

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На правах рукописи

УДК 004.627

МАТЯКУБОВ МАРКС ЯХШИМУРАДОВИЧ

Исследование методов повышение эффективности средств сжатия и  
хранения данных в интерактивных информационных системах на основе  
вейвлетов и атомарных преобразований

5A330204 – Информационные системы

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени

магистра

Научный руководитель:

к.т.н., доц. Махмудов Э.Б.

## Содержание

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Обзор и анализ существующих методов и средств сжатия и хранения данных, используемых в интерактивных информационных системах.....</b>	<b>8</b>
1. Особенности, основные свойства и возможности современных информационных систем.....	8
2. Обзор и анализ существующих методов и средств сжатия и хранения данных, используемые в информационных системах.....	20
3. Разработка основных требований предъявляемых к методам и средствам сжатия и хранения данных, используемых в информационных системах.....	28
<b>Выводы по первой главе.....</b>	<b>38</b>
<b>Глава 2. Исследование методов и алгоритмов, повышающих эффективность сжатия и хранения данных в интерактивных информационных системах на основе математических быстрых преобразований.....</b>	<b>39</b>
1. Математические модели, описывающие процессы быстрого преобразования.....	39
2. Исследование методов и алгоритмов обработки и сжатия на основе дискретно – косинусного и вейвлетного преобразований.....	45
3. Метод хранения на основе фрактального преобразования.....	48
4. Исследование методов и оптимальных алгоритмов обработки и сжатия на основе атомарных преобразований.....	50
<b>Выводы по второй главе.....</b>	<b>57</b>

<b>Глава 3.</b>	<b>Описание программного обеспечения и результаты компьютерного моделирования и численных экспериментов.....</b>	<b>60</b>
1.	Структура программного обеспечения.....	60
2.	Модули программного обеспечения.....	62
3.	Инструкция по использованию программного обеспечения.....	63
4.	Результаты численных экспериментов, исследований и рекомендации по использованию их в интегральных интерактивных информационных системах.....	71
	<b>Выводы по третьей главе.....</b>	<b>74</b>
	<b>Заключение.....</b>	<b>75</b>
	<b>Список литературы.....</b>	<b>78</b>
	<b>Приложение.....</b>	<b>84</b>

## Введение

**Актуальность данной работы.** На сегодняшний день определены основные задачи дальнейшего внедрения и развития информационно-коммуникационных технологий в Республике Узбекистан согласно Постановлением Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий» от 21 марта 2012 г. № ПП-1730.

Основными задачами дальнейшего внедрения и развития информационно-коммуникационных технологий в соответствии постановлением являются[4]:

- обеспечение формирования Национальной информационной системы на основе поэтапной интеграции информационных систем государственных органов;
- создание информационных систем автоматизации деятельности государственных органов, позволяющих повысить оперативность и качество выполнения ими своих функций;
- обеспечение информационной безопасности Национальной информационной системы, защиты ее информационных систем и ресурсов.

Также утверждены Программа дальнейшего внедрения и развития информационно-коммуникационных технологий в Республике Узбекистан на 2012–2014 годы и перечень информационных систем органов государственного и хозяйственного управления, органов государственной власти на местах, интегрируемых в Национальную информационную систему в период 2012–2014 годов.

Современный мир ныне ознаменовал эволюционным развитием и интенсивным внедрением новых информационных технологий, такие как: сжатия, хранения, модуляции и других, обеспечивающие ускорения процесса обмена данными и широкополосного доступа пользователей. Последнее способствовало в свою очередь повышению уровня развития

глобального информационного общества. Исследование и разработка комплекса эффективных методов, алгоритмов и средств: сжатия и хранения данных больших объемов на основе ортогональных преобразований, в частности вейвлетов и атомарных функций в интерактивных информационных системах (ИИС) является актуальной и своевременной.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются средства сжатия. Предметом исследования являются методы и алгоритмы сжатия.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является изучения и выявления наиболее эффективных методов ортогонального преобразования, разработка алгоритмов и средств сжатия и хранения, обеспечивающих высокой быстродействию обработки данных мультимедиа и экономного использования ресурсов современных интерактивных информационных систем.

**Для реализации цели необходимо решить следующие задачи:**

- проанализировать современные методы алгоритмы преобразования сигналов фильтрации, сжатия, помехоустойчивого кодирования и разработать требования к новым алгоритмам и средствам на основе вейвлетов и атомарных преобразований;
- с системной позиции разработать эффективные алгоритмы вейвлетов и атомарных функций, отличающиеся быстротой преобразования и обеспечивающие высокой коэффициентом сжатия и качеством;
- разработка методик проведения численного эксперимента для анализа работы алгоритмов функционирования преобразователей;
- разработка вариантов схемотехнических решений средств сжатия и хранения на базе высокопроизводительных микропроцессоров последних поколений и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС);

- разработка методик проведения компьютерного моделирования для оценки работы алгоритмов функционирования и результатов численного эксперимента.

**Степень изученности проблемы.** Проблема повешения эффективности методов и средств обработки, сжатия и хранения изучалась как по материалам отечественным, так и зарубежным источникам в результате которых выявлена целесообразность проведения исследования по данному направлению и необходимость реализации комплекса эффективных аппаратно программных средств для применения в интегральных ИИС.

**Методы исследования.** В работе использованы методы цифровой обработки сигналов больших объемов, в частности методы ортогонального преобразований, использующие вейвлетов и атомарных функций.

**Научная новизна** проведенных исследований заключается в том, что:

- в результате исследования разработан алгоритм сжатия видеосигналов на основе вейвлет и атомарных преобразований;
- разработаны прикладные программные средства для сжатия видеосигналов в ИИС.

**Практическая значимость** результаты исследования могут найти применение при проектировании и создании унифицированных комплекса средств обработки, сжатия и хранения данных, необходимых для включения их в составе современных ИИС различного назначения.

**Основные положения,** выносимые на защиту: - результаты анализа существующих в мире методов и средств обработки, сжатия и хранения данных, используемых в действующих ныне различных современных ИИС;

- результаты анализа математических моделей быстрых преобразований необходимых для выбора и обоснования методов и средств обработки, сжатия и хранения данных, повышающих эффективность ИИС методов и

средств обработки, сжатия и хранения данных. используемых в перспективных, продвинутых ныне различных современных ИИС;

- предложенные методы дискретного вейвлет - анализа и атомарного преобразования;

- принципы построения унифицированных комплекса устройств обработки, сжатия данных;

- результаты компьютерного моделирования и численных экспериментов.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на:

- Республиканской научно-технической конференции молодых учёных, исследователей, магистрантов и студентов на тему «Информационные технологии и проблемы телекоммуникации» ТУИТ, (март, 2013г.);
- в газете «Хабар» (май, 2013г.).

