

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ

Предложена методика оценки качества восстанавливаемых изображений, к которым применен метод сокращения цифрового описания видеоданных, основанный на дискретных преобразованиях Хартли

видеоданные, обработка изображений, преобразование Хартли, восстановление изображений, сжатие видеоданных, унитарное преобразование

1. Постановка проблемы

Достижения вычислительной техники в области устройств цифровой обработки информации создали предпосылки для реализации перспективных методов сжатия видеоданных, обеспечивающих повышение эффективности передачи и хранения изображений. Сжатие данных с использованием кодирования преобразованием позволяет осуществить определенные аспекты как статистического, так и психофизического кодирования.

Соответствующие схемы сжатия изображений с преобразованием выполняют две последовательные операции. Первая операция состоит в линейном преобразовании статистически зависимых элементов изображения в набор более независимых компонентов. Вторая операция заключается в отборе и кодировании полученных коэффициентов. Таким образом, основная доля ошибок, проявляющихся при декодировании изображения, связана с этапом отбора коэффициентов [1].

Телевизионное и компьютерное изображение в его цифровом представлении можно представить в виде совокупности матриц, состоящих из фиксированного количества элементов (пикселей). Кодирование каждой матрицы посредством преобразования позволяет перейти к совокупности других матриц (трансформант) с таким же количеством элементов. При использовании преобразований необходимо

добиться того, что бы коэффициенты в трансформанте были независимыми. Кроме того, желательно, чтобы энергия изображения была сосредоточена по возможности в меньшем количестве коэффициентов.

2. Анализ известных достижений

Из унитарных преобразований, оперирующих числами в вещественной области представления, интересным, на наш взгляд, является дискретное преобразование Хартли.

Суть преобразования заключается в паре интегральных преобразований: прямом и обратном, использующих введенную функцию

$$\text{cas}(\Theta) = \cos(\Theta) + \sin(\Theta) \cdot$$

Прямое и обратное дискретное преобразование Хартли (ДПХ) определяется соотношениями:

$$H(v) = N^{-1} \sum_{\tau=0}^{N-1} f(\tau) \text{cas}(2\pi v\tau / N), \quad (1)$$

$$f(\tau) = \sum_{v=0}^{N-1} H(v) \text{cas}(2\pi v\tau / N),$$

где $\text{cas}(\Theta) = \cos(\Theta) + \sin(\Theta) \cdot$ (2)

Коэффициент N^{-1} обеспечивает равенство $H(0)$ среднему значению действительной функции $f(\tau), \tau = 0, 1, \dots, N-1$.

Дискретное преобразование Хартли двух-, четырех- и восьмиточечных векторов определяется выражениями:

$$\begin{aligned} H(0) &= (1/2) [f(0) + f(1)], \\ H(1) &= (1/2) [- f(0) - f(1)]. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} H(0) &= (1/4) [f(0) + f(1) + f(2) + f(3)], \\ H(1) &= (1/4) [f(0) + f(1) - f(2) - f(3)], \\ H(2) &= (1/4) [f(0) - f(1) + f(2) - f(3)], \\ H(3) &= (1/4) [f(0) - f(1) - f(2) + f(3)]. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} H(0) &= (1/8) [f(0) + f(1) + f(2) + f(3) + f(4) + f(5) + f(6) + f(7)], \\ H(1) &= (1/8) [f(0) + \sqrt{2}f(1) + f(2) + 0 + f(4) - \sqrt{2}f(5) - f(6) - 0], \\ H(2) &= (1/8) [f(0) + f(1) - f(2) - f(3) + f(4) + f(5) - f(6) - f(7)], \\ H(3) &= (1/8) [f(0) + 0 - f(2) + \sqrt{2}f(3) - f(4) - f(5) + f(6) - \sqrt{2}f(7)], \\ H(4) &= (1/8) [f(0) - f(1) + f(2) - f(3) + f(4) - f(5) + f(6) - f(7)], \\ H(5) &= (1/8) [f(0) - \sqrt{2}f(1) + f(2) + 0 - f(4) + \sqrt{2}f(5) - f(6) + 0], \\ H(6) &= (1/8) [f(0) - f(1) - f(2) + f(3) + f(4) - f(5) - f(6) + f(7)], \\ H(7) &= (1/8) [f(0) + 0 - f(2) - \sqrt{2}f(3) - f(4) + 0 + f(6) + \sqrt{2}f(7)]. \end{aligned} \quad (5)$$

