

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

На правах рукописи

Некрасов Петр Львович

УДК 621.397.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ УСТ-
РОЙСТВ
ВНУТРИКАДРОВОГО СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ
НА БАЗЕ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И
КОМПАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ**

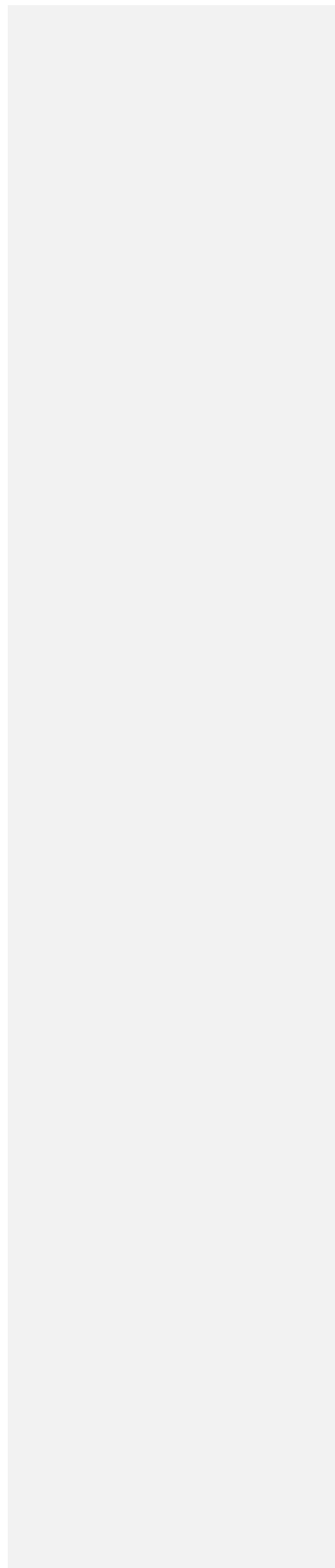
Специальность 05.12.17.

Радиотехнические и телевизионные системы и устройства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2000



Работа выполнена на кафедре телевидения Московского технического университета связи и информатики.

Научный руководитель: доктор технических наук
профессор Безруков В. Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
профессор Аванесов Г. А.
кандидат технических наук
Маковеев В. Г.

Ведущее предприятие: ОАО "Всероссийский научно-исследовательский
институт телевидения и радиовещания"

Защита состоится "___" _____ 2000 г. в ___ ч. на заседании диссертационного совета К118.06.03 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Московском техническом университете связи и информатики по адресу: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, д.8а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан "___" _____ 2000 г.

Ученый секретарь
специализированного совета К118.06.03
кандидат технических наук, доцент

О. В. Матвеева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Анализ телекоммуникационного рынка показывает, что спрос на услуги передачи и обмена визуальной информацией неуклонно растет. Это дает все основания полагать, что передача визуальной информации в системах связи следующего столетия займет одно из центральных мест.

Подтверждением этому являются динамично развивающиеся системы мобильной связи третьего поколения (3G), системы VoD (Video on Demand), сеть Internet, которые все больше ориентируются на предоставление услуг обмена визуальной информацией.

Наибольшее распространение из всех направлений развития систем сжатия получили методы и устройства на основе компактного дискретного косинусного преобразования (КДКП), так как они оказались наиболее привлекательными с коммерческой точки зрения:

- методы на базе КДКП (МКДКП) обеспечивают кодирование широкого диапазона натуральных изображений со средним коэффициентом сжатия до 20 раз с приемлемым субъективным качеством;
- низкие требования к ресурсам кодера и декодера;
- относительно простая аппаратная реализация;
- симметричность;
- низкая стоимость реализации.

МКДКП являются единственными стандартизованными ITU-T и ISO методами сжатия натуральных изображений с потерями.

Повышение эффективности стандартных методов компрессии с минимальными отклонениями от стандарта является наиболее перспективной на сегодняшний день задачей в области исследования и разработки методов сжатия видеоинформации, так как:

- КДКП является ядром многих стандартов и систем, таких как JPEG, MPEG, H.323, систем цифровой магнитной записи - DVCPR0, DVCAM, MiniDV Digital-S, Betacam-SX, систем цифрового ТВ вещания - ATSC, DVB и многих других.
- на базе КДКП создано огромное количество программных и аппаратных реализаций, как для кодирования статических, так и динамических изображений, которые в настоящее время обеспечивают услуги обмена визуальной информацией в мировом масштабе.
- учитывая объем визуальной информации передаваемой по сетям связи, повышение эффективности стандартных методов на 10-20% даст ощутимый экономический эффект.
- разработанные решения по повышению эффективности могут быть быстро внедрены на существующих телекоммуникационных инфраструктурах и оборудовании.

Анализ существующих методов повышения эффективности показал, что практически все рассмотренные методы касаются процедур предобработки (согласования характеристик изображения с особенностями алгоритма кодирования), процедур постобработки (устранения артефактов кодирования), хотя имеются резервы повышения эффективности, которые за-

ключены в дифференцированном субъективном восприятии искажений на различных структурных элементах изображения. Эти резервы оцениваются в 10-20% от эффективности существующих стандартных МКДКП.

Таким образом, научный поиск и исследования в направлении повышения эффективности стандартных методов за счет дифференциального подхода к кодированию изображения с учетом структурных особенностей изображения и свойств восприятия визуальной информацией субъектом, и разработки алгоритмов и устройств на базе полученных научных результатов является актуальным.

Цель работы.

Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка методов повышения эффективности стандартных методов внутрикадрового сжатия на базе КДКП и структурного анализа и построение алгоритмов и устройств реализации ~~этих~~ разработанных методов.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- анализ существующих методов сжатия на базе КДКП, пирамидальной частотной декомпозиции (ПЧД) и фрактального преобразования (ФП);
- исследование и моделирование импульсной характеристики тракта формирования сигнала изображения в телевизионных системах, исследование спектров дискретизирующих групп различного размера;
- исследование внутриблочных и межблочных искажений на декодированных изображениях для различных видов тестовых изображений;
- исследование восприятия искажений и влияния степени искажений на различных областях декодированных изображений на интегральную субъективную оценку качества изображения;
- исследование спектральных, ~~статистических~~ и структурных характеристик натуральных изображений;
- разработка блочно-фрагментарного метода приближенного анализа и описания логической структуры изображения;
- разработка алгоритмов реализации метода блочно-фрагментарного анализа (БФА) изображения;
- разработка методов интеграции БФА изображения со стандартными МКДКП;
- разработка алгоритмов и функциональной схемы устройства кодирования и декодирования изображения на базе КДКП с использованием БФА;
- разработка методов реставрации декодированного изображения с использованием БФА;
- комплексное моделирование алгоритмов кодирования и декодирования на базе КДКП с использованием БФА и реставрации изображений;
- экспериментальное исследование параметров разработанного алгоритма кодирования

на базе КДКП и БФА.

Методы исследования

При решении поставленных задач в работе используются ~~следующие разделы~~ теории телевидения, радиотехники ~~и~~ математики ~~и~~ программирования: теория цифровой обработки сигналов; ~~теория и~~ дискретизации сигналов; теория функций ~~и~~ спектрального и функционального анализа; ~~теория численных методов~~ вы численного анализа и программирования; ~~теория спектрального анализа~~; ~~методы программирования на языках высокого уровня~~.

Научная новизна.

1. Разработан метод повышения эффективности стандартного метода сжатия (Rec. ITU-T - T.81) на базе КДКП с использованием БФА и метода реставрации на базе БФА. Показано, что использование предлагаемого метода обеспечивает выигрыш по эффективности в среднем на 10-20% по сравнению со стандартным методом.
2. Разработан метод передачи информации о логической структуре изображения по каналу связи с минимальными изменениями стандартного потока данных T.81.
3. Разработан метод БФА логической структуры натуральных изображений. Показана эффективность предложенного метода анализа для анализа структуры натуральных изображений и автоматизации визуальных оценок качества для МКДКП.
4. Разработан метод приближенного описания логической структуры натуральных изображений посредством набора ограниченного количества элементарных фрагментов.
5. Выработаны Определены критерии селекции и идентификации и элементарных фрагментов в реальной области.
6. Разработаны критерии заметности типичных искажений на декодированных натуральных изображениях. Показана высокая вероятность идентификации фрагментов при использовании предложенных критериев.
5. Представлены результаты анализа внутриблочных и межблочных искажений в реальной и спектральной области.
- 6.7. Разработаны критерии заметности типичных искажений на декодированных натуральных изображениях.

Формат: Список

Практическая ценность.

1. Сформулированы основные требования к системам повышения эффективности МКДКП с учетом структурных особенностей изображения.
2. Сформулированы основные принципы БФА натуральных изображений, а также критерии селекции и идентификации фрагментов изображения.
3. Разработана программная реализация БФА натуральных изображений.
4. На основе разработанных алгоритмов кодирования и декодирования создан пакет программ для внутрикадрового кодирования натуральных черно-белых изображений.

5. Разработана функциональная схема устройства и определены направления его практической реализации.
- 5.6. Обоеновано дальнейшее Показаны основные направления развития предложенного метода структурного анализа использования его для и методов повышения эффективности МКДКП и контроля качества.
- 6.7. Разработан пакет программ для проведения лабораторных работ по теме "Исследование систем кодирования изображений на базе КДКП".

Формат: Список

Реализация и внедрение результатов работы.

Апробация результатов работы.

Положения диссертационной работы обсуждались на российских и международных научно-технических конференциях и семинарах:

1. Международный форум информатизации (МФИ-98), "Телекоммуникационные и вычислительные системы", Москва, 1998 г;
2. Первая международная научно-техническая конференция «Перспективы развития спутникового и кабельного телевидения», Москва, 1999;
3. 7-я, 8-я научно-технические конференции «Современное телевидение», Москва, 1999;
4. Первая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов «Техника и технология связи», Минск, 1999;
5. Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, МТУСИ, Москва, 1999 г, 2000 г.;
6. Вторая международная конференция "Цифровая обработка сигналов и ее применения" тезисы докладов Москва, 1999;
7. Третий, четвертый международный конгресс НАТ "Прогресс технологий телерадиовещания", Москва, 1999-2000;

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 17 научных работ.

Часть материалов работы была представлена в научно-технических отчетах в научно-технические отчеты по НИОКР в рамках федеральной целевой научно-технической программы "исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения" на 2000г.

Личный вклад.

Все основные научные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично.

Основные положения выносимые на защиту.

1. Результаты сопоставительного анализа ~~наиболее распространенных~~ методов кодирования натуральных изображений с потерями и методов повышения эффективности кодирования методов на базе КДКП.
2. Результаты анализа внутриблочных и межблочных искажений в пространственной и спектральной областях.

