

## ЗОНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМ РАЗБИЕНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННО - ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

к.т.н С.В. Малахов, к.т.н. А.Д. Буханцов  
(представил к.т.н., проф. А.В.Королев)

В работе рассматриваются две конфигурации областей селекции коэффициентов трансформант при реализации зонального кодирования видеоданных посредством ортогональных преобразований.

Анализ существующих средств сжатия видеоданных (СЖВ), использующих кодирование с преобразованием [1-4] показал, что задача селекции коэффициентов трансформант решается, в основном, путем использования двух методов: 1 - зонального; 2 - порогового. Зональный метод характеризуется большей устойчивостью сжатых массивов видеоданных к воздействию помех при их передаче по каналам связи (КС) и относительной простотой реализации процедур селекции и восстановления коэффициентов трансформант. Как следствие, данный метод применяют в системах обработки и передачи изображений, функционирующих в реальном масштабе времени.

Пороговый метод отличает улучшенное качество восстанавливаемых изображений, однако для него характерны: - некоторое увеличение объема цифрового описания сжатых массивов видеоданных; - повышенная чувствительность к ошибкам при адресации значимых коэффициентов [2,4].

Существует и другой подход к процедуре селекции коэффициентов, реализованный в стандарте сжатия JPEG [1,3,5]. Здесь на этапе отбора коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП) используется матрица округления, значения которой формируются в зависимости от установленного пользователем «фактора качества». Это позволяет найти определенный компромисс между требуемой степенью сжатия с одной стороны и качеством восстанавливаемых репродукций с другой.

Исследование методов формирования сжатых массивов видеоданных показало, что на этапе селекции коэффициентов преобразования в системах передачи малоподвижных изображений (телеконференции, мобильные телефоны с передачей TV изображений) наиболее «привлекательным» решением является, использование зонального метода. Однако, во многих случаях (идентификация объектов изображений в режиме стоп кадра, определение различных характеристик изображений и др.) данный метод не обеспечивает достаточную разрешающую способность репродукций. Поэтому был проведен цикл исследований направленных на улучшение качества восстанавливаемых изображений при реализации зонального принципа кодирования [6].

Модель отбора коэффициентов при реализации зонального кодирования заключается в следующем. Если через  $I_t$  обозначить адреса передаваемых коэффициентов трансформант ( $y_{u,v}$ )

$$I_t = \{(u, v); |y_{u,v}| \geq 1\}, \quad (1)$$

а  $n_t$  - их число, то можно определить функцию зонального маскирования

$$m(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{где } u, v \in I_t; \\ 0, & \text{в противном варианте,} \end{cases} \quad (2)$$

которая равна 1 в зоне сосредоточения  $n_t$  наибольших значений  $y_{u,v}$ . Таким образом, реализуется зональная селекция коэффициентов преобразования.

В ходе экспериментов исследовалась возможность улучшения качества восстанавливаемых репродукций путем формирования в области трансформанты, не охваченной функцией зонального маскирования (2), дополнительных зон (областей) с заданной конфигурацией [6]. Рассмотрим два способа формирования областей селекции коэффициентов трансформант (ОСКТ) (рис. 1).