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликовано 2 статьи.

### **Структура и объём магистерской диссертационной работы**

Магистерская диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения, литературы, из 78 наименований, изложена на 86 страницах машинописного текста, содержит 8 таблицы, 43 формулы и 21 рисунков.

В первой главе рассмотрены особенности, основные свойства и возможности различных ИС. Также проведен анализ методов обработки, сжатия и хранения.

Во второй главе исследованы методы обработки и сжатия на основе математических преобразований. Также рассмотрены дискретно-косинусное преобразование, преобразование Уолша-Адамара, преобразование Хаара, вейвлетные и атомарные преобразования.

В третьем главе разработано программное обеспечение, структура программного комплекса, описание функциональных модулей и инструкция по использованию программного обеспечения.

# **Глава 1. Обзор и анализ существующих методов и средств сжатия и хранения данных, используемых в интерактивных информационных системах**

## **1. Особенности, основные свойства и возможности современных информационных систем**

Одной из существенных тенденций настоящего времени является усиливающаяся зависимость экономики, как мировой, так и отдельных государств, от информации и средств ее доставки [1].

Сеть XXI века представляется, как универсальное средство обмена информацией между человеком и компьютером простым, надежным, безопасным и экономически эффективным способом[12]. Обмен осуществляется в нужное время в нужном месте с использованием среды, позволяющей передавать и принимать речь, изображения, данные и др. сервисных услуг в одной точке[71]. В свое время компания Arthur D. Little предложила рассматривать информацию как <<альтернативное топливо>>. Исследования показали, что эффективная организации телеконференции, телеобработка данных, теле покупки, взаимный обмен электронными документами и т.д. заменили бы от 10 до 20% расходов транспортных средств в США [71]. По осторожным оценкам некоторых специалистов замена передвижения людей и транспорта на обмен информацией через информационные сети может дать экономию в 18 миллиардов Евро, или на 12 миллиардов Евро больше, чем общемировая годовая экономия количества продукции топливной – энергетического комплекса[4]. Стратегия развития нового оборудования связи и поставка услуг связи в значительной степени зависит от факторов, определяющих быстроту доставки, эффективность и удобство использования информации[47]. Основные из этих факторов от метом следующие:

- глобализация и усиление конкуренции между регионами, быстрое развитие новых рынков Азии и Восточной Европе;



- концентрация собственности в руках крупных поставщиков связного оборудования с сохранением осуществлением контроля за техническими решениями;
- дерегуляция и либерализация в секторе телекоммуникаций;
- децентрализация мест обработки и использования информации за счет применения сетей связи;
- увеличивающееся удобство пользовательских интерфейсов между программным обеспечением (ПО) обработки информации и приложениями;
- удешевление и растущая производительность компьютерной техники (закон Мура);
- возможность совместимости между компьютерными системами различных производителей;
- требования увеличения конкурентоспособности рынков за счет использования связи и снижения цен на услуги связи;
- требования к квалификации технического персонала, и следовательно увеличение расходов на эксплуатацию связного оборудования[21].

Обобщая, можно сказать, что интересы бизнеса и конкуренция рынка способствуют развитию систем распределенной электронной обработки данных, которые стали реализуемы вследствие совместимости различных компьютерных систем[12]. Такие системы определяют развитие и внедрение ключевых технологий, имеющих следующие цели:

- повышение скорости обработки данных;
- повышение скорости передачи данных;
- обеспечение удобства доступа пользователей к различным видам информации;
- обеспечение взаимодействия вычислительных систем различных производителей при одновременном снижении цен на предоставляемые услуги[12].

Ниже рассмотрим структурную схему простейшей информационной системы (ИС) для передачи данных (рис.1).

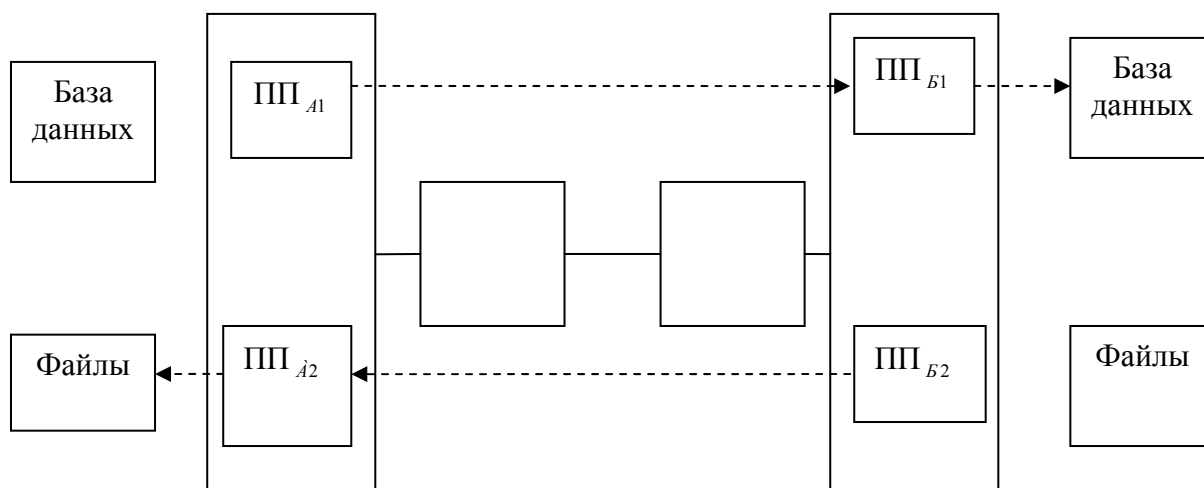


Рис.1 Структурная схема простейшей ИС для передачи данных

Здесь простая информационная система осуществляет обмен данными между пунктами  $A_1$  и  $A_2$ . Работа схемы особых пояснений не требует, здесь в ней приняты следующие сокращения:

ПП – прикладной процесс;

ПА<sub>1</sub>, ПА<sub>2</sub> - первый и второй А пункты соответственно.

Прикладной процесс (ПП) – это некоторое приложение конечного пользователя. Он обычно состоит из программного обеспечения, в простейшем случае – программы персональные компьютер, или это может быть терминал конечного пользователя. Типичные примеры – это программа обработки дебиторских счетов, программа начисления зарплаты, система продажи билетов на самолеты, пакет программ для управления складскими запасами или кадровая система[12].

В отличие от системы, изображенной на рис 1, реальная информационная система существенно отличается структурой, содержащей в ней составом (компонентами) и решаемыми задачами.