3. Результаты анализа восприятия внутриблочных и межблочных искажений натуральных изображений и влияние на интегральную субъективную оценку качества изображения степени искажений в зависимости от информационного содержимого фрагмента изображения.
4. Новый блочно-фрагментарный метод анализа и описания логической структуры натуральных изображений и критерии селекции и классификации фрагментов изображения.
5. Метод интегрально-дифференциальной реставрации декодированного изображения на базе БФА, совместимый со
- 6.5. Метод интегрирования БФА в стандартными методами внутрикадрового кодирования на базе КДКП; алгоритмы устройств кодирования и декодирования изображений.
- 7.6. Результаты экспериментальных исследований предложенного метода структурного анализа, разработанного метода кодирования на базе БФА и КДКП и разработанного устройство кодирования.
- 8.7. Рекомендации по дальнейшему развитию и использованию предложенного метода блочно-фрагментарного анализа.

Формат: Список

Формат: Список

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Работа изложена на страницах машинописного текста. Список литературы включает наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы настоящей диссертационной работы, охарактеризовано состояние исследуемого вопроса, определены цель, задачи и методы исследований. Сформулирована научная новизна, практическая значимость результатов работы и положения, выносимые на защиту. Представлены состав и краткое описание работы, приведены сведения об апробации работы и публикациях автора.

В первой главе "Особенности методов сокращения внутрикадровой избыточности натуральных изображений" проанализированы наиболее распространенные на сегодняшний день технологии кодирования натуральных изображений на базе КДКП, ПЧД и ФП. Приведены основные соотношения для ядра каждого из методов, рассмотрены основные характеристики и особенности методов. Для каждого метода проанализированы типичные искажения в декодированных изображениях. Результаты анализов сведены в таблицу.

	КДКП	ПЧД	ФП
Обработка целого изображения	нет	да	да
Представление данных изображения	коэффициенты пространственного спектра	коэффициенты пространственного спектра	множество коэффициентов аффинных преобра-

			зований
Адаптация к зрительной системе	слабая	хорошая	нет
Адаптация к структуре изображения	нет	нет	имеется
Симметричность метода	да	да	нет
Зависимость времени кодирования	от размера изображения	от размера изображения	от размера изображения, степени сжатия, структуры изображения
Зависимость времени декодирования	от размера изображения	от размера изображения	от исходного изображения
Вид основных искажений	паразитная субдискретизация, усреднение по блокам	паразитная субдискретизация, усреднение по диапазонам	нерегулярные структуры в виде границ доменов
Максимальная степень сжатия	60:1	300-500:1	1000:1 и более
Рабочая степень сжатия	2-10:1	10-25:1	10-20:1
Сложность кодера/декодера	сравнимая	сравнимая	кодер сложнее
Стандартизация	JPEG	нет	нет
Распространенность	широкая	узкая	узкая
Адаптация к кодированию подвижных изображений	минимизация межкадровой разности	только межкадровая разность	только межкадровая разность

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Методы на базе КДКП стандартизованы и являются ядром наиболее распространенных алгоритмов кодирования, таких как JPEG, MPEG, форматов записи MiniDV, DVCAM, DVCPR0, Digital-S, D-VHS, базой стандартов вещания DVB, ATSC.
- 2) Методы на базе КДКП, в отличие от других, широко распространены: более 90% визуальной информации в настоящее время кодируется при помощи этих методов.
- 3) КДКП представляет широкие возможности для проведения структурного анализа изображения, так как использует разбиение изображения на блоки, что позволяет точно локализовать в пространстве и классифицировать участки изображения.
- 4) В методах на базе КДКП не реализовано динамическое перераспределение коэффициента квантования в пространстве кадра.
- 5) Ни один из рассмотренных методов не учитывает особенностей восприятия визуальной информации субъектом и данные о структуре изображения для повышения эффективности кодирования.
- 6) Сложность и высокая стоимость внедрения, которая объясняется дорогой аппаратной реализацией алгоритмов, таких методов как wavelet и fractal, а также широкая распространенность JPEG/MPEG сдерживает развитие этих методов.

Во второй главе "Анализ внутриблочных и межблочных искажений в стандартном методе JPEG и особенностей их восприятия" проанализированы искажения в стандартном методе JPEG и особенности их восприятия. Исследованы спектры дискретизирующих групп (ДГ)

~~дельта функций~~ при кодировании изображений при помощи КДКП.

~~Исследуются и~~ изменения в спектре сигнала изображения при возникновении передискретизации.

Процесс дискретизации есть процесс перемножения исходного сигнала на дискретизирующую последовательность дельта функций. В спектральной области это ~~будет процессом~~ сверткой спектра исходного сигнала со спектром ДГ.

Функцию дискретизации представляется в виде:

$$\alpha_{odd}(x, y) = \sum_{\mu=-k}^k \sum_{\eta=-n}^n \delta(x - \mu 2x_1) \delta(y - \eta 2y_1)$$

$2k+1, 2n+1$ – количество отсчетов ДГ в горизонтальном и вертикальном направлениях, соответственно. $\alpha_{odd}(x, y)$ представляет выражение для нечетной ДГ. Так как размер окна КДКП 8×8 элементов, необходимо получить выражение для четной группы. Для этого, возьмем нечетную ДГ вдвое большей частоты и вычтем из нее группу $\alpha_{odd}(x, y)$:

$$\alpha_{even}(x, y) = \sum_{\mu=-2k}^{2k} \sum_{\eta=-2n}^{2n} \delta(x - \mu x_1) \delta(y - \eta y_1) = \sum_{\mu=-k}^k \sum_{\eta=-n}^n \delta(x - \mu 2x_1) \delta(y - \eta 2y_1)$$