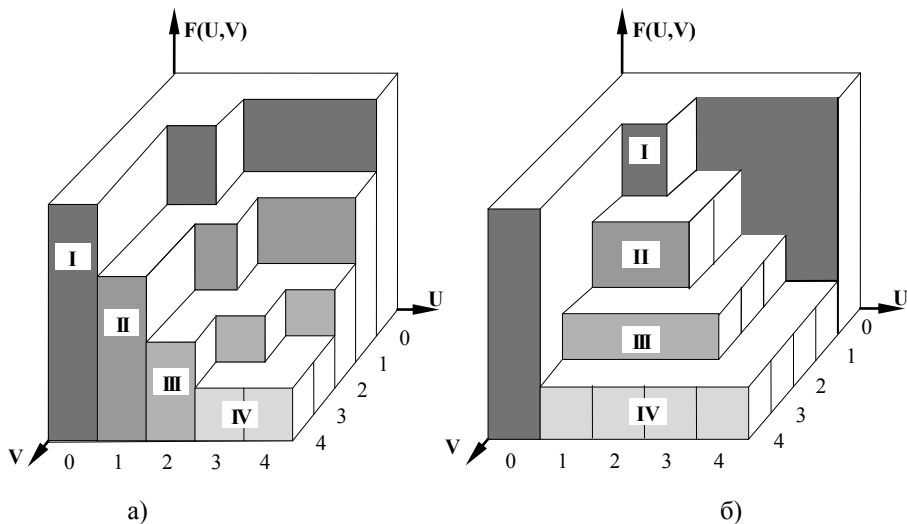


Рис. 1. Два способа формирования ОСКТ

В отличие от известного метода «пирамиды Лапласа» [1] в данном случае реализуется: 1 – пропорциональное присутствие в каждой из зон контуров деталей изображения, имеющих вертикальную и горизонтальную протяженность; 2 - постепенное повышение пространственных частот составляющих спектра в каждой из зон. Причем оба способа охватывают всю пространственно-частотную область обрабатываемого блока изображения, в результате чего удастся более полно сохранить высокочастотную информацию и улучшить разрешающую способность восстанавливаемых репродукций.

В обоих рассматриваемых случаях (рис.1) все коэффициенты, образующие область I, как и при традиционном зональном кодировании, округлялись до целых и сохранялись с соответствующими знаками фаз [2,4]. Для каждой из последующих областей (обл. II-IV, рис.1) сохраняется среднее значение амплитуды составляющих ее коэффициентов, которое затем используется при восстановлении трансформанты для заполнения отсутствующих позиций в соответствующих областях. При этом фазовые составляющие всех коэффициентов трансформанты сохраняются в виде массива матриц знаков (МЗ) [6].

В случае необходимости повышения коэффициента сжатия уменьшение объема цифрового описания каждой трансформанты реализуется в два этапа. Первый этап – уменьшение количества значений, характеризующих среднюю амплитуду коэффициентов в каждой из сформированных зон, реализуется за счет слияния соседних областей. На рис.2 представлены, исходная трансфор-

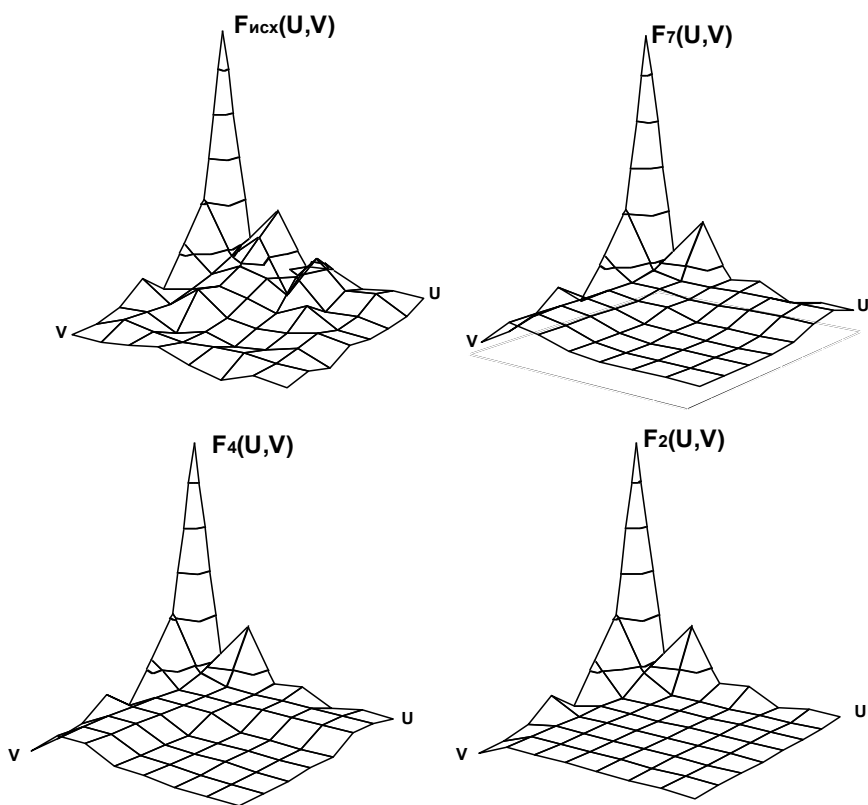


Рис. 2. Трансформанты, формируемые при различном количестве ОСКТ

манта размером  $8 \times 8$  эл. ( $F_{исх}(U,V)$ ) и полученные при использовании I-го

способа формирования ОСКТ в вариантах 7-ми ( $F_7(U,V)$ ), 4-х ( $F_4(U,V)$ ) и 2-х ( $F_2(U,V)$ ) областей селекции. Например, путем объединения II - III, IV - V и VI - VII областей варианта  $F_7(U,V)$  переходим к  $F_4(U,V)$  и т.д.. Процесс слияния зон не затрагивает I-ю область, а в случаях  $F_2(U,V)$  и  $F_1(U,V)$  - 1-й и 2-й способы (рис.2) идентичны. Следует заметить, что значения всех коэффициентов, представленных на рис.2, взяты по модулю.

Второй этап – сокращение цифрового описания массива МЗ, реализуется поочередным (начиная с последней зоны) устранением из передачи фазовых составляющих коэффициентов преобразования. Данная процедура также не затрагивает зону I (рис.1).

В ходе проведенных экспериментов обработке подвергались полутоновые (256 градаций яркости) изображения типа аэрофотоснимок и фото с искусственного спутника земли (ИСЗ). Исходный кадр изображения делился на блоки размером  $8 \times 8$  элементов с последующим проведением ДКП [1-3]. Полученные в результате экспериментов диаграммы, представлены на рис.3.



Рис. 3. Зависимость  $K_r$  от количества зон

На них вдоль оси  $X$  указано количество зон трансформант используемых при восстановлении исходного блока изображения (рис.3). Вдоль оси  $Y$  указана величина коэффициента разницы -  $K_r$ , связывающего взятые по модулю значения разности яркостей элементов исходного и восстановленного изображений ( $|\Delta x_{ij}|$ ) с их количеством. Условно разделим весь диапазон изменения значений  $|\Delta x_{ij}|$  на две части. Первый участок  $0 \leq |\Delta x_{ij}| \leq 4$  (рис.3,а) характеризуется едва заметными для наблюдателя изменениями яркости элементов изображения [1]. Для него значение  $K_r$  определяется, как

$$K_r = \sum_{\Delta X_{ij}=0}^4 \frac{|\Delta X_{ij}|}{n}, \quad (3)$$

где  $n$  – общее количество элементов восстановленного изображения, отлича-

ющихся от их оригинала на величину  $|\Delta x_{ij}|$ .

Второй, гораздо более существенный участок (рис.3,б) характеризуется тем, что значения  $|\Delta x_{ij}|$  превышают порог заметности изменения яркости пикселей, т.е.  $|\Delta x_{ij}| > 4$  [1]. В этом случае значение  $K_r$  определяется как

$$K_r = \sum_{\Delta X_{ij}=5}^9 \frac{n}{|\Delta X_{ij}|}. \quad (4)$$

В обоих случаях, чем меньше значение  $K_r$ , тем меньше отличие восстановленной репродукции от ее оригинала (полное совпадение при  $K_r=0$ ). Из всего диапазона изменения значений  $|\Delta x_{ij}|$ , нас в большей степени интересуют результаты, полученные для второго участка (рис.3,б), т.е. визуально заметные изменения яркости элементов исходного изображения.

Анализ зависимостей, представленных на рис.3,б, позволяет сделать следующие выводы: 1 - при  $F_2(U,V)$  и  $F_7(U,V)$  оба рассмотренных способа идентичны; 2 – при трехзонной обработке трансформант ( $F_3(U,V)$ ) в обоих случаях наблюдается резкое ухудшение качества восстанавливаемых изображений. Поэтому после реализации варианта  $F_4(U,V)$ , при необходимости дальнейшего повышения коэффициента сжатия, рекомендуется использовать переход  $F_4(U,V) \rightarrow F_2(U,V)$ ; 3 – характеристика коэффициента разницы для первого способа в области  $5 \leq |\Delta x_{ij}| \leq 9$  находится заметно ниже характеристики второго способа. Отсюда следует, что при необходимости обеспечения улучшенной разрешающей способности восстанавливаемых изображений ( $F_7(U,V), F_4(U,V)$ ) целесообразно использование первого способа формирования ОСКТ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев Ю.Б., Дворкович В.П. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. – М.: МЦНТИ, 1997. – 212 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1985. – 736 с.
3. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
4. Уинтц П.А. Кодирование изображения посредством преобразований // ТИИЭР. – 1972. – № 7. – С. 69 - 81.
5. Мاستрюков Д. Алгоритмы сжатия информации // Монитор. – 1994. – № 6. – С.12 - 20.
6. Малахов С.В., Виноградов Н.В., Королева Н.А. Улучшение качества восстановления изображений при использовании модифицированного зонального метода сжатия // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – № 4. – С. 103 - 104.

*Поступила в редколлегию 21.05.2001*