Информационной системой называется комплекс, состоящий из информационного фонда и процедур: ведущей, обновления, информационного поиска и завершающей обработки – позволяющей накапливать, хранить, корректировать и выдавать информацию. Некоторые процедуры этого комплекса могут быть <<нулевыми>> (отсутствовать), например процедура обновления или процедура завершающей обработки. Могут быть включены и другие процедуры, для повышения его эффективности или удобства применения[42]. Приведенное описание не является определением: в нем используются термины, не имеющие четкого значения такие, как информация и процедура. В дальнейшем наряду с полным термином <<информационная система>> мы будем применять аббревиатуру.

В этом разделе речь пойдет, не о математической структуре, а о структуре в обиходном смысле. Из вышесказанного ясно, что всякая информационная система предполагает наличие некоторой материальной основы – носителя ИС. В состав носителя могут входить специальные технические приспособления, помогающие пользоваться ИС. Носитель информационной системы является ее физической компонентой. Первая, это - физическая компонента, хотя и совершенно неизбежна, но не определяет существа ИС. Второй компонентой ИС является ее информационный фонд, представляющий собой каким – то способом организованную систему записей. Помимо своей организации, необходимой для того, чтобы были возможны информационный поиск и обновление, информационный фонд характеризуется языком, на котором выполнены образующие его записи. Информационный фонд будем называть информационной компонентой ИС. Наконец, третья, так называемую функциональную компоненту ИС составляют процедуры: управляющая, обновления, информационного поиска и завершающей обработки.

Перечисленные три компоненты ИС согласованы между собой. Функциональная компонента задана в виде описания процедур.

Таким образом, ИС можно называть в широком смысле слова - взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для сбора, хранения, обработки и выдачи информации в интересах достижения поставленной цели. При этом компьютеры, имевшие оснащенные специализированными программными средствами служат технической базой и инструментом для ИС.

Структуру ИС составляет совокупность отдельных ее частей, называемых подсистемами[3]. Подсистема - это часть системы, выделенная по какому-либо признаку[21]. Структура любой современной ИС может быть представлена совокупностью обеспечивающих подсистем (Рис. 2).

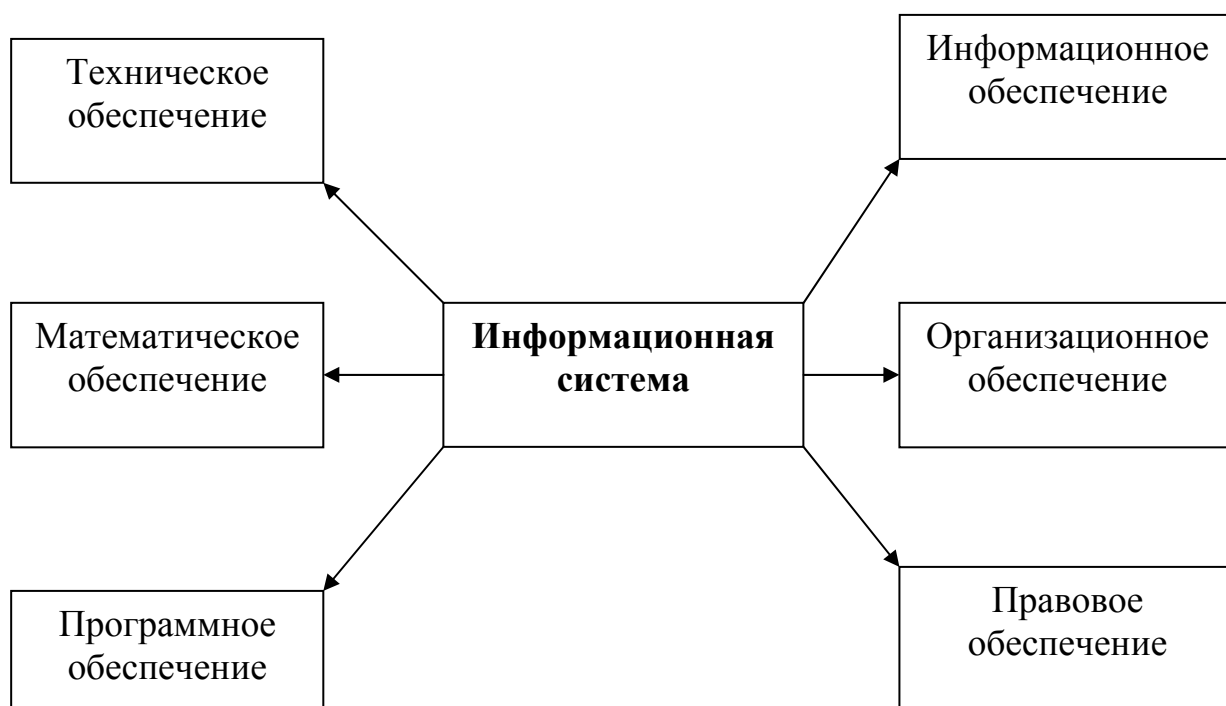


Рис. 2. Структура современной ИС

Ниже дадим краткое пояснения каждой из подсистем:

- информационное обеспечение - совокупность единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, унифицированной системы документации и информационной базы. В состав информационного обеспечения входят два комплекса: компоненты

вне машинного информационного обеспечения (классификаторы технико-экономической информации и документы) и внутри машинного информационного обеспечения (интерфейс пользователя, структура информационной базы: входных, выходных файлов, базы данных);

- техническое обеспечение - это комплекс технических средств, предназначенных для работы ИС;

- математическое и программное обеспечение - совокупность математических методов, моделей, алгоритмов и программ для реализации целей и задач ИС, а также нормального функционирования комплекса технических средств.

Наиболее важным является средства математического обеспечения, составляющие которой изображена на рис. 3 .

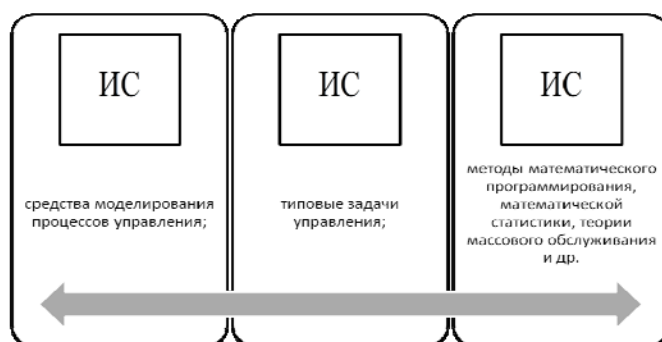


Рис. 3. Составляющие средства математического обеспечения ИС

- программное обеспечение – совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для их эксплуатации;

- системное программное обеспечение – совокупность программ и программных комплексов для обеспечения работы компьютера, вычислительных сетей и прикладного программного обеспечения: операционные системы, операционные оболочки, драйверы устройств, системные оболочки, вспомогательные программы (утилиты) и пр;

- прикладное программное обеспечение: - программное обеспечение, состоящее из отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей и

автоматизированных систем, созданных на основе этих (пакетов) прикладных программ;

- организационное обеспечение - совокупность методов и средств, регламентирующих взаимодействие работников с техническими средствами и между собой в процессе разработки и эксплуатации ИС;
- правовое обеспечение - совокупность правовых норм, определяющих создание, юридический статус и функционирование ИС, регламентирующих порядок получения, преобразования и использования информации;
- методическое обеспечение – совокупность законодательных, нормативных актов и инструкций по бухгалтерскому учету, налогообложению и другим областям, обеспечивающих юридическую поддержку принятия решений и позволяющих разработать алгоритмы обработки учетной информации;
- эргономическое обеспечение – совокупность методов и средств, предназначенных для создания оптимальных условий высокоэффективной и безошибочной деятельности специалистов в процессе создания и функционирования ИС;
- технологическое обеспечение соответствует разделению информационной системы на подсистемы по технологическим этапам обработки различных видов информации.