Двумерный спектр нечетной ДГ для $\alpha_{odd}(x, y)$ записывается как:

$$S_{odd}(x, \omega_y) = \sum_{\mu=-k}^k \sum_{\eta=-n}^n \exp(j\omega_x \mu 2x_1 - j\omega_y \eta 2y_1)$$

Для четной ДГ $\alpha_{even}(x, y)$ двумерный спектр записывается следующим образом:

$$S_{even}(x, \omega_y) = \sum_{\mu=-2k}^{2k} \sum_{\eta=-2n}^{2n} \exp(j\omega_x \mu x_1 - j\omega_y \eta y_1) = \sum_{\mu=-k}^k \sum_{\eta=-n}^n \exp(j\omega_x \mu 2x_1 - j\omega_y \eta 2y_1)$$

Структура соотношения (2.1.4) позволяет представить указанное соотношение следующим образом:

$$S_{even} = \left(1 + \sum_{\mu=1}^{2k} 2 \cos(\omega_x \mu x_1)\right) \left(1 + \sum_{\eta=1}^{2n} 2 \cos(\omega_y \eta y_1)\right) = \left(1 + \sum_{\mu=1}^k 2 \cos(\omega_x \mu 2x_1)\right) \left(1 + \sum_{\eta=1}^n 2 \cos(\omega_y \eta 2y_1)\right)$$

С учетом того, что

$$\sum_{\eta=0}^n 2 \cos \eta x - 1 = 1 + 2 \cos x + 2 \cos 2x + \dots + 2 \cos (n-1)x + 2 \cos nx = \frac{\sin \frac{2n+1}{2} x}{\sin \frac{x}{2}}$$

из предыдущего соотношения получим:

$$S_{even}(x, \omega_y) = \frac{\sin\left(\frac{4k+1}{2} \omega_x x_1\right) \sin\left(\frac{4n+1}{2} \omega_y y_1\right)}{\sin \frac{\omega_x x_1}{2} \sin \frac{\omega_y y_1}{2}} = \frac{\sin\left(\frac{2k+1}{2} \omega_x 2x_1\right) \sin\left(\frac{2n+1}{2} \omega_y 2y_1\right)}{\sin \frac{\omega_x 2x_1}{2} \sin \frac{\omega_y 2y_1}{2}} =$$

$$= 4\pi^4 D_{2k}(\omega_x x_1) D_{2n}(\omega_y y_1) = D_k(\omega_x 2x_1) D_n(\omega_y 2y_1)$$

где $D_{2k}(\omega_x x_1), D_{2n}(\omega_y y_1), D_k(\omega_x 2x_1), D_n(\omega_y 2y_1)$ – функции ядер Дирихле.

На рис. 1 представлен спектр четной ДГ. Анализ спектров позволил сделать следующие выводы:

1. При увеличении размера ДГ спектр этой группы сужается, при уменьшении размера группы, ее спектр расширяется.

2.

Амплитуда постоянной составляющей спектра ДГ увеличивается при увеличении размера группы и уменьшается при уменьшении размера группы.

и, соответственно, Вес ВЧ составляющих в спектре ДГ уменьшается с увеличением размера группы и увеличивается с уменьшением размера группы.

Независимо по отношению к изображению. Неравномерность спектра изображения отдельного блока с учетом действия свертки в области средних и высоких частот увеличивается-возрастает при уменьшении размера ДГ и уменьшается при увеличении размера ДГ.

Для случая больших групп Квантование ВЧ составляющих малой амплитуды относительно амплитуды постоянной составляющей требует использования либо большой разрядности квантователя, либо использования нелинейной шкалы квантования.

При малом выборе размере ДГ с относительно низким числом элементов (8x8) распределение энергии в спектре блока стремится к равномерному, что затрудняет локализацию и передачу наиболее значащих спектральных компонент.

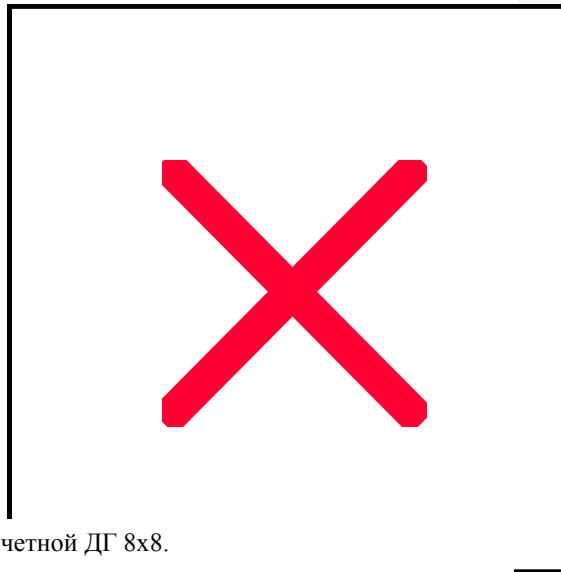
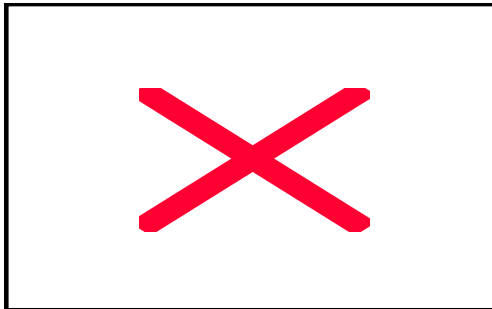


Рис. 1. Спектр четной ДГ 8x8.

При увеличении размера блока так же увеличивается сложность пространственного фильтра, представленного матрицей квантования и снижается адаптивность алгоритма.

