

## ЗОНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОЭТАПНОМ ИЗМЕНЕНИИ СОСТОЯНИЯ МАТРИЦ ЗНАКОВ

к.т.н. С.В. Малахов, Н.А. Королёва  
(представил проф. А.В. Королёв)

*Представлены результаты экспериментальных исследований по сжатию пултоновых изображений посредством кодирования с преобразованием при последовательном укрупнении сформированных зон селекции коэффициентов преобразования и поэтапном сокращении количества сохраняемых фазовых составляющих спектра.*

В ранее опубликованных работах [1, 2] были предложены и исследованы два способа формирования областей селекции коэффициентов трансформант (ОСКТ), полученных в результате проведения дискретного косинусного преобразования (ДКП) [3] при реализации модифицированного зонального кодирования. Так, в статье [1] представлены результаты экспериментов, направленных на изучение зависимости качества восстанавливаемых изображений от количества ОСКТ. При реализации предложенных способов, информация о фазовых составляющих коэффициентов преобразования сохранялась в полном объеме путем формирования массива матриц знаков (МЗ) [4].

В работе [2] с целью увеличения степени сжатия изображений, проанализирована возможность полного исключения фазовых составляющих спектра в неохваченной функцией зонального маскирования области трансформант при реализации предложенных способов формирования ОСКТ.

Данная работа направлена на изучение изменения качества восстанавливаемых изображений и коэффициента сжатия при поэтапном уменьшении количества ОСКТ и исключении из МЗ все возрастающего количества составляющих их компонент. Данный вариант обработки трансформант является переходным между способами, рассмотренными в [1,2].

Суть рассматриваемого варианта поясняет рис. 1. Здесь в качестве исходной трансформанты  $F_N(U;V)$  (где  $N$  – количество формируемых ОСКТ) является матрица размером  $8 \times 8$  элементов (эл.). Левая верхняя трансформанта ( $F_7(U;V)$ ) сформирована посредством применения первого способа формирования ОСКТ, а левая нижняя матрица синтезирована 2-м способом [1]. Как следует из [2] для матрицы размером  $8 \times 8$  эл. возможно проведение 4-х шагов ( $\tau$ ) по объединению смежных зон. Таким образом, для  $F_7(U;V)$  при использовании 1 и 2-го рассматриваемых способов  $\tau = 4$  (рис.1). На третьем шаге объединения смежных зон ( $\tau = 3$ ) первый и второй способы формируют трансформанту с одинаковой конфигурацией ОСКТ ( $F_2(U;V)$ ).

При реализации 4-го шага объединения смежных зон формируется матрица  $F_1(U;V)$ , которая аналогична матрице, получаемой в результате использования традиционного зонального отбора коэффициентов (**Zonal**) [2, 3].