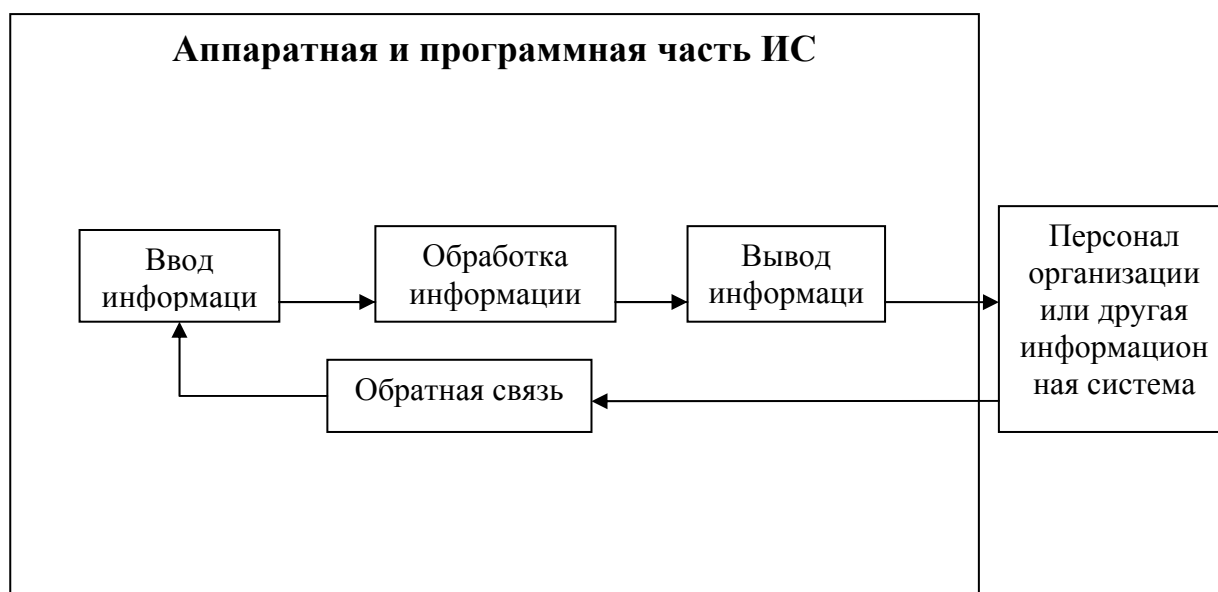


Рис. 4. Блок-схема аппаратной и программной части ИС

Процессы, происходящие в ИС частично можно пояснить наглядно на примере ее аппаратно - программной части, блок схема которой приложена на рис. 4.

Работа схемы особых пояснений не требует. Особое место в аппаратной и программной части отводится блоку обработки информации, свойство и возможности которого определяет задачи, решаемое в нём[78].

ИС определяется следующими основными свойствами:

- любая ИС может быть подвергнута анализу, построена и управляема на основе общих принципов построения систем;
- ИС является динамичной и развивающейся;
- при построении ИС необходимо использовать системный подход;
- выходной продукцией ИС является информация, на основе которой принимаются решения;
- ИС следует воспринимать как человеком - компьютерную систему обработки информации.

Обработка информации осуществляется сигналами[61]. Сигнал, у которого область определения и область значений дискретны, называется цифровым. Именно с такими сигналами обычно имеют дело в цифровой обработке сигналов (ЦОС)- науке, изучающей методы и алгоритмы обработки цифровых сигналов[50]. Цифровой сигнал можно представить в виде массива чисел – обычно одномерного или двумерного[37].

Примером одномерного сигнала является речь, а двумерного – изображение.

Множество задач, решаемых цифровой обработкой сигналов, можно разделить на две большие группы: анализ сигналов и их синтез. Задачей анализа сигналов является выделение небольшой группы значимых параметров, максимально полно описывающих их параметров[49].

Можно сформулировать общие требования к средствам анализа сигналов[38]:

- средства анализа не должны требовать вмешательства в процесс человека;

- анализ должен осуществляться быстро извлекаемые из сигнала параметры должны быть физически значимы.

Синтез сигналов по совокупности описывающих их параметров.

В этом случае целью обработки сигналов может быть, например:

- более экономное представление сигнала (его сжатие);
- удаление из сигналов нежелательных шумов;
- улучшение качества звучания речи, музыки, модификация ее спектра;
- изменение свойств изображения (контраста, цветовой насыщенности, резкости).

В результате синтеза получается реконструированный (восстановленный) сигнал. Если реконструированный сигнал является точной копией исходного, то схема анализа – синтеза называется схемой с полным восстановлением. Анализ и синтез сигналов может проводиться различными способами. Одним из наиболее важных инструментов являются линейные преобразования сигналов, заключающиеся в умножении сигналов на некоторую матрицу. В этом случае процедуры анализа и синтеза могут быть симметричными (то есть заключается в умножении на матрицу, может быть даже на одну и ту же).

Процесс анализа называется прямым преобразованием, синтеза обратным преобразованием. Числа, полученные в результате умножения на матрицу прямого преобразования, называются коэффициентами преобразования или коэффициентами трансформанты.

Важнейшим инструментом анализа и синтеза сигналов является линейный фильтр, время независимая система. Цифровой фильтр может рассматриваться как последовательность чисел – коэффициентов фильтра.

Нахождение этих коэффициентов, исследование их чувствительности к округлениям и т.д. составляет едва ли не большую часть теории ЦОС.

Процесс фильтрации сигнала также может быть описан в терминах умножения сигнала на матрицу.



Наука ЦОС тесно связана с линейной алгеброй[26]. Для успешного освоения теории и алгоритмов обработки сигналов должны хорошо ориентироваться в методах работы с векторами и матрицами.