Выражения (3-5) состоят в основном из операций сложения и вычитания, которые реализуются на современных микропроцессорах достаточно быстро в сравнении с операциями умножения и деления, что говорит о низкой вычислительной сложности ДПХ.

Анализ существующих преобразований позволяет сделать вывод, что преобразование Хартли, имеющее быстрый вычислительный алгоритм, приближается по эффективности к преобразованию Карунена - Лоэва (ПКЛ), обладающего наилучшей способностью концентрировать максимум энергии в меньшем количестве отсчетов [2].

Известны два метода отбора компонентов трансформанты: зональный и пороговый.

Если через I_t обозначить адреса передаваемых отсчетов

$$I_t = \{ k, l; y_{k,l} \geq 1 \}, \quad (6)$$

а через n_t - их число, то можно определить функцию зонального маскирования суммы, которые в среднем обладают наибольшей энергией.

$$m(k, l) = \begin{cases} 1 & \text{при } k, l \in I_t; \\ 0, & \text{в противном варианте} \end{cases}, \quad (7)$$

В соответствии с другим известным методом, сначала оцениваются все компоненты трансформанты - Y , а затем сохраняется лишь n_t отсчетов, имеющих максимальную (для данного блока изображения) амплитуду, превышающую установленный порог. Такой метод называется пороговым кодированием. При этом адреса передаваемых отсчетов имеют вид

$$I'_t = \{ (k, l): |y_{k,l}| > K_{ПОР} \}, \quad (8)$$

где $K_{ПОР}$ представляет собой соответствующим образом выбранный порог.

Таким образом, зональный отбор представляет собой не адаптивный способ сохранения членов суммы, которые в среднем обладают наибольшей энергией [3]. В соответствии с пороговым методом, сначала оцениваются все компоненты трансформанты, а затем сохраняются лишь те из них, которые превышают установленный порог. Такой метод является адаптивным, поскольку при его использовании сохраняются только те компоненты, которые оказываются большими для конкретного фрагмента, т. е. происходит процесс оптимизации отбора коэффициентов к локальной информационной структуре.

Наибольшая ошибка возникает в насыщенных деталями (высокочастотных) частях изображения и на границах фрагментов.

3. Выделение ранее нерешенной задачи

Таким образом, последствия отбрасывания коэффициентов очевидны. Можно ожидать, что для адаптивных методов существует некоторый оптимальный размер блока, так как слишком большой размер блока не позволяет осуществить адаптацию к локальным характеристикам изображения, а слишком малый размер не дает возможности учесть корреляцию элементов.

4. Основной материал

Исходя из этих соображений, было проведено исследование трансформанты, полученные в результате проведения преобразования Хартли. Для каждого типа изображений использовались различные значения параметров кодирования. Так как для исходного изображения был выбран стандартный формат (4:3) или 640×480 элементов изображения, то размер блоков на которые делилось изображение выбран исходя из тех позиций, что при делении исходного кадра они должны делить его на целое число раз.

В качестве тестового изображения использовалось полутоновое изображение 256 уровней серого. На рис. 1 представлен результат ошибки восстановления изображения предложенным методом. Результат показывает на то, что наибольшая ошибка восстановления возникает на контурах изображения.

