

## МОДИФИЦИРОВАННОЕ ЗОНАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ЧАСТИЧНОМ УСТРАНЕНИИ ФАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СПЕКТРА

проф. А.В. Королев, к.т.н. С.В. Малахов, Н.Ф. Линник

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по сжатию и восстановлению полутоновых изображений посредством проведения дискретного косинусного преобразования (ДКП) при устранении части фазовых составляющих спектральных коэффициентов. При обработке трансформант использован модифицированный зональный метод, реализующий два различных способа разбиения пространственно - частотной области.

Данная работа подводит итог очередного этапа исследований, связанных с улучшением качества восстановления полутоновых изображений при использовании двух (рис.1-3) способов формирования областей селекции коэффициентов трансформант (ОСКТ), получаемых в результате проведения ДКП [1,2,4,5]. В результате этих исследований стала оче-

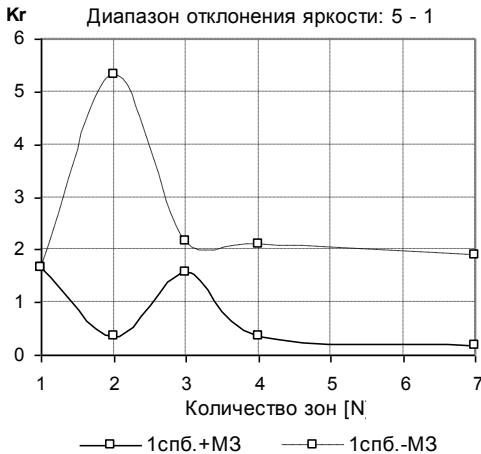


Рис.1. Взаимосвязь между значением  $K_r$  и количеством зон для 1-го способа

видной возможность повышения коэффициента сжатия изображений, путем исключения из состава сжатого массива видеоданных, части фазовых составляющих коэффициентов преобразования ( $y_{u,v}$ ). Информация о фазовых составляющих коэффициентов преобразования содержится в формируемых алгоритмом сжатия, матрицах знаков (МЗ) [3]. Объем цифрового описания одной МЗ ( $W_{МЗ}$ ) зависит от размера ( $n$ ) блоков исходного изображения ( $X$ ),

мых блоков изображения ( $X'$ ) при устранении из МЗ той части информации, которая не связана с коэффициентами ДКП, охваченными функцией зонального маскирования (рис.4,5)

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

где  $I_t$  – адреса сохраняемых коэффициентов, а  $u, v$  – координаты коэффициентов преобразования в трансформантах  $F(U, V)$ .

Обозначим через  $n_t$  – число сохраняемых коэффициентов трансформант ( $y_{u,v}$ ). Тогда, исходя из (1), функция зонального маскирования равна 1 в зоне сосредоточения  $n_t$  сохраняемых значений  $y_{u,v}$ . Таким образом, в результате проведения операции исключения из МЗ части фазовых составляющих коэффициентов ДКП, объем цифрового описания каждой МЗ уменьшится и составит

$$W_{MЗ} = n^2 - n_t^* \text{ бит,} \quad (2)$$

где  $n_t^* \notin n_t$ .

Все  $n_t^*$  количество коэффициентов, не охваченных функцией зонального маскирования, группируется в нескольких ОСКТ (зонах) с заданной конфигурацией [4,5]. Общее количество зон ( $N$ ) зависит от размера блоков изображения ( $N = n - 1$ ) и количества проведенных шагов по их объединению ( $\tau$ ). Обозначим трансформанту, содержащую  $N$  зон, как  $F_N(U, V)$ . Так как в эксперимен-