Для стандартного размера блоков характерно снижение При уменьшении размера блока, снижается эффективности энтропийного кодирования квантованных коэффициентов и заметность блочной структуры, которая проявляется в виде регулярной помехи на изо-

Формат: Список

Формат: Список

бражении. В этом случае, спектр блочной структуры попадает в часть максимума частотной характеристики зрения человека.

9.8. Использование адаптации размера ДГ к структуре изображения не дает улучшения эффективности кодирования по сравнению с постоянным размером ДГ, так как использование больших блоков требует изменения шкалы квантования и матрицы квантования для спектральных составляющих блока изображения.

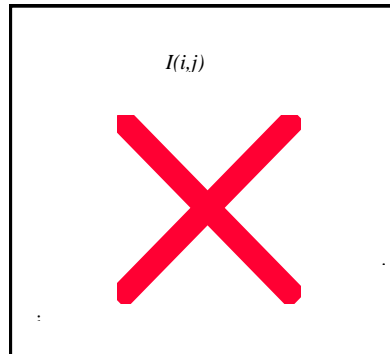


Рис. 2. ИХ тракта формирования ТВ сигнала

10.9. Применение постоянной шкалы и матрицы квантования для всех блоков должно приводить к изменению ошибки квантования в зависимости от размера блока, что в свою очередь приводит к усилению блочного эффекта.

Во втором разделе главы проведены Проведен анализ и моделирование и представлены результаты моделирования импульсной характеристики (ИХ) (см. рис. 2) тракта формирования ТВ сигнала и алгоритма JPEG. (см. рис. 2) Получено численное значение отсчетов ИХ.

Разработаны ~~тестовые~~ модели сигналов для исследования искажений. Исследованы характеристики и внутриблочные искажения МКДКП в спектральной и реальной областях для исходных тестовых изображений тестовых. Построены графики зависимости яркости логического фона и относительной яркости логических объектов в зависимости от коэффициента масштабирования (КМ) матрицы квантования и контраста исходного изображения. Выявлены основные механизмы появления искажений, динамика изменения контраста декодированного изображения в зависимости от коэффициента масштабирования матриц квантования и контраста исходного изображения. Показано, что:

1) для всех исследованных объектов зависимости яркости фона и относительной яркости собственно логического объекта от коэффициента масштабирования имеют одинаковый характер ~~который не зависит от того, какой объект содержит блок;~~

2) функция аппроксимирующая процесс прямого и обратного квантования определяет причину характерного вида графиков (~~перенады скачки яркости большой амплитуды)~~ объясняет аппроксимирующая процессе прямого и обратного квантования функция:

$$f \approx \text{floor} \left(\frac{a}{x} \right) x$$

Эта Ф функция отображает ошибку квантования параметра величины a от величины шага квантования x , которая имеет место в алгоритме JPEG-спектральной области при квантовании коэффициентов ДКП.

Основное влияние на зависимость яркости объекта от коэффициента квантования оказывает контраст исходного изображения и относительный размер объекта. Оба этих параметра

определяют насколько быстро происходит слияние объекта с фоном и то, насколько изменяется среднее значение яркости блока относительно случая, когда рассматривается постоянная составляющая блока не содержащего объект.

3) изменение (уменьшение) относительной яркости объекта происходит из-за усечения ВЧ составляющих спектра в результате чего уменьшается сумма гармоник спектра в области изображения, принадлежащей объекту.

4) изменение (увеличение) яркости фона происходит из-за нарушения взаимокompенсации гармоник в областях изображения не принадлежащих объекту (т.е. в областях, содержащих фон) (1) по причине округления значений амплитуд ВЧ составляющих спектра до 0; (2) из-за ошибок квантования НЧ составляющих спектра и постоянной составляющей.

5) шум квантования спектральных составляющих проявляется в изменении фона блока, что приводит к блочному эффекту на изображении.

б) процесс кодирования сопровождается геометрическими искажениями из-за анизотропии подавления коэффициентов пространственного спектра каждого блока.

Исследованы межблочные искажения на ВЧ и НЧ составляющих изображения. Показано, что основной причиной межблочных искажений на НЧ является ошибка квантования коэффициентов КДКП в соседних блоках, а на ВЧ – геометрические искажения из-за ортогонально природы ядра преобразования. Приведены изображения с характерными искажениями.

Определены пороги заметности искажений для участков изображения с различной структурой. Так экспериментально доказано, что порог визуального детектирования блочных искажений в НЧ областях изображения возникает при коэффициенте масштабирования (КМ) стандартной матрицы больше 0,8, в ВЧ областях контрастных контуров и границах при КМ больше 0,5, на текстурных областях – при КМ больше 1,2. Сформулированы критерии селективной субъективной оценки качества изображения, согласно которым наибольшее влияние на оценку качества оказывают искажения на изолированных контурах и границах, а также на текстурных областях с медленно меняющейся яркостью.

Основным выводом данной главы является то, что для осуществления селективной обработки и селективного кодирования изображения, для чего необходимо осуществить разработку метода сжатия со структурным анализом.

В третьей главе "Разработка блочно-фрагментарного алгоритма анализа структуры натуральных изображений" проводится разработка алгоритма структурного описания и анализа структуры натуральных изображений.

Проведен анализ существующей методологии описания структуры изображений. Сформулирован вывод о малой пригодности существующих методов для анализа структуры натурального изображения.