Другой основой ЦОС является радиотехника наука, предметом, которой является обработка аналоговых сигналов. Многие способы обработки аналоговых и цифровых сигналов схожи. Иногда бывает достаточно лишь заменить знак интеграла суммированием, а дифференциальные уравнения – разностными.

При всем разнообразии решаемых ЦОС задач последовательность их решения обычно одна и так же[61]. Это позволяет говорить о некоторой унифицированной схеме обработки сигналов, которая изображена на рис.5

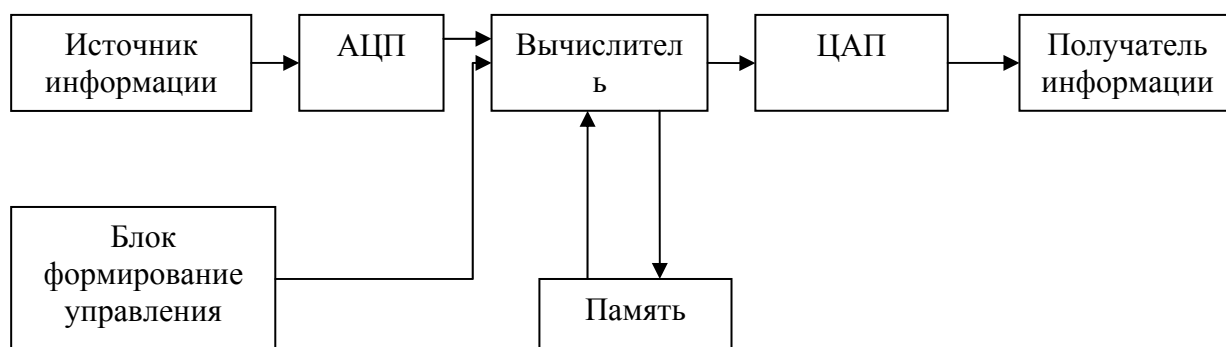


Рис. 5. Функциональная схема цифровой обработки сигналов

Как видно из рис.5, основным элементом схемы ЦОС являются вычислитель, аналога – цифровой преобразования, специально спроектированный для решения задач цифровой обработки – ЦПОС. Иногда более выгодным оказывается использование программируемой логики – ПЛИС. (англ. programmable logic device, PLD) — электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования (проектирования). Для программирования используются программаторы и отладочные среды, позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде

принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры: Verilog, VHDL, AHDL и др. [79].

Вычислитель интенсивно использует для работы память, в которой хранятся необходимые константы, промежуточные и окончательные результаты вычислений (память данных), а также сами исполняемые команды (память программ). В зависимости от архитектуры вычислителя память может быть единой либо делиться по функциональному признаку на значения, внутренней (встроенной в вычислитель), либо внешней. Использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в государственном управлении - представляет хорошие возможности для улучшения взаимодействия правительства с населением, коммерческими организациями, а также для повышения эффективности деятельности самих государственных органов. С этой точки зрения вопросы нормирования и развития как самого электронного правительства, так и его основных составляющих, таких как электронная экономика, электронная коммерция, электронное образование, электронная медицина и др. являются в настоящее время наиболее актуальными. В Узбекистане, как и в других странах мира, уделяется большое внимание развитию электронного правительства. С целью формирования и развития электронного правительства в последнее время создана нормативно-правовая база, осуществлены структурные преобразования, ведутся работы по широкому внедрению ИКТ во все сферы экономики, государственного управления и социальной жизни населения[4].

На рис 6. приведено архитектура мультимедиа системы.

Здесь и в дальнейшем в качестве примера выбираем данную информационную систему, в которой основным видом трафика является мультимедиа. Работа схемы рис 6. особых пояснений не требует.

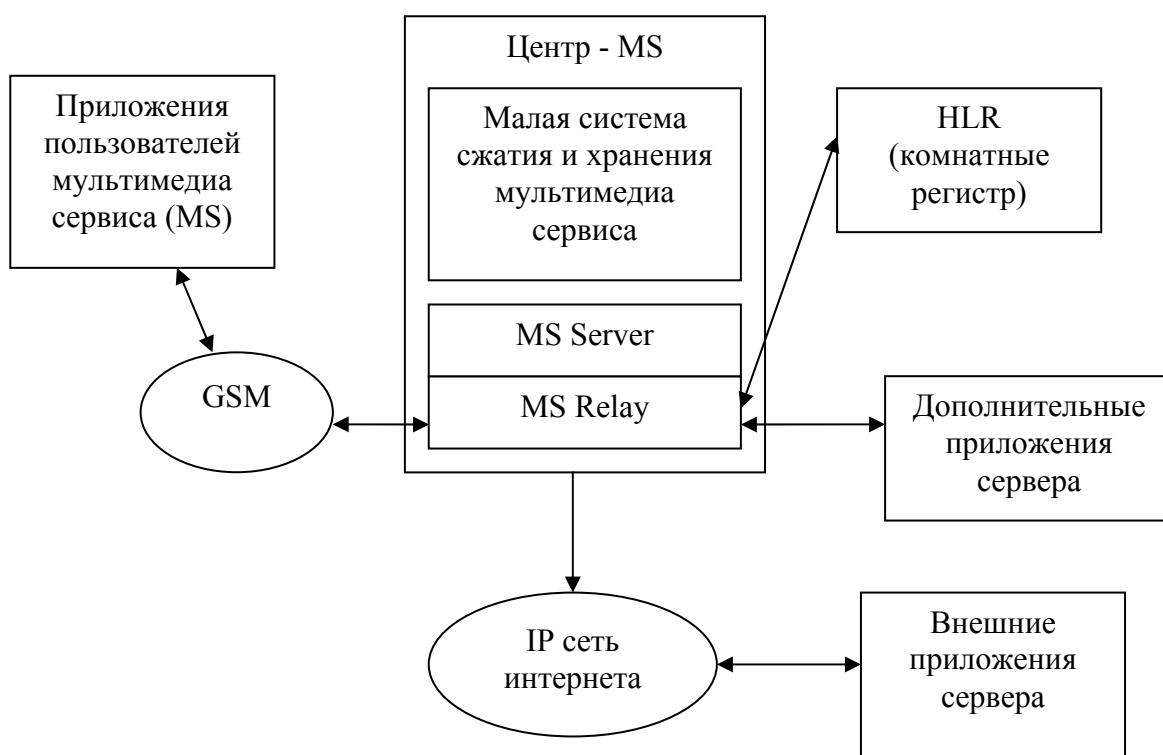


Рис. 6 Архитектура информационной системы мультимедиа

И так мультимедиа – это интерактивные системы, обеспечивающие работу с неподвижными изображениями и движущимся видео, анимированной компьютерной графикой и текстом, речью и высококачественным звуком. Появление систем мультимедиа, безусловно, производит революционные изменения в таких областях, как образование, компьютерный тренинг, во многих сферах профессиональной деятельности, науки, искусства, в компьютерных играх и так далее.

