрагмента уровня s с началом в вершине i .

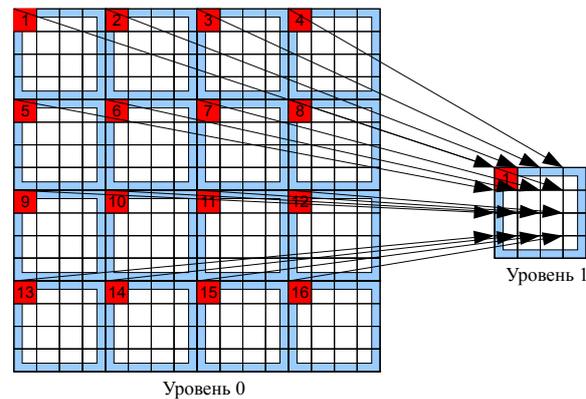


Рис. 2. Каскадное разбиение изображения 16×16 на фрагменты 4×4

Выводы

1. Для устранения проблемы комбинаторного взрыва количества обходов, оптимальный обход нужно строить для фрагментов ограниченного размера.
2. Добавление в изображение мнимых пикселей позволяет выполнить разбиение изображения произвольных размеров на равные фрагменты.
3. Для стыковки обходов фрагментов изображения предложено использовать каскадное разбиение изображения на фрагменты равного размера.

A. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
V. S. Smirnov, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Cascade Image Splitting into Fragments at Lossless Compression on Basis of Image Bypass Optimization

Image splitting into equal limited size fragments allows using a method of image bypass optimization at lossless compression. Cascade image splitting into fragments and addition of imaginary pixels allows to construct image bypass.

Key words: lossless image compression, bypass optimization, cascade splitting into fragments.