

В.Г. ИВАНОВ, канд. техн. наук, **Ю.В. ЛОМОНОСОВ**, канд. техн. наук,
К.С. ШИШКОВ (г. Харьков)

СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЫРАЩИВАНИЯ И КОДИРОВАНИЯ ОБЛАСТЕЙ.

Запропоновано метод стиску зображень на основі автоматичної розбивки зображень на текстурні області оточені контурами. Формування областей здійснюється на основі їхнього вирощування. Отримана контурна і текстурна інформація потім кодується по окремоті. Приводяться порівняльні результати ефективності стиску тестових зображень на основі розглянутого методу і класичних форматів кодування графічних даних.

The method of compression of images is offered on the basis of automatic splitting images into textural areas environed by loops. Forming of areas is carried out on the basis of their cultivation. The received planimetric and textural information then is coded separately. Comparative results of efficiency of compression of test images are resulted on the basis of a considered method and classical formats of coding of the graphic data.

1. Введение и постановка задачи. Кодирование изображений имеет своей целью сократить (сжать), насколько возможно, число бит, необходимое для представления и достоверного восстановления исходного изображения. Любые величины, полученные из того, что называется изображением, не являются абсолютно случайными, и соседние отсчеты имеют сходные значения яркости, в чем проявляется важное свойство их пространственной корреляции. Если соответствующим образом использовать эту корреляцию, то, несомненно, можно уменьшить число бит исходного описания изображений. Совокупность методов, основанных на этой классической точке зрения на проблему кодирования, относят к методам кодирования изображений первого поколения. К основным методам поэлементного и группового кодирования изображений первого поколения можно отнести: методы импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), кодирования с предсказанием, дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ДИКМ), дельта-модуляции, интерполяционного кодирования и большой класс методов кодирования с преобразованием (трансформационные методы) [1,2,3,4,5].

Основной идеей этих методов является представление набора данных (элементов изображения) в другой набор «менее коррелированных» данных или коэффициентов.

Другая возможность кодирования изображений, открывающаяся в связи с успехами в распознавании зрительных образов и анализе сцен, состоит в описании изображений через контур и текстуру. Эти методы, назовем их методами второго поколения [6, 7, 8], сводятся к расчленению изображения

на текстурные области, окруженные контурами так, чтобы эти контуры по возможности соответствовали контурам объектов на изображении. Контурная и текстурная составляющие изображения кодируются отдельно разными способами. Выделение контуров можно производить двумя способами: путем выращивания областей или с помощью методов выделения контуров. В первом случае получаются замкнутые контуры, что позволяет довольно просто характеризовать области и их свойства, а полученное таким образом сегментированное изображение выглядит как мозаика. Во втором случае получаемые контуры не обязательно замкнуты и их объединение с текстурной составляющей становится более сложным [6].

2. **Описание метода кодирования изображений на основе выращивания областей.** На первом этапе данного метода элементы изображения разделяются на контурные и текстурные. Эта процедура разбивает изображение на множество смежных областей с тем условием, чтобы изменения уровня серого внутри области не давали резких разрывов, т. е. контуров. Сегментация изображения проводится в три этапа: предобработка, выращивание областей и устранение артефактов.

Предобработка предназначена для сокращения локальной зернистости исходного изображения, не затрагивая его контуров, с тем, чтобы после выращивания не оказалось слишком много малых областей. С целью экономии времени на проведение сегментации изображения, процедура предобработки была заменена процедурой объединения (выращивания) областей на втором этапе сегментации. Принимается во внимание следующий факт, что если область мала (количество принадлежащих ей элементов меньше заданного L_{\min}), то объединить эту область можно с той соседней областью, которая наиболее близка к ней по среднему значению уровня яркости, и повторять этот шаг пока не будут удалены все малые области.