Среди основных параметров такой автоматизированных информационных систем (АИС) в первую очередь обычно рассматривают объем памяти, необходимый для размещения в персональная машина информационного фонда и программ, реализующих АИС. Этот показатель может быть выражен числом, показывающим общий требуемый объем (в килобайтах, например). Однако обычно не удается точно указать тот объем, который будет необходим для размещения информации о моделируемой области.

Поэтому чаще всего используют числа, характеризующие ожидаемый объем в среднем, а также максимальный объем.

Потребный объем складывается из выделяемых объемов в различных запоминающих устройствах (ЗУ), обладающих разными значениями величин емкости, скорости записи – чтения и времени доступа.

## **2. Обзор и анализ существующих методов и средств сжатия и хранения данных, используемых в информационных системах**

Видео и мультимедиа в персональном компьютере начала свои применения соответственно только в 90-х годах прошлого столетия и в начале двух тысячи летя первого столетия [14] . Это связано со следующими факторами:

- аналоговый видеосигнал значительно сложнее, чем звуковой, что значительно усложняет алгоритм его оцифровки и удорожает устройства ввода – вывода видеосигнала (видео платы);
- объем звуковой или графической информации, необходимые для обработки требуют малое времени, а тогда как объем видеосигнала значительно больше, чем в аудио сигнале, той же длительности, так что без программно – аппаратно реализуемых алгоритмов сжатия информации персональный компьютер не в состоянии дать удовлетворительного показа видео (со звуком или без него);

Существует две линии развития компьютерной обработки видео, которые постоянно сближаются, но никогда, видимо, не сблизятся:

студийные системы телевидения, включающие специальное видеооборудование, мощные компьютеры и дорогостоящие программы для создания профессиональных видеоклипов (полноэкранных с высоким разрешением, полнокадровых, 25-30 кадров в секунду, полно цветных – True Color) и монтажа видеопрограмм;

системы мультимедиа для персонального компьютера с использованием коротких видеоклипов и с соответствующими средствами их создания, возможно, с ограничениями на размер кадра, количество цветов и на кадровую частоту[51].

Видеосигнал получается при построчном сканировании прямоугольного цветного изображения “трёхствольной” электронной RGB(red-green-blue) – пушкой. Сканируемое изображение представляет собой растр, т.е. прямоугольную сетку пикселей, с отношением числа

пикселей по горизонтали к числу пикселей по вертикали 4:3 (в системах телевидения высокой чёткости – HDTV – это отношение равно 16:9). В мониторах компьютеров и в телевидении этот обход происходит по разным правилам[8].

Для создания видимости непрерывного движения частота смены кадров должна превышать 24 кадра в секунду (к/сек). Для устранения мерцания экрана частота смены кадров должна происходить не менее 50 раз в секунду. Чтобы устранить мерцание и не увеличивать при этом скорость сканирования и, следовательно, объём передаваемой информации, в телевидении применяют так называемую чересстрочную развертку, при которой сначала сканируются нечётные строки (первый полукадр), а затем чётные (второй полукадр). При показе с частотой 25 к/сек смена полукадров происходит 50 раз в секунду и мерцание незаметно.

Таким образом, видеосигнал содержит последовательности полукадров (точнее, пикселей в порядке сканирования), гасящих и синхронизирующих импульсов и аудио сигнала, синхронизированного с видео потоком. При растре 800х600 пикселей и частоте 25 к/сек получается поток 12 000 000 пикселей в секунду, а с учётом трёх компонентности цвета, такой поток потребует полосы пропускания шириной 36 МГц. Такую прописную способность канала связи можно обеспечить существующие видеоинформационные системы только лишь после применения методы и средства сжатия и рассжатия.

Но ведь нужно ещё передавать звук и управляющие сигналы и дополнительные информации (данные). Необходимые в составе мультимедиа. Не имея таких эффективных методов цифровое телевидение не было бы до сих пор.

С точки зрения времени компрессии/декомпрессии (сжатия и рассжатия) различают симметричные и асимметричные методы. В симметричных методах время компрессии (по числу операций) примерно

совпадает с временем декомпрессии. В асимметричных методах компрессия требует значительно больше операций, чем декомпрессия.

Асимметричные методы часто дают большую степень сжатия, чем симметричные при одинаковом качестве результата. Под качеством здесь обычно понимают степень сохранения информации, существенной для её восприятия. Практическое применение для сжатия изображений нашли фракталы на основе систем итеративных функций. Систем итеративных функций строится для каждого изображения (автоматически) с таким расчётом, чтобы при их повторяющемся выполнении изображение постепенно уточнялось. Чем больше выполняется итераций, тем лучше его качество[49].

Алгоритмы сжатия занимают значительное место в теории цифровой обработки изображений[52]. Связано это с тем, что изображения, представленные в цифровой форме, требуют для хранения довольно большого объема памяти, а для передачи их по каналам связи необходимо значительное время. Так, для хранения изображения с Full HD разрешением 1920x1080 пикселей и 24 битами на отсчет требуется 5,93 Мбайта памяти. Чтобы передать его по типовому телекоммуникационному каналу со скоростью 1 Мбит/с, понадобится около 40 секунд. Современные исследования показывают, что такое время передачи не соответствует предъявляемым требованиям[47].

В настоящее время не исследован ряд вопросов, основным из которых является отсутствие моделей и методов:

- учитывающих мультифрактальные свойства шумовой составляющей графической информации, возникающей при ее обработке;
- реализации стегано графической вместимости, позволяющей передавать любую управляющую информацию совместно со сжатым файлом изображения, не увеличивая его объема и не влияя на качество восстановления;

- методики оценки эффективности обработки мультимедиа, информации методами сжатия. Поэтому объектом исследований является процесс обработки данных мультимедиа и другой информации различных классов, циркулирующей в системах обработки данных (СОД).

В работе проведен анализ существующих синергетических методов и обоснование целесообразности их применения в методе сжатия графической информации[12]. Сделан вывод о том, что наиболее эффективно решить задачу внедрения файла-контейнера позволяют неформатные стегано графические методы. В последнее время изображения и иллюстрации стали использоваться повсеместно. Проблема, связанная с их большим размером, появилась при работе и на рабочих станциях, и на персональных компьютерах. Так, одно полноэкранное (640x480) полноцветное TrueColor - 24 бита на точку) изображение занимает почти мегабайт. Учитывая то, что обычно используется несколько иллюстраций, и то, что они часто бывают гораздо большего размера (например при цветной печати), держать их в неупакованном виде становится накладно. В последние годы решению этой проблемы уделяется достаточно серьезное внимание. Разработано большое количество различных алгоритмов архивации графики: использовались как видоизмененные универсальные, так и абсолютно новые алгоритмы, ориентированные только на изображения. Более того, были разработаны алгоритмы, ориентированные только на конкретный класс изображений. В этой статье сделана попытка выделить основные тенденции развития алгоритмов архивации статической графики.

