

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-

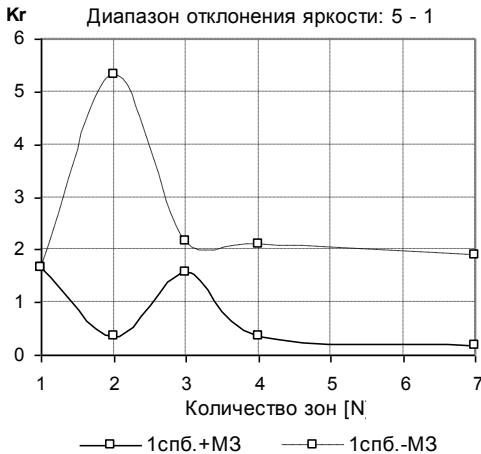


Рис.1. Взаимосвязь между значением K_r и количеством зон для 1-го способа

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), на которые делится кадр изображения и равен n^2 бит. Целью исследований является: выяснение характера изменения качества восстанавливае-

мой информации.

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 ($u_{u,v}$). Тогда, исходя из (1), функция зонального маскирования равна 1 в зоне сосредоточения n_t сохраняемых значений $u_{u,v}$. 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 (τ). Обозначим трансформанту, содержащую N зон, как $F_N(U, V)$. Так как в эксперимен-

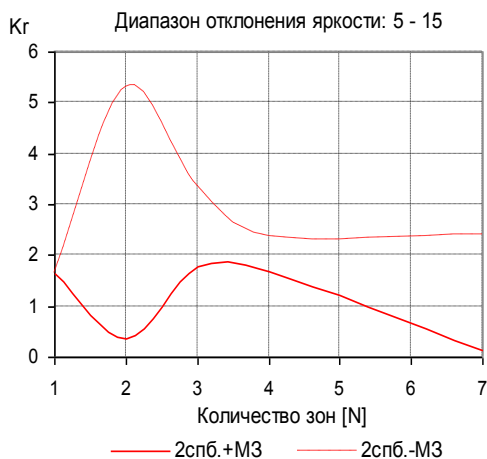


Рис.2. Взаимосвязь между значением K_g и количеством зон для 2 способа

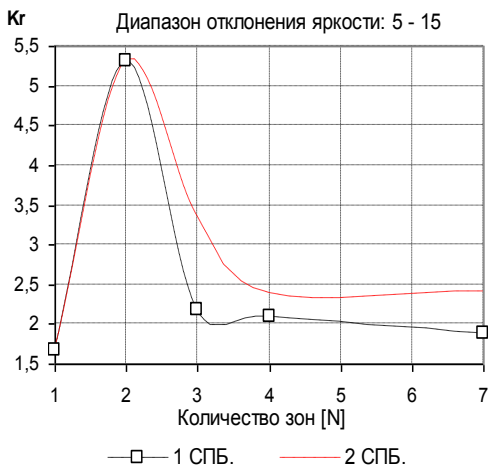


Рис.3. Взаимосвязь между значением K_g и количеством зон для 1 и 2 способов без сохранения МЗ

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

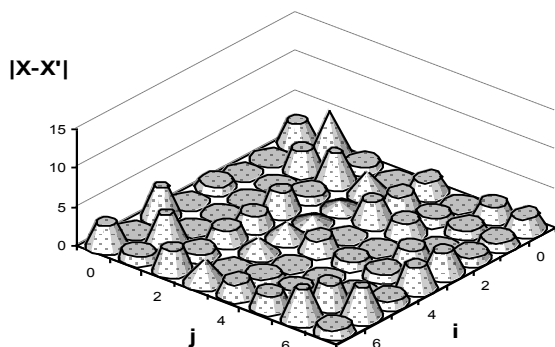


Рис.4. Величина $|X-X'|$ для 1-го способа при передаче МЗ ($F_7(U,V)+MЗ$)

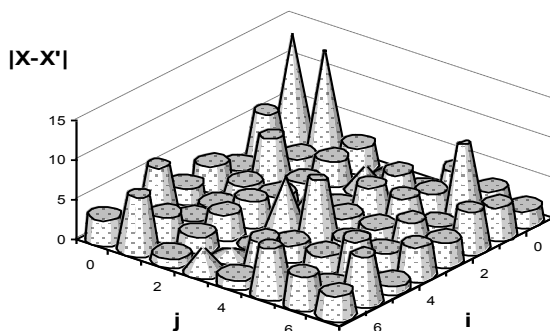


Рис.5. Величина $|X-X'|$ для 1-го способа без передачи МЗ ($F_7(U,V)-MЗ$)

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_{Δ} – 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