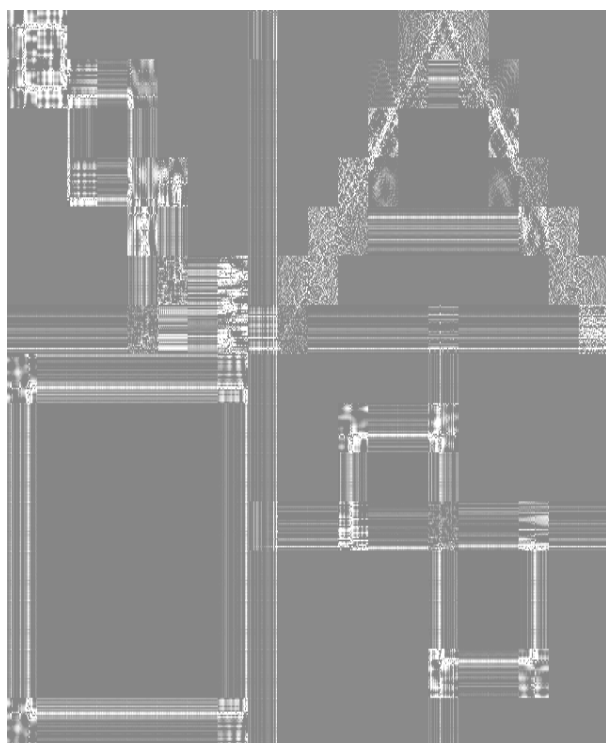


Рис. 1. Результат ошибки восстановления изображения

Сравнительная оценка проводилась относительно зонального, порогового и стандарта сжатия

JPEG. Результаты оценки представлены на рис. 2-4 и в табл. 1.

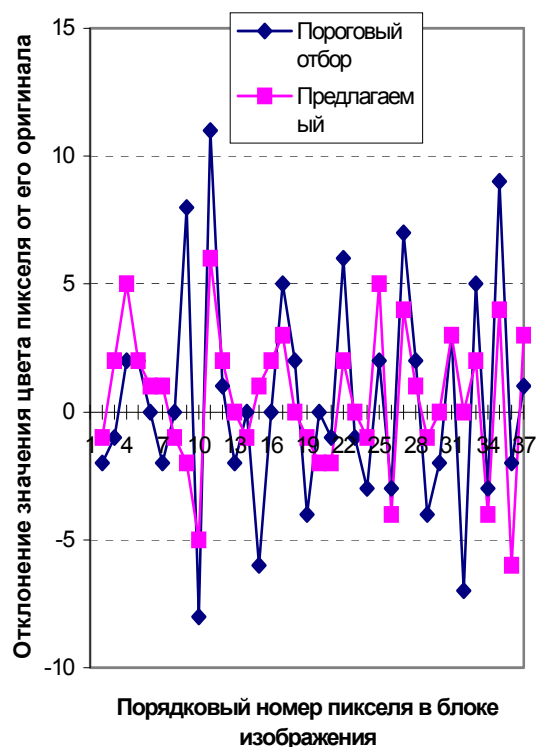


Рис. 2. Отклонение значений яркости восстановленного изображения от его оригинала при использовании зонального и предлагаемого методов

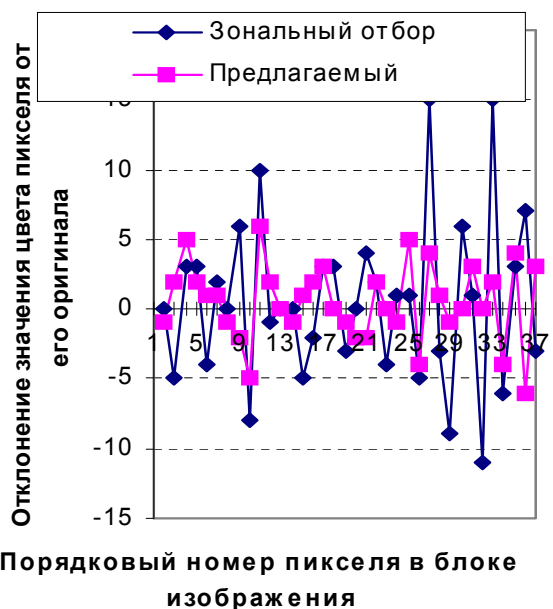


Рис. 3. Отклонение значений яркости восстановленного изображения от его оригинала при использовании порогового и предлагаемого методов