Все форматы сжатия семейства MPEG(MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4, MPEG 7) используют высокую избыточность информации в изображениях, разделенных малым интервалом времени. Между двумя соседними кадрами обычно изменяется только малая часть сцены – например, происходит плавное смещение небольшого объекта на фоне фиксированного заднего плана. В этом случае полная информация о сцене сохраняется выборочно -



только для опорных изображений. Для остальных кадров достаточно передавать разностную информацию: о положении объекта, направлении и величине его смещения, о новых элементах фона, открывающихся за объектом по мере его движения. Причем эти разности можно формировать не только по сравнению с предыдущими изображениями, но и с последующими (поскольку именно в них по мере движения объекта открывается ранее скрытая часть фона).

Форматы сжатия семейства MPEG сокращают объем информации следующим образом:

- устраняется временная избыточность видео (учитывается только разностная информация);
- устраняется пространственная избыточность изображений путем подавления мелких деталей сцены;
- устраняется часть информации о цветности;
- повышается информационная плотность результирующего цифрового потока путем выбора оптимального математического кода для его описания.

Форматы сжатия MPEG сжимают только опорные кадры – I-кадры (Intra frame – внутренний кадр). В промежутки между ними включаются кадры, содержащие только изменения между двумя соседними I-кадрами – P-кадры (Predicted frame – прогнозируемый кадр). Для того чтобы сократить потери информации между I-кадром и P-кадром, вводятся так называемые B-кадры (Bidirectional frame – двунаправленный кадр).

### *Форматы сжатия MPEG 7 и MPEG 21*

Формат сжатия MPEG 7 использует многоуровневую структуру описания аудио и видео информации. На высшем уровне прописываются свойства файла: название, имя создателя, дата создания и т.д. На следующем уровне описания формат сжатия MPEG 7 указывает особенности сжимаемой аудио или видеоинформации – цвет, текстура, тон или скорость. Основное преимущество формата сжатия MPEG 7 над его

предшественниками это - применение уникальных дескрипторов и схем описания, которые, помимо всего прочего, делают возможным автоматическое выделение информации как по общим, так и по семантическим признакам, связанным с восприятием информации человеком.

Motion JPEG (MJPEG) – формат сжатия JPEG для видеоинформации

Алгоритм сжатия MotionJPEG (MJPEG) представляет собой стандартизированный формат записи потока отдельных кадров, каждый из которых сжат по алгоритму JPEG независимо от остальных. При использовании алгоритма сжатия MJPEG средний коэффициент сжатия видеосигнала составляет около 1:5, а скорость передачи видео с разрешением 720x576 пикселей – до 5 Мбит/с.

#### *Формат сжатия H-263*

H-263 часто используется при передаче видеоизображения по каналам связи с полосой пропускания меньше 64 кбит. С точки зрения математики алгоритм сжатия H-263 похож на JPEG, а принципиальное его отличие состоит в том, что обработке подлежат только те элементы изображения, которые изменились по сравнению с соответствующими элементами предыдущего кадра. Этот алгоритм обеспечивает высокую степень сжатия видеоизображения, но дает плохое качество, если изображение содержит движущиеся объекты. Разрешение кадра, которое обеспечивает этот алгоритм сжатия, обычно не превышает 352x288 пикселей[74].

В цифровых видеоинформационных системах и в цифровом телевизионном вещании широко применяются стандарты MPEG, в частности MPEG2 и MPEG4, сравнение их принципов приведены в таблице.1 [6,49].

Таблица.1 Сравнение принципы кодирования MPEG2 и MPEG4

<b>MPEG – 2</b>	<b>MPEG – 4</b>
Для предсказуемых Р – кадров только один опорный кадр и два опорных кадра для В	Множественные опорные кадры. Двухнаправленный режим для Р и В
Макроблоки большой площади, 16 16	Микроблоки большой площади, 16 16
Точность вектора движения 1/2 пиксела	Точность вектора движения 1/4 пиксела
	Прямой и взвешенный режим предсказания
Дискретное косинусное преобразование (DCT) 8 8	Целое преобразование 4 4
Один пространственный способ предсказания.	Один пространственный способ предсказания.
Нет встроенного de – blocking фильтра	Нет встроенного de – blocking фильтра
Фиксированный коэффициент квантования	Расширенное и качественное управление
Алгоритм кодирования VLC(Variable Length Coding, Huffman)	Алгоритм кодирования VLC(Variable Length Coding, Huffman)

На ряду с сжатием данные мультимедиа могут храниться базах данных в хранилищах в центре – MS. Для хранения данных мультимедиа можно используются рассмотренные нами преобразования. Однако следует отметить, что для архивного хранения наиболее предпочтительным является фрактальные преобразования[50,60], которое более подробно будет рассмотрено в второй главе (§ 3.) настоящей работы.

*Последнее годы начато применения стандарта нового поколения –  
H-264 для подвижных телевизионных систем*

Широки охват которого вызван с развитием цифровых технологий и расширением сферы их применения повышаются требования к цифровому потоку. Этот стандарт сжатия цифрового видео H-264 как результат эволюции стандартов компрессии в связи с постоянно возрастающими

требованиями к скоростям цифрового потока[32]. Во избежание неверного прочтения следует отметить, что встречаются и другие обозначения стандарта – MPEG-4 Part 10, MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding).

Стандарт H-264 разработан рабочей группой VCEG (группа экспертов по видеокодированию) МСЭ совместно с группой экспертов по движущимся изображениям MPEG (Moving Picture Experts Group). Специально для разработки нового стандарта создана объединенная видео команда JVT (Joint Video Team), состоящая из членов обеих групп (MPEG и VCEG) [6,12].

Изначально стандарт разрабатывался с расчетом на уменьшение скорости цифрового потока сжатой видеопоследовательности на 50% по сравнению с его предшественником MPEG-4 ASP и как минимум в 2–3 раза по сравнению со стандартом MPEG-2 при одинаковом качестве изображения. В H-264 заложено множество возможностей для улучшения качества сжатия, поскольку он разрабатывался для эффективного кодирования и помехоустойчивой передачи видео. Следует отметить, что стандарт H-264 не дает описания видео кодека, вместо этого он подробно объясняет синтаксис кодированного битового потока, семантику элементов этого синтаксиса и процесс, на основании которого можно извлекать элементы синтаксиса из цифрового потока, а затем с помощью определенных преобразований получать визуальную информацию. Также в стандарте описывается гипотетический рекомендуемый декодер, что открывает достаточно широкие возможности для создателей кодеков на основе стандарта, позволяет разработчикам внедрять собственные механизмы в создаваемый кодек.