Основной этап сегментации – выращивание областей, состоит в следующем. Области, подлежащие выделению, должны характеризоваться на первом шаге некоторым свойством. Этим свойством могут быть, например, уровень серого для элемента изображения, вариации уровня серого или энергия внутри заданной полосы частот. От выбора этого свойства во многом зависит сложность метода обработки и точность контуров, полученных после сегментации. После выбора свойства, начиная с заданного элемента изображения, относительно каждого его соседа осуществляется сравнение, обладает ли он тем же самым свойством или нет. Если это так, то данный элемент изображения включается в данную область, и в свою очередь проверяются его соседи и т.д. Когда больше не останется элементов, смежных с данной областью и обладающих тем же свойством, процедура останавливается и начинается снова с любого другого элемента изображения, не включенного в первую область. Сегментация заканчивается тогда, когда все элементы изображения принадлежат какой-либо области.

В настоящее время имеются два эвристических способа уменьшения числа областей, полученных при их выращивании: удаление малых областей и слияние смежных областей с малым контрастом.

Метод на основе выращивания областей является одним из наиболее простых и эффективных методов, в плане реализации, хотя до настоящего времени и не содержит однозначных рекомендаций по выбору решающего правила при выращивании и объединении областей. Экспериментально показано, что при реализации этого метода, области, содержащие более 20 внутренних точек, не должны удаляться. Для достижения максимальных значений коэффициента сжатия число областей, после процедуры сегментации, не должно превышать 100-110 областей, однако качество изображения при этом заметно ухудшается.

Алгоритм сжатия изображения на основе выращивания и кодирования областей, который использовали авторы при построении модели обработки изображений, можно представить следующим образом:

→ 1. Первым этапом работы алгоритма является разбиение исходного изображения I на области R_i , так что бы выполнялись следующие условия:

$$\bigcup R_i = I;$$

$$\bigcap R_i = \emptyset.$$

1.1 В качестве рассматриваемого изображения выбирались изображения с палитрой в градации серого и глубиной цвета 8 бит. На исходном изображении выделяются области, в которых значения серого содержатся в определенном заданном интервале:

1.1.1 Если текущий элемент изображения не принадлежит какой-либо области, то необходимо перейти к следующему шагу; если же все элементы изображения принадлежат каким-либо областям, то требуется перейти к пункту 1.2. В противном случае взять следующий элемент изображения и повторить этот шаг.

1.1.2 Создать новую область на изображении, в которой будет только данный элемент изображения и задать интервал яркости для данной области $[G(a_{i,j}) - \theta; G(a_{i,j}) + \theta]$, где $a_{i,j}$ – текущий элемент изображения, $G(\cdot)$ – значение яркости элемента изображения, θ – устанавливаемый порог. После выполнения данного шага изображение будет разбито на непересекающиеся области и его представление будет похоже на мозаику.

1.1.3 Если соседний элемент изображения $a_{k,l}$ не принадлежит какой-либо области и $G(a_{k,l}) \in [G(a_{i,j}) - \theta; G(a_{i,j}) + \theta]$, то необходимо присоединить данный элемент изображения к данной области. Повторять этот шаг, пока соседние элементы будут удовлетворять заданному условию.

1.1.4 Вернуться к пункту 1.1.1

1.2 На данном этапе, ранее выделенные области будут объединены в более крупные области.

1.2.1 Если область мала (количество принадлежащих ей элементов меньше заданного значения L_{\min}), то объединить эту область с той соседней областью, которая наиболее близка к ней по среднему уровню яркости элементов данной области. Повторять этот шаг пока не будут удалены все малые области.

1.2.2 Если область и ее сосед на границе имеют малую контрастность, т.е. $\sum \frac{|G(a) - G(b)|}{G(a) + G(b)} < C_{\max}$, где a и b – граничные элементы одной и

второй соседних областей, а C_{\max} – максимально допустимое значение контраста, то эти области также объединяются в одну. Необходимо повторять данный шаг для всех областей.

2. На втором этапе производится кодирование полученных (образованных), таким образом, областей.

2.1 Запись числа полученных областей.

2.2 Для каждой области записывается среднее значение уровня яркости всех ее элементов.

2.3 Создается и кодируется карта границ областей (карта регионов) $V = \{b_i\}$:

2.3.1 Для этого в каждом элементе изображения производится следующая операция: если $\{a_{i,j}, a_{i+1,j}, a_{i,j+1}\} \subseteq R_k$, то $b_{i,j} = 0$ (элемент области не лежит на границе), иначе $b_{i,j} = 1$

2.3.2 Полученная таким образом битовая карта границ областей кодируется без потерь данных по стандарту JBIG-1 (ISO-11544)

Восстановление закодированного изображения осуществляется следующим образом.