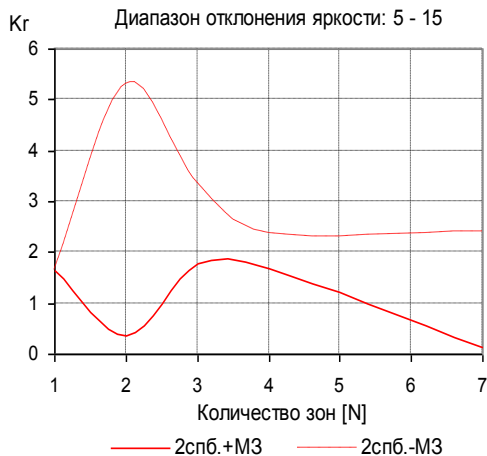


Рис.2. Взаимосвязь между значением  $K_g$  и количеством зон для 2 способа

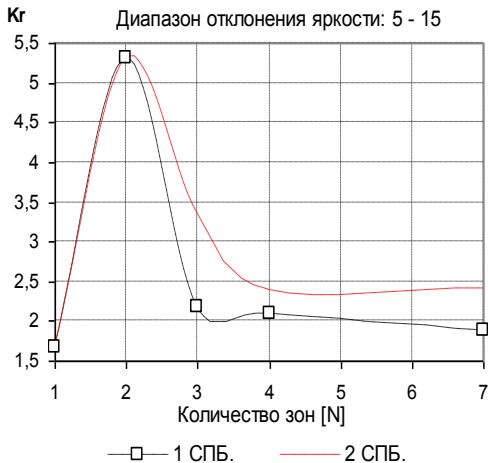


Рис.3. Взаимосвязь между значением  $K_g$  и количеством зон для 1 и 2 способов без сохранения МЗ

тах использовались блоки изображения с  $n = 8$ , то  $F_{исх}(U,V) = F_7(U,V)$ .

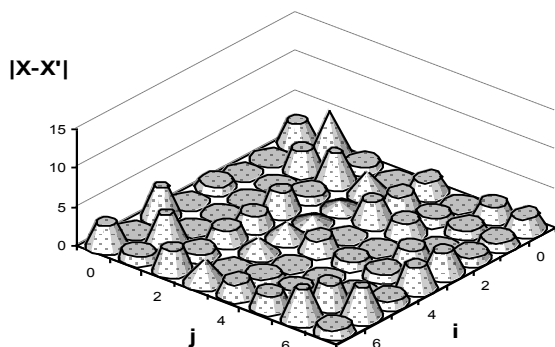


Рис.4. Величина  $|X-X'|$  для 1-го способа при передаче МЗ ( $F_7(U,V)+MЗ$ )

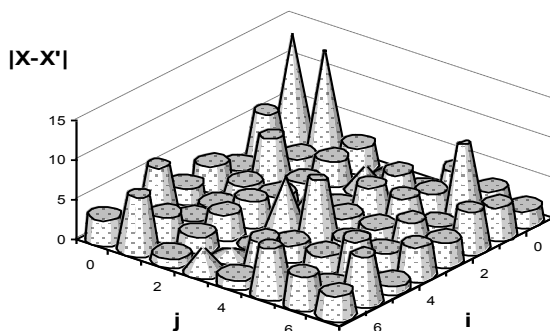


Рис.5. Величина  $|X-X'|$  для 1-го способа без передачи МЗ ( $F_7(U,V)-MЗ$ )

Для трансформанты  $F_7(U,V)$  возможно проведение четырех шагов по объединению соседних зон ( $\tau = 4$ ). Так при  $\tau = 1$  получаем  $F_4(U,V)$ ; при  $\tau = 2 \rightarrow F_3(U,V)$ ; при  $\tau = 3 \rightarrow F_2(U,V)$ ; при  $\tau = 4 \rightarrow F_1(U,V)$ .

В соответствии с предложенными способами формирования ОСКТ [4, 5], вариант  $F_1(U,V)$  соответствует классическому зональному (**Zonal**) методу обработки трансформант [2]. Поэтому,  $F_1(U,V) = F_{Zonal}(U,V)$ .

Для оценки качества восстановленных блоков изображения при применении указанных выше вариантов обработки трансформант, использован коэффициент разницы ( $K_r$ ). Он связывает взятые по модулю значения разностей яркости элементов исходного ( $X$ ) и восстановленного ( $X'$ ) блоков изображения -  $|\Delta x_{i,j}|$  с их количеством [5]:

$$K_r = \sum_{\Delta x_{ij}=5}^{\Delta x_{ij}=\max} \frac{n_{\Delta}}{|\Delta x_{ij}|}, \quad (3)$$

где  $n_{\Delta}$  – общее количество элементов восстановленного блока изображения, отличающихся от их оригинала на величину  $|\Delta x_{i,j}|$  ( $i, j$  – координаты пикселя в блоке изображения).

Предположим, что имеется изображение с тремя одинаковыми деталями произвольной формы, находящимися друг от друга на некотором расстоянии. На окружающем их сером фоне (код 128 при 8 – битовой шкале) эти детали четко различимы при их яркости, например, равной  $\frac{1}{4}$  от максимальной яркости изображения. При изменении яркости исследуемых деталей изображения отмечено, что *едва заметные* изменения яркости возникают при изменении кода, характеризующего пиксели деталей, на 4-6 единиц. Аналогичный результат получается при яркости деталей, большей яркости окружающего их фона [1]. Поэтому из всего диапазона значений  $|\Delta x_{i,j}|$ , проанализируем только визуально фиксируемые искажения исходных значений яркости элементов изображения, т.е.  $|\Delta x_{i,j}| \geq 4$ .

Обозначим трансформанты, содержащие  $N$ -ое количество ОСКТ в варианте сохранения МЗ, как  $F_N(U,V)+MЗ$ . Тогда трансформанты с исключенной из МЗ частью фазовых составляющих (2) обозначим, как  $F_N(U,V) - MЗ$ . В соответствии со сделанными обозначениями на рис.1 - 3 представлена зависимость  $K_r$  от  $N$  для предложенных способов формирования ОСКТ [4,5] при реализации двух указанных выше вариантов обработки трансформант.

Анализ зависимостей, представленных на рис.1 – 3, позволяет сделать следующие выводы.

1. При исключении фазовых составляющих коэффициентов, не входящих в 1-ю зону, в обоих вариантах формирования ОСКТ происходит увеличение амплитуды ошибки восстанавливаемых элементов изображений (рис.4, 5).

2. Наибольшее искажение восстанавливаемых изображений зафиксировано в случае  $F_2(U,V) - MЗ$  (рис.3). Таким образом, при использовании обоих рассматриваемых способов данный вариант обработки трансформант необходимо исключить.

3. Характеристика  $K_r$  для 1-го способа формирования ОСКТ, начиная с  $N = 3$  ( $\tau = 2$ ), находится заметно ниже характеристики 2-го способа

(рис.3). Отсюда следует, что 1-й способ при исключении МЗ обеспечивает лучшее качество восстановления изображений.

4. В случаях  $F_2(U,V)$  и  $F_1(U,V)$  результаты применения 1-го и 2-го способов формирования ОСКТ идентичны, как в случае  $F_N(U,V) + MЗ$ , так и  $F_N(U,V) - MЗ$  (рис.1 - 3).

5. Анализ зависимостей, представленных на рис.1 - 2, позволяет констатировать, что наибольшее сближение характеристик при реализации вариантов  $F_N(U,V) + MЗ$  и  $F_N(U,V) - MЗ$  наблюдается при  $N = 3$ , т.е.  $F_3(U,V)$ . В случаях же  $F_4(U,V)$  и  $F_7(U,V)$  – разница довольно ощутима.

6. Так как при реализации варианта  $F_3(U,V) + MЗ$  наблюдается резкое ухудшение качества восстанавливаемых репродукций, то рекомендуется переход к варианту  $F_3(U,V) - MЗ$ . Это позволит уменьшить объем сжатого массива данных для каждой трансформанты на  $n^2 - 2n$  бит.

7. С учетом [1,5] рекомендуемая последовательность обработки трансформант выглядит следующим образом: 1-й способ формирования ОСКТ  $\rightarrow F_7(U,V) + MЗ \rightarrow F_4(U,V) + MЗ \rightarrow F_3(U,V) - MЗ \rightarrow F_2(U,V) + MЗ \rightarrow F_1(U,V) = F_{Zonal}(U,V)$ .

## 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. Королев А.В., Рубан И.В., Малахов С.В. Сжатие матрицы знаков при использовании кодирования с преобразованием // ИУСЖТ. – 1997. – № 3. – С. 12 - 14.
4. Малахов С.В., Виноградов Н.В., Королева Н.А. Исследование характеристик зонального сжатия изображений при различных способах формирования областей селекции коэффициентов трансформант // ИУСЖТ. – 2000. – № 3. – С. 107.
5. 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.

*Поступила в редколлегию 17.09.2001*