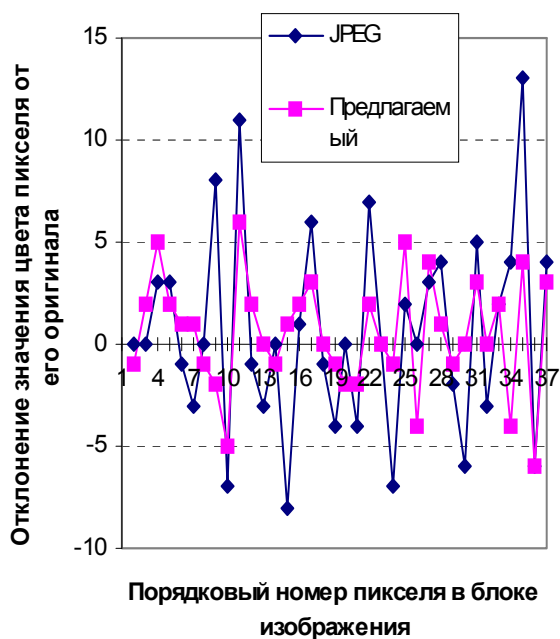


Рис.4. Отклонение значений яркости восстановленного изображения от его оригинала при использовании стандарта JPEG и предлагаемого методов

Выводы

Полученные результаты показывают, что во всех

трех случаях значения ошибок, возникающих при использовании предлагаемого метода, лежат внутри области ошибок трех других методов. Это говорит о лучшем качестве восстановления изображений при использовании предлагаемого метода.

Литература

1. Климов А.С. Форматы графических файлов. - Петербург: Издательство «ДиаСофт», 1995 – 365с.
2. Королев А.В. Рубан И.В. Исследование временных параметров визуализации изображений. // НТЖ Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 5/1996. - Харьков: Издательство ХарГАЖД, 1996 – С.55-56.
3. Королев А.В., Малахов С.В., Линник Н.Ф. Модифицированное зональное сжатие изображений при частичном устранении фазовых составляющих спектра. // Системы обработки информации. - Харьков: Издательство ХВУ, 2001-Вип.5(15). – с.176-180.

Таблица 1

Отклонение значений яркости восстановленных элементов изображения от их оригинала

Метод	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зональный	0	-5	3	3	-4	2	0	6	-8	10	-1	0
Пороговый	-2	-1	2	2	0	-2	0	8	-8	11	1	-2
JPEG	0	0	3	3	-1	-3	0	8	-7	11	-1	-3
Предлагаемый	-1	2	5	2	1	1	-1	-2	-5	6	2	0
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Зональный	0	-5	-2	3	3	-3	0	4	2	-4	1	1
Пороговый	0	-6	0	5	2	-4	0	-1	6	-1	-3	2
JPEG	0	-8	1	6	-1	-4	0	-4	7	0	-7	2
Предлагаемый	-1	1	2	3	0	-1	-2	-2	2	0	-1	5
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Зональный	-5	15	-3	-9	6	1	-11	15	-6	3	7	-3
Пороговый	-3	7	2	-4	-2	3	-7	5	-3	9	-2	1
JPEG	0	3	4	-2	-6	5	-3	2	4	13	-6	4
Предлагаемый	-4	4	1	-1	0	3	0	2	-4	4	-6	3

Поступила в редакцию 10.10.03

Рецензенты: канд. техн. наук, профессор Королев А.В., Харьковский военный университет, г. Харьков;
д-р техн. наук, профессор Костенко П.Ю., Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков