

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ФОРМИРОВАНИИ НАБОРА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

д.т.н., проф. А.В. Королёв, к.т.н. С.В. Малахов, к.т.н. А.Д. Буханцов

Представлены результаты моделирования процессов внутрикадрового кодирования с преобразованием при обработке полутоновых изображений. С целью уменьшения объема цифрового описания видеоданных использован модифицированный зональный метод кодирования, основанный на двух способах формирования областей селекции коэффициентов трансформант (ОСКТ). Исследованы различные варианты синтеза набора компонент трансформант близких по своим значениям к исходным. Проанализирована зависимость величины искажений восстанавливаемых репродукций от выбранного алгоритма обработки трансформант.

Постановка проблемы. Решение научно-технической задачи связанной с уменьшением объемов цифрового описания различной информации сопровождается все этапы построения различных систем передачи данных. Технические возможности по пропускной способности действующих каналов связи (цифровое спутниковое телевидение, сети **GSM**, **Wi-Fi** и др.) практически всегда на шаг отставали от требований, предъявляемых к скорости передачи информации, с одной стороны и к качеству и достоверности воспроизведения данных с другой. Это противоречие особенно ярко проявляется при решении вопросов, связанных с кодированием и передачей видеоинформации.

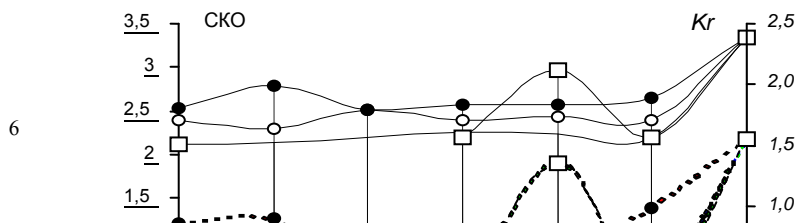
Анализ литературы. Анализ технических изданий, связанных с данной проблематикой, дает основание утверждать, что при реализации межкадрового и внутрикадрового режимов обработки видеоданных в подавляющем большинстве практически используемых систем кодирования изображений, применяются методы сжатия с преобразованием [1 – 3]. Путем использования сложных алгоритмов обработки указанные методы обеспечивают достижение достаточно высоких степеней компрессии. Эти методы относятся к группе методов сжатия с частичной потерей качества восстанавливаемых изображений (СЧПК). При использовании данных систем, потеря исходного качества репродукций, обусловлена следующими причинами: 1 – проведением субдискретизации исходных изображений; 2 – исключением из трансформант значительной части спектральных компонент;

3 – грубому квантованию оставшейся части коэффициентов трансформант;
 4 – ошибками при передаче или записи посылок сжатого массива видеоданных (в том числе ошибки адресации). Из представленного перечня причин, обуславливающих потерю исходного качества восстанавливаемых репродукций, наиболее существенное влияние на конечный результат оказывает этап работы алгоритмов, связанный с исключением (отбором) коэффициентов преобразования. Применяемый для этих целей зональный метод [3] во многих случаях не обеспечивает требуемую детальность (разрешающую способность) восстанавливаемых изображений, что особенно проявляется при обработке полутоновых изображений (256 градаций серого) и яркостной составляющей компонентного телевизионного сигнала. Это обусловлено тем, что изменение градаций яркости воспринимается зрительным аппаратом человека значительно тоньше, чем градации цвета [1, 3].

Целью статьи является исследование вопросов, связанных с уменьшением величины ошибок восстановления полутоновых изображений, подвергнутых кодированию с преобразованием при сохранении высоких степеней компрессии всего массива видеоданных, и реализации относительно простых программно-аппаратных решений.

Основной материал. С целью восстановления исходного набора компонент трансформант использован ранее предложенный авторами [4 – 6] модифицированный зональный метод кодирования, основанный на двух различных способах формирования ОСКТ. При проведении экспериментов каждое изображение делилось на блоки размером 8×8 элементов с последующим проведением дискретного косинусного преобразования (ДКП) [1 – 3, 7] по каждому из них. Исследования, направленные на выяснение зависимости качества восстановления изображений при изменении размера блоков, в данном случае не проводились.

В общем случае процесс объединения смежных зон инициируется в области группировки высших пространственных частот (ВЧ-кодирование) и реализуется в направлении области коэффициентов охваченных функцией зонального маскирования [3, 6]. При этом получены результаты для трех вариантов синтеза набора компонент трансформант (рис. 1): 1 – с вычислением среднего значения амплитуд для каждой из формируемых зон (**Вч. Sr**); 2 – с использованием **Z**-упорядочивания [1] и постепенным уменьшением величины амплитуд в каждой из зон (**Вч. Z**); 3 – с упорядочиванием по диагоналям трансформант и постепенным увеличением значений амплитуд коэффициентов в направлении области группировки высших пространственных частот (**Вч. D**).