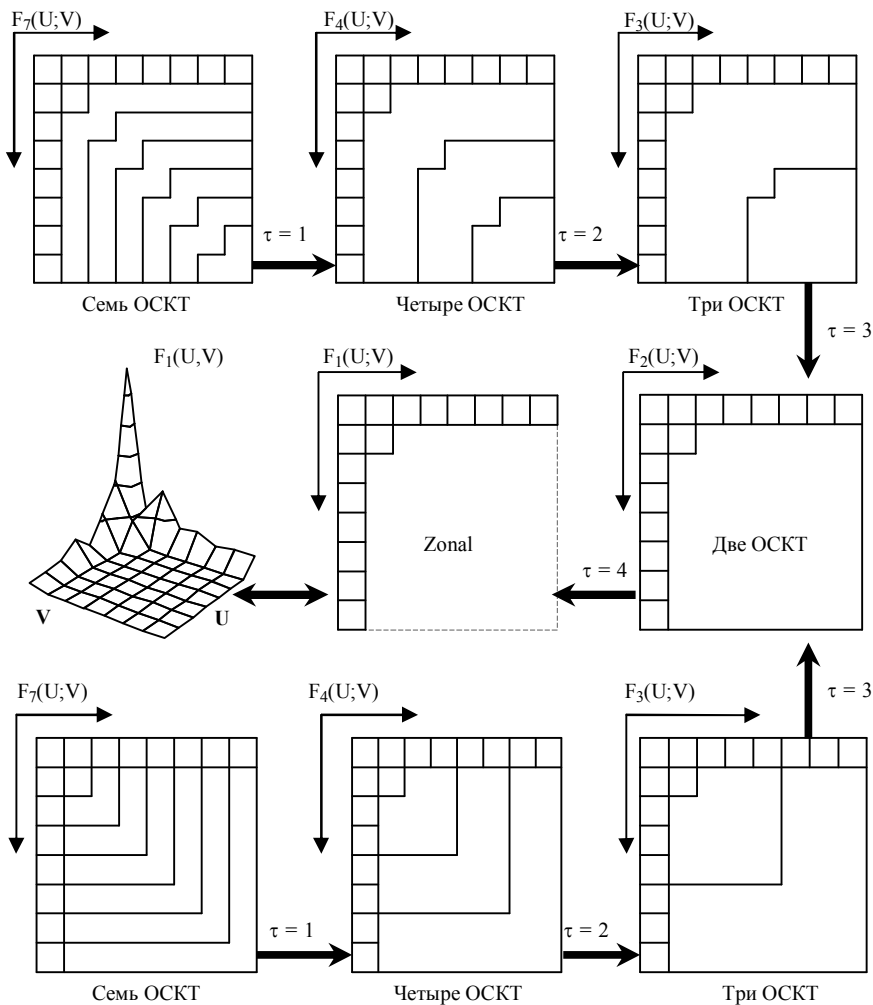


Рис.1. Алгоритм объединения ОСКТ для матрицы 8x8 элементов

Типичный вид формируемой при этом трансформанты представлен на рис.1 в 6-й позиции.

В [2] для различных вариантов обработки трансформант были введены следующие условные обозначения:  $F_N(U;V) + M3$  – трансформанта, содержащая  $N$  зон при полном сохранении  $M3$ ;  $F_N(U;V) - M3$  – трансформанта содержащая  $N$  зон при полном исключении из  $M3$  той части информации, которая связана с коэффициентами, не охваченными функцией зонального маскирования.

При проведении данного этапа исследований проводилось: 1 - сокращение количества зон -  $N$  (где  $N = 7;4;3;2;1$ ) [1]; 2 - поэтапное уменьшение объема информации  $M3$  для каждой  $F_N(U;V)$ . Введем обозначение состояния  $M3$  (табл.1) после изъятия из нее части информации. Обозначим трансформанту, содержащую  $N$  зон с исключенной информацией о знаках фаз коэффициентов ДКП в  $\eta$ -той зоне, как  $F_N(U;V) - M3_\eta$ . Так, например, условная запись  $F_7(U;V) - M3_{2-7}$  обозначает: 7 зон селекции; полностью исключена информация о фазах коэффициентов ДКП во 2,3;4;5;6;7-ой зонах (левая верхняя и левая нижняя матрицы на рис. 1).

Таблица 1

Значение коэффициента сжатия при различных вариантах обработки

Способ	Варианты обработки трансформант							
	$F_7(U;V) \pm$ состояние $M3$							
	+M3	-M3 <sub>7</sub>	-M3 <sub>6,7</sub>	-M3 <sub>5,7</sub>	-M3 <sub>4,7</sub>	-M3 <sub>3,7</sub>	-M3 <sub>2,7</sub>	Zonal
<b>1</b>	2,64	2,68	2,75	2,86	3,01	3,22	3,51	5,22
<b>2</b>	2,64	2,83	3,01	3,18	3,32	3,44	3,51	5,22
$F_4(U;V) \pm$ состояние $M3$								
	+M3	-M3 <sub>4</sub>	-M3 <sub>3,4</sub>	-M3 <sub>2,4</sub>	Zonal			
<b>1</b>	3,01	3,16	3,51	4,19	5,22			
<b>2</b>	3,01	3,51	3,94	4,19	5,22			
$F_3(U;V) \pm$ состояние $M3$								
	+M3	-M3 <sub>3</sub>	-M3 <sub>2,3</sub>	Zonal				
<b>1</b>	3,16	3,48	4,49	5,22				
<b>2</b>	3,16	3,97	4,49	5,22				
$F_2(U;V) \pm$ состояние $M3$								
	+M3	-M3 <sub>2</sub>	Zonal					
<b>1</b>	3,32	4,83	5,22					
<b>2</b>	3,32	4,83	5,22					

Таким образом, с учетом введенных обозначений в табл. 1 представлены значения коэффициента сжатия ( $K_{сж}$ ) [3], полученные при различном количестве ОСКТ и состоянии  $M3$ . В ходе выполнения экспериментов основное внимание было обращено не на достижение максимального коэффициента сжатия, а на подбор вариантов обработки трансфор-

мант, позволяющих получить, по сравнению с зональным методом, более высокое качество восстанавливаемых изображений при соразмерном с ним коэффициенте сжатия. При этом использован следующий расход бит для кодирования одного элемента: МЗ - 1 бит [4]; средняя амплитуда коэффициентов в каждой из зон – 8 бит; средняя яркость блока изображения (коэффициент  $Y_{00}$ ) – 8 бит; коэффициенты трансформанты, охваченные функцией зонального маскирования [2] – 5 бит. Следует заметить, что использованный расход бит не является оптимальным (в данном случае избыточен), но соотношение между  $K_{сж}$  для зонального метода и предложенными способами, сохранится.

Для оценки степени отличия восстановленных блоков изображения относительно их оригинала, использован введенный в [1,2] коэффициент разницы  $K_r$ . Причем оценка проведена только для визуально фиксируемых изменений яркости (более 4-х градаций) [3]. Так, в табл. 2 представлена последовательность шагов по изменению вариантов обработки трансформант, обеспечивающая *постепенный* рост искажений восстановленных изображений (значение  $K_r$ ), ограниченный величиной искажений для традиционного зонального метода (**Zonal**).

Таблица 2

Последовательность шагов при обработке трансформант

№ шага	Вариант обработки трансформант	$K_r$	$K_{сж}$
1	1 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>7</sub>	0,366	2,68
2	2 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>7</sub>	0,82	2,83
3	1 спб. $F_4(U;V)$ -МЗ <sub>4</sub>	1,068	3,16
4	1 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>4,7</sub>	1,424	3,01
5	2 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>4,7</sub>	1,458	3,32
6	1 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>3,7</sub>	1,524	3,22
7	2 спб. $F_7(U;V)$ -МЗ <sub>3,7</sub>	1,655	3,18
8	Zonal	1,6593	5,22

В последней графе табл. 2 приведены коэффициенты сжатия, полученные при соответствующих режимах обработки (табл. 1).

Анализ полученных переходов (графа 2, табл. 2) позволил сделать вывод о том, что задачу сжатия видеоданных следует рассматривать в двух аспектах. Первый и основной – достижение максимальной компрессии при ограниченных (заданных) искажениях. Второй, косвенный – обеспечение необходимой (ввиду аппаратных ограничений при универсальности всего алгоритма) вычислительной сложности алгоритма восстановления за счет формирования сжатого массива, поддерживающего многовариантность последующей обработки. Следует заметить, что косвенный вариант реализации алгоритма сжатия, приводит к относительному уменьшению степени сжатия.

На примере двух предложенных способов формирования ОСКТ [1], проанализируем процесс формирования сжатого массива видеоданных, поддер-

живающий их последующую многовариантную обработку. Актуальность такого режима рассмотрим на следующем примере. Выход цифровой видеокамеры подключен к устройству сжатия видеоданных. Алгоритм сжатия производит обработку трансформант первым или вторым способом с реализацией варианта  $F_7(U;V)$  (левая верхняя и левая нижняя матрицы рис.1). При этом реализуется межкадровый режим кодирования, в основу которого положены психовизуальные особенности восприятия человеком динамических сцен [3]. В соответствии с этими принципами нет необходимости производить передачу и декодирование областей межкадровой разницы с высоким разрешением, т.е. трансформант в варианте  $F_7(U;V)$ . Поэтому на передающей стороне из сформированного базового сжатого массива видеоданных, представляющего последовательность трансформант варианта  $F_7(U;V)$ , синтезируется новый массив трансформант, ориентированный на трансляцию видео. Этот массив представляет собой упрощенный вариант базовых посылок ( $F_7(U;V)$ ), полученный при проведении  $\tau$  шагов [2] по объединению соседних ОСКТ (рис.1):

$$F_7(U;V) \xrightarrow{\tau=1} F_4(U;V) \xrightarrow{\tau=2} F_3(U;V) \xrightarrow{\tau=3} F_2(U;V) \xrightarrow{\tau=4} F_1(U;V).$$

Таким образом, посредством выборочного и визуально не фиксируемого уменьшения разрешающей способности передаваемых динамических сцен, разгружается задействованный канал связи.

При необходимости реализации режима «стоп кадр» проявляются искажения в виде блочности и размыва границ наблюдаемых объектов, в результате чего ухудшается общая резкость выбранного кадра изображения. Данная ситуация возникает при необходимости идентификации наблюдаемых объектов (например лица) и вывода на печать выбранного фрагмента. В этом случае для выбранного кадра изображения производится считывание базовой последовательности трансформант (вариант  $F_7(U;V)$ , рис.1), что приводит к улучшению качества воспроизведения (печати) выбранного изображения. При этом, чем большее количество зон ( $N$ ) сформировано в базовой последовательности трансформант, тем выше качество восстанавливаемого кадра изображения, и тем больше количество вариантов перестройки ( $\tau$ ; плюс состояние МЗ, табл.1) обеспечивает алгоритм восстановления. Естественно, что процесс перехода от одного варианта обработки трансформант к другому (рис.1) имеет однонаправленный характер и не возможен в обратном порядке, так как при этом теряется весь смысл этой операции. Поэтому важен вариант сохранения базовой последовательности трансформант.

С учетом вышесказанного, последовательность шагов по изменению вариантов обработки трансформант, представленная в табл. 2, упорядочивается в последовательность, приведенную в табл. 3.

В ней каждый очередной шаг варианта перестройки алгоритма использует в качестве базового предыдущий или первый (исходный) вариант кодирования с соответствующим ему состоянием МЗ.

Таблица переходов

№ шага	Способ обработки	
	1 спб. (варианты обработки*)	2 спб. (варианты обработки*)
1	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>7</sub>	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>7</sub>
2	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>4-7</sub>	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>4-7</sub>
3	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>3-7</sub>	$F_7(U;V)$ -МЗ <sub>5-7</sub>
4	Zonal	Zonal

\* - характеристики каждого из вариантов ( $K_r; K_{сж}$ ) представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- синтезированная последовательность перестройки алгоритма сжатия (табл. 3), носит многовариантный характер обработки трансформант;
- разработанные варианты обеспечивают, по сравнению с зональным методом, более высокое качество восстанавливаемых изображений (табл. 2) при соразмерных с ним коэффициентах сжатия (табл. 1);
- все рассмотренные варианты обработки имеют малую вычислительную сложность, что позволяет поддерживать высокую скорость сжатия и визуализации видеоданных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малахов С.В., Буханцов А.Д. Зональное кодирование изображений с различным разбиением пространственно-частотной области // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вып. 4(14). – С.121 - 125.
2. Королёв А.В., Малахов С.В., Линник Н.Ф. // Модифицированное зональное сжатие изображений при частичном устранении фазовых составляющих спектра // Системы обработки информации. - Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. - 2001. - Вып.5(15). – С. 176 - 180.
3. Зубарев Ю.Б., Дворкович В.П. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. – М.: МЦНТИ, 1997. – 212 с.
4. Королёв А.В., Рубан И.В., Малахов С.В. Сжатие матрицы знаков при использовании кодирования с преобразованием // ИУСЖТ. – 1997. – № 3. – С.12 - 14.

Поступила 8.01.2002

**МАЛАХОВ Сергей Витальевич**, канд. техн. наук, начальник НИЛ научного центра ХВУ. В 1990 году окончил Харьковское ВВКИУРВ. Область научных интересов - управление и связь, обработка изображений.

**КОРОЛЁВА Наталья Анатольевна**, аспирантка ХарГАЖТ. В 1999 году закончила Харьковскую ГАЖТ. Область научных интересов - управление и связь, обработка изображений.