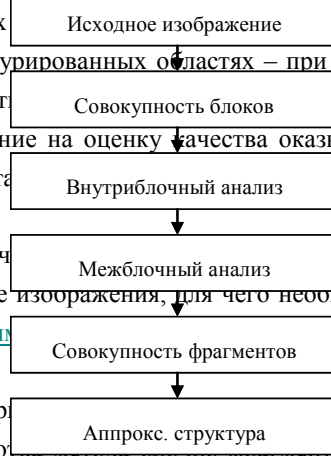


Рис. 3. Общая структурная схема алгоритма анализа

На основании ~~результатов исследований, проведенных помещенных~~ в первых двух главах, а также анализа ~~статистических~~ спектральных характеристик натуральных изображений ~~формулируются сформулированы~~ следующие выводы:

1. На основе ~~статистических-интегральных~~ характеристик изображения практически невозможно сделать вывод ни о структуре изображения, ни о его информационном содержании за исключением ~~крайних-предельных~~ случаев (изображение фона, текстуры и т.д.). В этом плане, целесообразен анализ ~~лишь-статистически-интегральных~~ характеристик небольших локализованных в пространстве фрагментов изображения.
2. Спектр пространственных частот натуральных изображений имеет сложную структуру, близкую к изотропной по направлениям, в виду чего, спектральные признаки изображения плохо поддаются анализу, обобщению и классификации.
3. Натуральным изображениям в общем случае присущи нерегулярность структуры, неоднозначность восприятия и определения структурных элементов, ~~что определяется в зависимости от~~ условия ~~наблюдения~~ (~~и именно точкой~~ обзора и масштабом).

Эти выводы подчеркивают необходимость формулировки нового подхода к разработке метода описания и анализа структуры изображения. На основе этого ~~сформулирована в работе определена~~ концепция БФА. Согласно этой концепции, фрагмент ~~определяется выделяют~~ как область изображения, ограниченную окном компактного преобразования и классифицируемоу в зависимости от распределения яркости внутри этой области, а также по отношению к смежным областям.

Таким образом, фрагмент определяется как логическая структура. Следовательно к фрагментам можно применять такие логические операции, как классификация, обобщение и т.д.

Фрагменты классифицируются в группы по определенным критериям. Каждая группа описывает определенные структурные признаки изображения.

Согласно исследованиям, проведенным во второй главе, достаточный набор фрагментов, которыми можно аппроксимировать любую структуру на изображении можно определить, как: "фон", "точка", "контур", "граница", "текстура". Для каждого фрагмента разработаны и сформулированы критерии селекции.

Алгоритм анализа в общем виде представлен на рис. 3. Исходное изображение разбивается на блоки, размер которых равен размеру окна компактного ДКП в JPEG – 8x8 элементов изображения. Для каждого блока выполняется внутриблочный анализ, выявляющий особенности распределения яркости в пределах блока. Анализ заключается в вычислении некоторого интегрального параметра блока и пороговой оценке этого параметра. В зависимости от результата оценки, блоку присваивается логический индекс.

Затем выполняется межблочный анализ, который представляет собой логический анализ фрагментов, смежных с текущим фрагментом. В результате это анализа, блоку приписывается индекс, показывающий, какой логический фрагмент изображения ограничен блоком.

Совокупность фрагментов (~~индексированных блоков~~) представляет собой грубую аппроксимацию логической структуры изображения, однако, достаточную для формирования сиг-

нала управления для кодера и декодера, так как минимальной единицей кодирования является блок, ~~так как отражает~~отражающий наиболее критичные с точки зрения оценки качества ~~передачи~~ фрагменты изображения.

Отформатировано: русский

Предлагаемый блочно-фрагментарный метод описания и анализа структуры натуральных изображений сочетает в себе интегральный и дифференциальный подходы. Использование только интегрального подхода уменьшает точность анализа и структурного описания, а, следовательно, не позволяет выявить резервы для увеличения эффективности кодирования. Углубление в сторону дифференциального подхода, который включал бы распознавание типа элемента изображения, топологических характеристик и т.д., существенно усложняет анализ натурального изображения, структура которого нерегулярна и сам подход к ее описанию зависит от многих факторов, в том числе и субъективных.

Ниже, в таблице, представлены интегральные и дифференциальные составляющие предлагаемого метода анализа.

Интегральная компонента	Дифференциальная компонента.
Использование интегральных характеристик во внутриблочном анализе.	Разбивка изображения на блоки.
Межфрагментный анализ.	Независимый внутриблочный анализ.
Использование ограниченного количества групп фрагментов.	Дифференцирование блоков по группам фрагментов.
Индиферентность к топологическим характеристикам фрагментов.	Определение типа структуры элемента изображения внутри группы фрагментов.

Предложенный подход дает следующие преимущества:

- возможность использования локализованных ~~статистических~~параметров и спектральных характеристик для выделения структурных единиц;
- инвариантность к изображению (метод может быть применен к широкому спектру натуральных изображений);
- возможность изменения масштаба анализа за счет изменения размера фрагмента и проведения межфрагментного анализа;
- простота классификации и описания структурных единиц.
- высокая точность опознавания структурных единиц;
- возможность определения информационного веса структурной единицы изображения.

В четвертой главе "Разработка метода кодирования и восстановления изображения на базе JPEG и фрагментарного анализа" определяется методология интеграции БФА в стандартный метод кодирования JPEG.

Разработан метод предварительной обработки изображения, основанный на результатах структурного анализа изображения. Метод включает в себя устранение из изображения объектов импульсного характера, коррекцию значения яркости фона на участках изображения с медленно меняющимся фоном. Экспериментально подтверждено, что подобная предварительная обработка дает выигрыш при кодировании в 2-5% в зависимости от изображения.