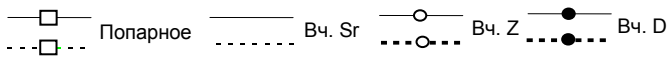


Рис. 1. Значения СКО и Кг при различных вариантах синтеза амплитудных составляющих для 1 (а) и 2 (б) способов

В работе также проведено сравнение результатов применения ВЧ-кодирования трансформант с ранее предложенным – попарным [4, 5] объединением смежных зон („попарное”, рис. 1). Степень искажений восстанавливаемых изображений по отношению к исходным оценивалась по трем показателям: 1 – ранее введенному авторами коэффициенту разницы – K_r [6]; 2 – усредненной среднеквадратичной ошибке – СКО (среднему значению поэлементных среднеквадратичных ошибок изображения); 3 – с использованием отношения сигнал/шум.

Верхние графики (сплошная линия, рис. 1) представляют собой зависимость СКО от: 1 – выбранного варианта обработки коэффициентов трансформант; 2 – изменения количества формируемых зон. Нижние графики (выполненные пунктиром) отражают изменение величины коэффициента разни-

цы при изменении указанных выше параметров обработки трансформант.

Важно отметить, что при определении значений СКО в каждом отдельно взятом случае учитывалась ошибка в восстановлении исходных элементов изображения, начиная с одной градации яркости $-|\Delta x_{i,j}| \geq 1$ (где $|\Delta x_{i,j}|$ – модуль разности значений яркости элементов исходного (X) и восстановленного (X') блоков изображения, а i, j – координаты пикселя в блоке изображения). При этом вследствие эффекта пространственного маскирования часть элементов изображения с ошибкой восстановления по амплитуде до 4-х градаций яркости визуально практически не фиксируется [1]. Однако ошибки такого рода влияют на конечный результат при вычислении СКО.

С целью определения характера и величины визуально фиксируемых [1, 3] поэлементных ошибок восстановления при изменении параметров кодирования на рис. 1 представлены зависимости K_r (правая шкала). При определении значений величины K_r учитывались изменения амплитуд яркости начиная с пяти градаций $-|\Delta x_{i,j}| \geq 5$ [4 – 6].

В результате анализа полученных результатов сделан вывод о том, что характеристика K_r , по сравнению с СКО, носит более статичный характер, так как показатель K_r обладает меньшей чувствительностью к количеству и величине искажений с малой амплитудой. Это обусловлено тем, что при изменении параметров настроек алгоритма кодирования, увеличение ошибок с малой амплитудой происходит гораздо интенсивнее, чем для $|\Delta x_{i,j}| \geq 5$. Однако, сопоставление зависимостей СКО и K_r (рис. 1) дает основание утверждать об одинаковом характере их изменения. Это, в свою очередь, подтверждает правомерность использования показателя K_r для оценки визуально фиксируемой составляющей из общего количества ошибочно восстановленных элементов декодируемого изображения.

Как следует из представленных зависимостей наилучшие результаты, с точки зрения визуальной заметности ошибок дает использование 2-го способа формирования ОСКТ [6], причем наиболее интересен вариант использования **Вч.Sr** и **Вч.Z**. Хорошие результаты получены также при применении 1-го способа формирования ОСКТ в варианте – **Вч.Sr**.

Сравнение результатов ВЧ-кодирования трансформант и попарного объединения зон наглядно демонстрирует проигрыш последнего, особенно в варианте трехзонной обработки (F3), где отмечено значительное повышение количества и величины ошибок (рис. 1).

Выводы. 1. При использовании ВЧ-кодирования наилучшим образом, с точки зрения визуальной заметности искажений, проявил себя вариант обработки с вычислением среднего значения амплитуд для каждой из формируемых зон (от 41,28 **dB** до 41,66 **dB**). Наихудший результат – диагональное упорядочивание (по всей видимости, вследствие заметного переноса энергии в область высших гармоник).

2. Большие значения СКО и K_g при попарном объединении смежных зон (F_3 и F_4), на наш взгляд, обусловлены тем, что в процессе объединения зон происходит (рис. 2):

– значительное перераспределение энергии между спектральными компонентами, которые характеризуют контуры деталей изображения вытянутых в горизонтальной и вертикальной плоскостях [1];

– перераспределение и усреднение энергии между спектральными компонентами, в рамках вновь образованных зон.

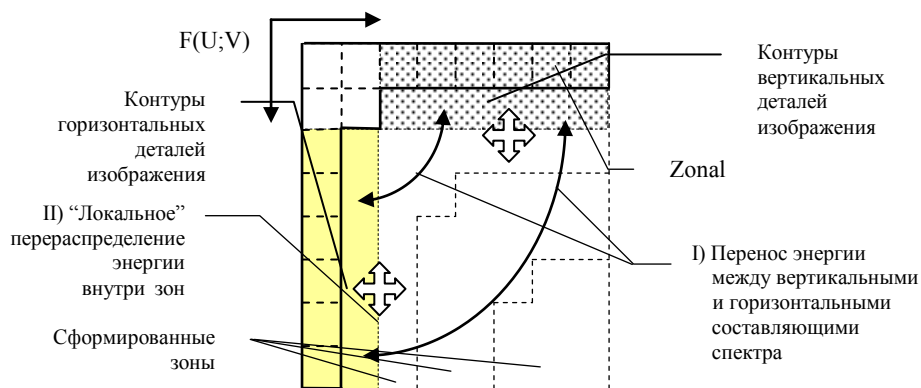


Рис. 2. Процесс переноса энергии

Механизм перераспределения энергии в границах каждой из зон связан с процессом усреднения величины образующих их коэффициентов (вычисление среднего значения амплитуды в каждой из зон – $K_{ср}$) [4 – 6]. А механизм переноса энергии между спектральными составляющими, характеризующими вертикальные детали изображения в горизонтальные и наоборот, обусловлен, в свою очередь, конфигурацией сформированных зон, причем его интенсивность в значительной степени связана с процессом укрупнения зон.

3. Использование ВЧ объединения зон значительно ограничивает процесс переноса части энергии более низкочастотных компонент трансформант на ВЧ компоненты (что связано с механизмом формирования зон), а основная ошибка при восстановлении исходных элементов трансформант связана с перераспределением энергии внутри зон при вычислении значения $K_{ср}$.

4. Увеличение ошибок при использовании варианта обработки **Вч.Д** связано с особенностями диагонального упорядочивания коэффициентов преобразования, в соответствии с которым происходит увеличение амплитуды значений коэффициентов формирующих 6 и 7-ю зоны транс-

формант [6]. Вследствие этого наблюдается «подъем» частот в ВЧ области и, как следствие, увеличивается количество «ложных» деталей, чем и обусловлено увеличение ошибки.

5. На основе анализа полученных результатов авторами разработан вариант последовательности перестройки алгоритма обработки трансформант, обеспечивающий увеличение степени сжатия изображений при незначительном визуально фиксируемом ухудшении качества восстанавливаемых изображений, а также обозначены основные пути дальнейшего совершенствования полученных разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев Ю.Б., Дворкович В.П. *Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений*. – М.: МЦНТИ, 1997. – 212 с.
2. Шлихт Г.Ю. *Цифровая обработка цветных изображений*. – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
3. Прэтт У. *Цифровая обработка изображений*. – Т. 1, 2. – М.: Мир, 1985. – 736 с.
4. Малахов С.В., Буханцов А.Д. *Зональное кодирование изображений с различным разбиением пространственно-частотной области // Системы обработки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вып. 4(14). – С. 121 – 125.
5. Королев А.В., Малахов С.В., Линник Н.Ф. *Модифицированное зональное сжатие изображений при частичном устранении фазовых составляющих спектра // Системы обработки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вып. 5 (15). – С. 176 – 180.
6. Малахов С.В., Новиков В.И., Крыжевский Н.В. *Модифицированное зональное кодирование изображений при последовательном объединении групп коэффициентов преобразования // Системы обработки інформації*. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 2. – С. 24 – 30.
7. Королев А.В. *Оценка информативности трансформант дискретного косинусного преобразования // Системы обработки інформації*. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып.3. – С. 81 – 85.

Поступила 30.06.2004

МАЛАХОВ Сергей Витальевич, канд. техн. наук, ПНС, зам. нач. научно-исследовательского отдела. В 1990 году окончил Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – управление и связь, обработка и сжатие видеоданных.

БУХАНЦОВ Андрей Дмитриевич, канд. техн. наук, ПНС, зам. нач. научно-исследовательского отдела. В 1986 году окончил Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – управление и связь, вопросы кодирования информации.