1. Из файла, содержащего сжатые данные, считываются значения количества областей и значения среднего уровня яркости в этих областях.

2. Производится восстановление карты границ областей, закодированной по алгоритму JBIG-1.

3. По конфигурации карты границ восстанавливается преобразованное изображение:

3.1 Если все области восстановлены, то обработка прекращается, иначе требуется найти первый элемент в изображении, который не принадлежит восстановленной области.

3.2 По соответствующему значению среднего уровня яркости данной области необходимо закрасить (залить) область, вместе с границами, любым известным методом заливки.

3.3 Обозначить вновь закрашенные элементы изображения, как принадлежащие восстановленной области.

3.4 Далее вернуться к пункту 3.1.

Как видно, алгоритм восстановления изображений намного проще и соответственно быстрее алгоритма кодирования, что позволяет судить о несимметричности данного метода. *исход* (*)

3. Практические результаты обработки изображений и сравнительные характеристики качества. Для проведения качественного и количественного сравнительного анализа методов кодирования, в качестве исследуемых изображений, выбирались оцифрованные изображения с растром 256x256, в градации серого цвета, в которых каждый элемент изображения квантован на 256 уровней (8 бит). Исходя из параметров исследуемых изображений, исходный объем данных каждого из них составляет – 524 288 бит. Коэффициент сжатия (К сж.) определялся как отношение объема исходных данных к объему данных в закодированном виде. В качестве критерия оценки качества использовалась среднеквадратическая ошибка (СКО), получаемая в результате кодирования изображений, хотя данный критерий в большинстве случаев не соответствует субъективной оценке наблюдателя. В этой связи, для визуальной оценки качества кодирования приведены изображения для соответствующих значений СКО и коэффициентов сжатия.

Исследуемые изображения можно классифицировать как: панорамное изображение (Cameraman.bmp) и портрет (Zelda.bmp). Приведенные изображения хорошо известны и довольно часто используются, как исходный материал для тестирования различных методов компрессии изображений и были взяты из библиотеки стандартных изображений (<http://www.icsl.ucla.edu>).

Графики зависимости коэффициента сжатия от СКО(%) исследуемых изображений, при различных методах кодирования, приведены на рис. 1, 3. (V.O. – предложенный метод контурно-текстурного кодирования на основе выращивания областей; JPEG – классический формат компрессии).

Для сравнения с современными методами сжатия изображений, основанными на вейвлет-подобных алгоритмах компрессии, таких как JPEG-2000 и DjVu, дополнительно представлены соответствующие зависимости только при обработке изображения cameraman.bmp (рис. 1).

Как видно, из рис. 1 и 3, точка пересечения кривых зависимостей Ксж. от СКО (%), при кодировании соответствующих изображений методами выращивания областей и JPEG компрессии находится в пределах 12%-13% СКО, что соответствует удовлетворительной оценки качества восстановленного изображения.

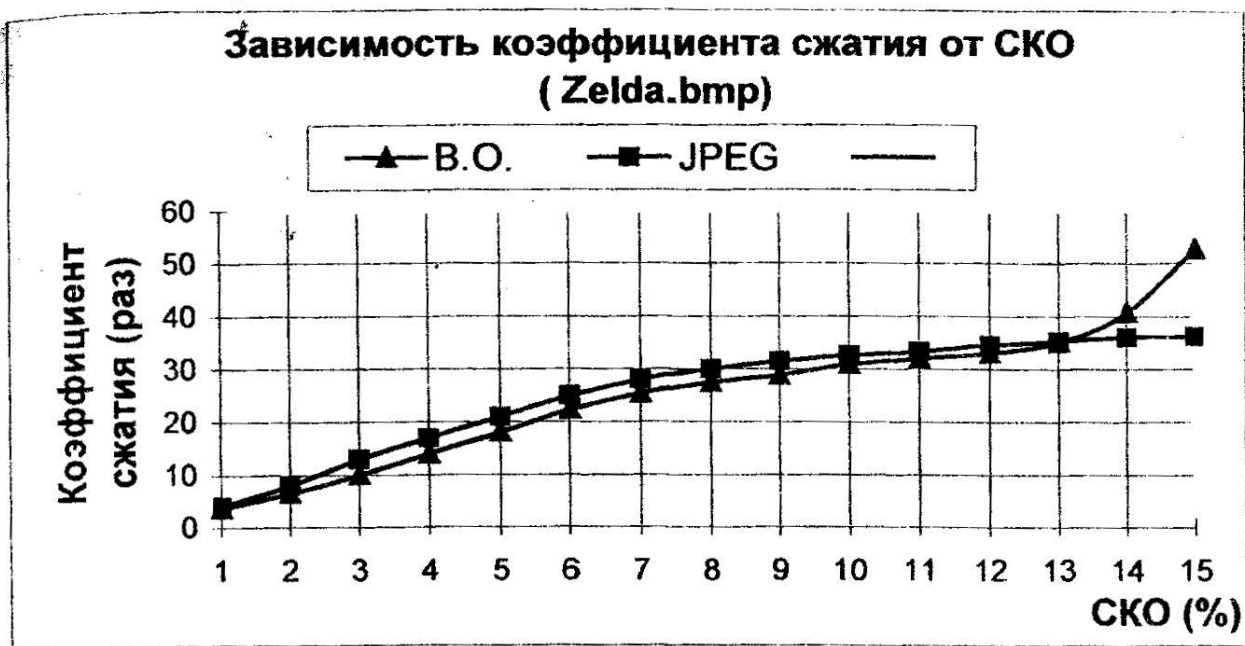


Рис.3. Зависимость коэффициента сжатия от СКО при различном кодировании изображения. Zelda.bmp.

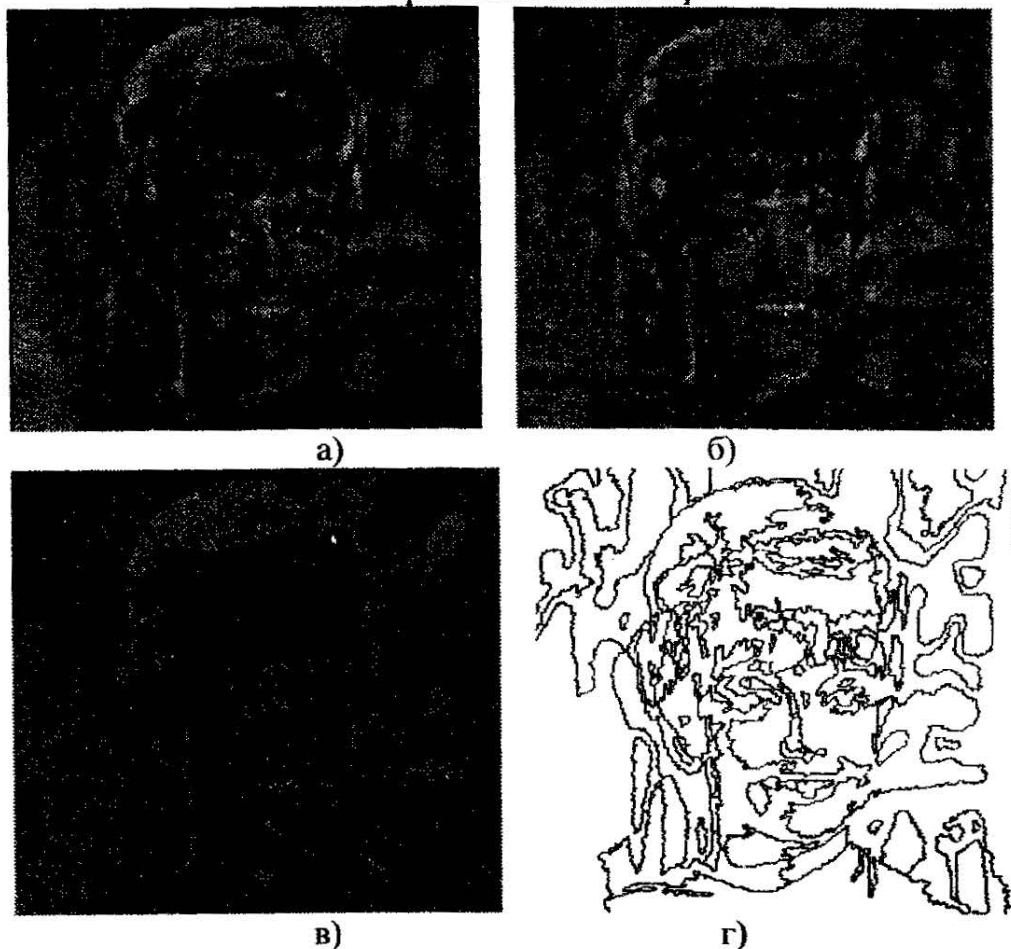


Рис.4. Результаты кодирования изображения Zelda.bmp.
 а) Исходное изображение в формате *.bmp; б) JPEG компрессия;
 в) метод выращивания областей; г) результат процедуры сегментации

В [4] приводится относительная, экспериментально полученная, шкала качества восстановленных тестовых изображений со следующими параметрами: 0%-5%-отлично; 5%-10%-хорошо; 10%-15%-удовлетворительно; (>15%) -неудовлетворительно. Результат такой оценки можно наблюдать на рис. 2, 4 (б, в). При этом количество областей в данных изображениях имеют следующие значения: *Sametaman.bmp*-148, (рис. 2 г); *Zelda.bmp*-182 (рис. 4 г). Как видно из рис. 2 и 4 (б, в) качество изображений, при кодировании методом выращивания областей определяется количеством областей, а при JPEG-компрессии – значением коэффициентов матрицы квантования. В обоих случаях, качество закодированных изображений оставляет желать лучшего.

Выводы. Представленный метод кодирования изображений на основе выращивания областей и относящийся к методам кодирования второго поколения показал, что его качественные и количественные характеристики близки к соответствующим показателям при кодировании изображений методом JPEG компрессии. Преимущество в обработке начинает проявляться только при довольно больших значениях СКО, а визуальное восприятие закодированных изображений в таких случаях имеет существенные искажения. Эти искажения проявляются по разному: в JPEG-кодированных изображениях видна структура сегментов и проявляется эффект Гиббса, при кодировании изображений на основе выращивания областей видна грубая мозаичная структура, которая тоже значительно изменяет качество изображений.

Исходя из полученных результатов, можно говорить, что дальнейшее развитие методов кодирования должно проходить при комбинированном использовании приведенных методов обработки изображений, которые разделяют изображение на множество областей и производят их обработку алгоритмом, приспособленным к статическим или структурным свойствам этих областей.

Список литературы. 1. Сокращение избыточности. Тематический выпуск // ТИИЭР, 1997, т. 55. № 3. – с. 250. 2. *Свириденко В.А.* Анализ систем со сжатием данных. – М.: Связь, 1977. – с. 184. 3. Методы передачи изображений. Сокращение избыточности. / *К. Прэтт, Д.Д. Сакрисон, Х.Г.Д. Мусманн и др.* Под ред. У.К.Претта: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. – с. 264. 4. *Иванов В.Г. Ломоносов Ю.В. Любарский М.Г.* Фурье и вейвлет анализ изображений в плоскости JPEG технологий // Проблемы управления и информатики. – 2004 № 5 С. 111-124. 5. *Дж. Миано.* Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии. Уч. пособ. – М.: Изд-во Триумф, 2003. – с. 336. 6. *М. Кунт, А. Икономопулос, М. Кошер.* Методы кодирования изображений второго поколения // ТИИЭР, 1985, т. 73. № 4. – с. 59-86. 7. *Павлидис Т.* Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. Пер. с англ. – М.: Радио и связь. 1986. – с. 400. 8. *Д. Сэломон.* Сжатие данных, изображений и звука. Пер. с англ. В.В. Чепыжева. – М.: Техносфера, 2004. – с. 368.

Поступила в редколлегию 19.04.05