Разработан метод передачи информации о структуре изображения, полученной в результате БФА по каналу связи. Минимизированы издержки связанные с передачей дополнительной информацией за счет передачи информации о структуре посредством фиксации числа квантованных коэффициентов КДКП для различных типов фрагментов и введения БФА на приемной стороне. Сформулирован эффективный и простой метод формирования сигнала управления квантователем.

Разработан метод реставрации декодированного изображения с полным подавлением ложных границ блоков на основе выравнивания яркости фона в смежных блоках, адаптивного сглаживания границ и селективной фильтрации.

Предложен функциональный-возможный вариант улучшения визуальных характеристик изображения на основе дискретной высокочастотной фильтрации.

На рис. 4 представлена обобщенная структурная схема устройства кодирования на базе

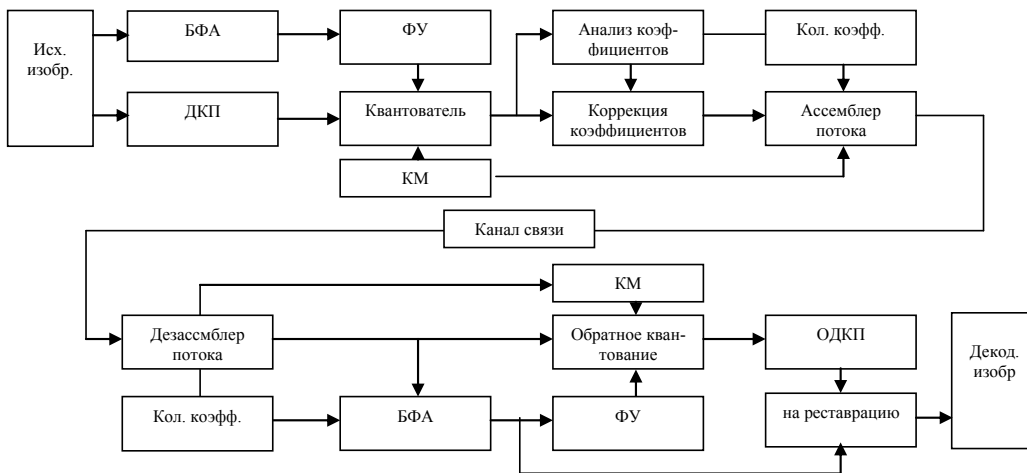


Рис. 4. Схема интеграции структурного анализа в систему кодирования JPEG.

КДКП и БФА. Исходное изображение поступает на устройство БФА и модуль ДКП. Данные о структуре изображения поступают на формирователи сигнала управления (СУ) квантователем (ФУ). В квантователе осуществляется квантование коэффициентов ДКП в соответствии с СУ. Квантованные коэффициенты ДКП поступают на анализатор коэффициентов, и на корректор коэффициентов, где выполняется коррекция их числа в соответствии с результатами анализа. Далее данные поступают на ассемблер потока, где выполняется ZZZ сканирование коэффициентов, кодирование с переменной длиной и кодирование Хаффмана и формируется исходящий битовый поток в соответствии со стандартной структурой.

На приемной стороне в деассемблере битовый поток деассемблируется, выполняется обратное декодирование Хаффмана, декодирование с переменной длиной слова, обратное сканирование, выделение числа коэффициентов для определенного типа фрагментов. Блоки с квантованными коэффициентами ДКП поступают на БФА, который воссоставляет информа-

цию о структуре изображения, которая поступает на ФУ, который формирует сигнал управления обратным квантователем, в котором выполняется обратное квантование. Далее данные поступают на блок обратного ДКП. Восстановленное изображение поступает на блок реставрации, в котором выполняется грубая и тонкая интегрально-дифференциальная реставрация на основе структурного анализа, а также, опционально при необходимости, улучшение визуальных характеристик изображения.

Разработаны алгоритмы реализации предложенного метода кодирования с использованием БФА, предварительной обработки и реставрации для устройств кодирования и декодирования. На основе алгоритмов на языке высокого уровня Visual C++ для операционной системы win32 написан исходный текст программы, реализующей метод кодирования.

В пятой главе "Результаты экспериментального исследования разработанного метода кодирования изображения и перспективы развития направления" приводятся результаты экспериментального исследования разработанного метода кодирования изображения. Обосновывается выбор исходных изображений. Приводятся промежуточные результаты функционирования разработанного алгоритма, объективные и субъективные оценки качества декодированного изображения.

Выполняется сравнение предложенного алгоритма с JPEG. Формулируются Сделаны выводы об эффективности предложенного алгоритма и перспективах развития направления селективного кодирования и анализа натуральных изображений.

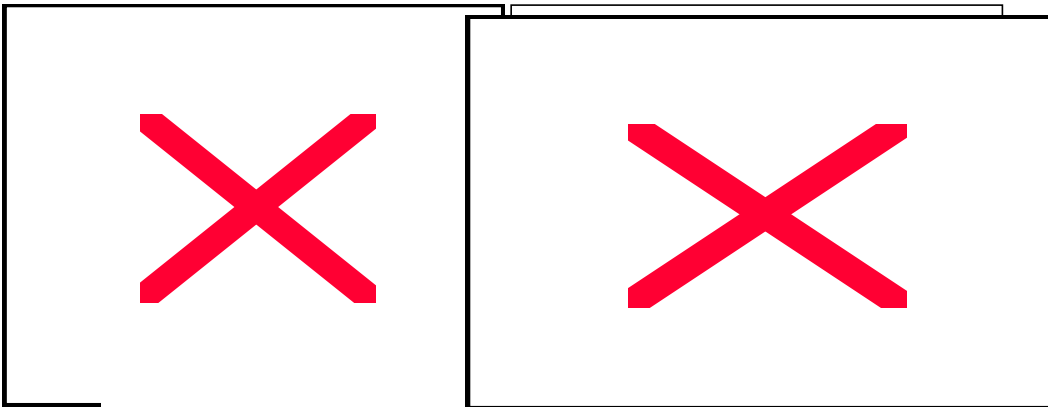


Рис. 5. Результаты сравнения с JPEG по ОСП и субъективной оценкам.

На рис. 5 представлены графики зависимостей ОСП и коэффициента сжатия от коэффициента масштабирования и коэффициента сжатия от визуальной оценки по пятибалльной шкале. В среднем разработанный метод позволяет повысить эффективность стандартного метода сжатия (JPEG) на 15-20%.

В заключении диссертационной работы приводятся основные выводы по результатом

выполненной работы.

В приложении диссертационной работы приводятся экспериментальные данные по исследованию искажений и исходные коды разработанного программного обеспечения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Метод повышения эффективности стандартного метода сжатия (Rec. ITU-T - T.81) на базе КДКП с использованием БФА и метода реставрации на базе БФА. Показано, что использование предлагаемого метода обеспечивает выигрыш по эффективности в среднем на 10-20% по сравнению со стандартным методом. На основе разработанных алгоритмов кодирования и декодирования создан пакет программ для внутрикадрового кодирования натуральных черно-белых изображений.

2. Метод блочно-фрагментарного анализа логической структуры натуральных изображений. Показана эффективность предложенного метода анализа для анализа структуры натуральных изображений и автоматизации визуальных оценок качества для систем кодирования на базе КДКП. Разработана программная реализация структурного анализа натуральных изображений.

3. Критерии селекции и идентификации ~~н~~-элементарных фрагментов в реальной области. Показана высокая вероятность идентификации фрагментов при использовании предложенных критериев.

4. Результаты сопоставительного анализа наиболее распространенных методов кодирования натуральных изображений с потерями и методов повышения эффективности кодирования методов на базе КДКП.

5. Результаты анализа восприятия внутриблочных и межблочных искажений натуральных изображений и влияния на интегральную субъективную оценку качества изображения ~~степени искажений~~ в зависимости от информационного содержимого фрагмента изображения.

6. Результаты анализа внутриблочных и межблочных искажений в пространственной и спектральной областях.

7. Критерии заметности типичных искажений на декодированных натуральных изображениях.

8. Обосновано новое направление развития систем повышения стандартных методов сжатия на базе КДКП; и предложенного в работе метода структурного анализа.

Отформатировано: русский

Отформатировано: русский

Отформатировано: русский

Отформатировано: русский

Отформатировано: русский

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Некрасов П. Л. "Искажения в алгоритмах JPEG (M-JPEG) и методы борьбы с ними." // Метрология №1, 1999.
2. Некрасов П. Л. "Искажения в методах внутрикадрового сжатия на базе ДКП и wavelet преобразованиях"// 7-я научно-техническая конференция «Современное телевидение», тезисы докладов, Москва, 1999.
3. Кардонская И. Л., Некрасов П. Л. "Структурный анализ искажений в методе JPEG (M-JPEG) и основные принципы построения систем коррекции" Телевизионная техника/ Московский технический университет связи и информатики. –М., 1999. с. Библиогр.: 7 назван.– Рус.– Деп. в ЦНТИ "Информсвязь".
4. Некрасов П. Л., Нгуен Тхань Бинь "Блочно-фрагментарный принцип передачи телевизионного сигнала" Телевизионная техника/ Московский технический университет связи и информатики. –М., 1999. с. Библиогр.: 3 назван.– Рус.– Деп. в ЦНТИ "Информсвязь".
5. Безруков В. Н., Нгуен Тхань Бинь, Некрасов П. Л. "Блочно-фрагментарный метод кодирования изображений" //Вторая международная конференция "Цифровая обработка сигналов и ее применения" тезисы докладов Москва, 1999.
6. Нгуен Тхань Бинь, Као Ха, Некрасов П. Л. "Исследование методов кодирования на базе компактных преобразований с адаптивным размещением окон" // Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, тезисы докладов, МТУСИ, Москва, 2000 г.
7. Некрасов Л. Ф., Некрасов П. Л. "Методы раздельного кодирования изображений." // 8-я научно-техническая конференция «Современное телевидение», тезисы докладов, Москва, 2000.
8. Безруков В. Н., Бинь Н. Т., Салтыков К. Е., Фокин Н. В., Некрасов П. Л. "Принципы передачи сигналов аналогового и цифрового телевидения по кабельным сетям."// Метрология №1, 2000.
9. Некрасов П. Л., Фокин Н. В. "Физиологические аспекты интегрирования критерия визуальной оценки в системы сжатия натуральных изображений". // Телевизионная техника/ Московский технический университет связи и информатики. –М., 2000.с. Деп. в ЦНТИ "Информсвязь".
10. Фокин Н. В., Квириг Г. Ю., Некрасов П. Л. "Методы субъективной оценки качества телевизионного изображения в системах с информационным сжатием"// Телевизионная техника/ Московский технический университет связи и информатики. –М., 2000.с. Деп. в ЦНТИ "Информсвязь".
11. Безруков В. Н., Некрасов П. Л. "Перспективы повышения эффективности стандартных методов сжатия в цифровых комплексах создания телевизионных программ"// Четвертый международный конгресс НАТ "Прогресс технологий телерадиовещания" тезисы докладов Москва, 2000.

Отформатировано: русский

Отформатировано: русский