В подтверждение можно привести довольно много как аппаратных, так и программных кодеков от разных производителей, каждый из которых обладает своими особенностями, в том числе различной производительностью различным качеством изображения при заданной скорости цифрового потока. Перечислим наиболее известные программные

кодеки: ArcSoft H-264, Atome H-264, ATI H-264, Elecard H-264, Fraunhofer IIS H-264, x264, CoreAVC H-264, McubeWorks H-264/MPEG-4 AVC, Apple Quicktime.

### *Структура и особенности H-264*

NAL(Network Abstraction Level). Одна из самых важных особенностей заключается в том, что в H-264 разделены модуль кодирования видео VCL (Video Coding Level) и модуль сетевой абстракции NAL, цель такого разделения - разграничение процесса видео кодирования и подготовки данных к их транспортировке. Модуль NAL форматирует данные после энтропийного кодирования и добавляет к данным заголовок нужного типа, чтобы в дальнейшем передать информацию по любому из всего разнообразия транспортных уровней или носителей данных[6].

### **3. Разработка основных требований, предъявляемых к методам и средствам сжатия и хранения данных, используемых в информационных системах**

Проблема передачи и хранения информации, представленной в цифровом виде, является одной из самых важных в областях, где используется вычислительная техника. Для получения компактного представления данных используются различные технологии сжатия и хранения (рис.6). Их применение позволило бы получить значительный выигрыш в ресурсах при эксплуатации носителей информации, скорости обмена данными или повышения эффективности использования пропускную способность канала связи.

Известные технические решения не приводят к невозможности улучшения характеристик ее обработки на базе использования известных методов сжатия и хранения, в силу следующих их недостатков[76]:

- невозможность достичь заданной степени сжатия графической информации при одновременном обеспечении требуемого качества ее восстановления, определяемого, как соотношение сигнал/шум ( $K_c/\text{ш}$ ). При требовании  $K_c/\text{ш}=30\text{дБ}$  коэффициент сжатия  $C$  должен составлять  $C=150$  - известные методы (JPEG, JPEG 2000) обеспечивают значение  $C=75$ . При требовании  $K_c/\text{ш}=35\text{дБ}$  коэффициент сжатия должен составлять  $C=70$  - известные методы обеспечивают значение  $C=25$ ;
- отсутствие метода математического описания процессов на основе вейвлет - преобразований, применяемого при обработке графической информации, обладающей фрактальными и мультифрактальными свойствами;
- отсутствие модели описания, учитывающей фрактальные свойства графической информации;
- отсутствие научно-методического аппарата, адекватно описывающего внедрение в обрабатываемую графическую информацию файла-контейнера с управляющей информацией, обеспечивающей реализацию стегано

графических функций и методики оценки эффективности разработанного метода фрактального сжатия.

Выявленные противоречия при обработке мультимедийных данных с ограниченным доступом пытаются разрешить на данный момент различными методами. Но, они не обеспечивают комплексного решения задачи сжатия, подтверждения целостности передаваемых файлов данных мультимедиа, и качества ее восстановления. Предметом диссертационного исследования является поиск и выявления научно-методического аппарата решения задач системного анализа, направленного на исследование методов повышения эффективности средств обработки, сжатия и хранения посредством новых математических преобразований, в частности вейвлетов, фракталов и атомарных преобразований. Обработка данных мультимедиа рассматривается как сложная система с изменяющимися во времени значениями входных данных. К их числу относятся: класс видео изображений, звуковой информации и данных, их объемы, требуемая степень сжатия, ее шумовые характеристики и заданные требования по качеству восстановления.

Выявленные тенденции развития методов сжатия мультимедийных данных информации показывают наличие в данной области проблемы, заключающейся в противоречии между показателями качества существующих методов сжатия с потерями и требованиями, предъявляемыми со стороны современных и перспективных приложений при ее обработке в системах обработки данных (СОД).

Данное противоречие решается за счет разработки нового метода фрактального сжатия мультимедиа информации, основанного на подходах, использующих свойства когерентности ее областей, избыточности в двух измерениях (пространственной и частотной), несимметричности самих методов.

Для выявления особенностей системы обработки мультимедийной информации и определения требований к ней, которые реализуются

разработкой нового метода сжатия, использован методологический аппарат системного анализа, позволяющий получить выходные характеристики рассматриваемой системы с учетом входных воздействий, управляющих воздействий и воздействий внешней среды.

Системный подход многим автором [49,27,29] позволял выявить, что одним из перспективных в настоящее время направлений в области построения современных систем обработки данных больших объемов, в том числе данных мультимедиа является эффективное ее разделение на области различной детализации, каждая из которых обрабатывается определенным образом.

В таблице 2. приведены основные показатели и предъявляемые требования к некоторым методам сжатия и хранения данных на основе математических преобразований [72].

Таблица 2. Показатели и предъявляемые требования к методам сжатия и хранения данных на основе математических преобразований.

Показатели	Существующие методы сжатия				Требования к методам сжатия
	Векторного квантования	JPEG	Дискретного вейвлет – преобразование	Фрактального сжатия	
<i>Коэффициент сжатия, С</i>	2 – 50	2 – 200	2 – 200	2 – 300	10 – 200
<i>Качество восстановления, Кс/ш</i>	24дБ	30дБ Кс/ш=30 С=75; Кс/ш=35 С=25	27дБ	28дБ	30 – 35дБ Кс/ш=30дБ С=150; Кс/ш=35дБ С=70
<i>Симметричность, Та</i>	2 – 5	1	1.5	10 – 100	2 – 8



<i>Класс графической информации, типы изображений</i>	Цветные, непрерывного тона, дискретно - тоновые	Те же, что и ДВП	Полутонные, цветные, непрерывного тона, дискретно - тоновые	Полутонные, цветные, непрерывного тона, дискретно - тоновые	Полутонные, цветные, непрерывного тона, дискретно - тоновые
<i>Набор стеганографических функций</i>	Не реализуется	Не реализуется	Не реализуется	Не реализуется	Управляющей информацией

На ряду с этим следует привести результаты разработанных основных требований предъявляемых методам и алгоритмам сжатия и качеству восстановленного изображения после видео компрессии[52,40].

Для оценки качества восстановленного изображения после видео компрессии предложены большое число методов и устройств [24]. В частности автором предлагается интегральная оценка качества, путем проведения аппаратных измерений и экспертной (субъективной) оценки. Однако такой подход и данные методика и предлагаемые критерия не дает объективные результаты оценки ее качества.

Появление новых цифровых систем передачи телевизионного сигнала поставило перед специалистами, работающими в сфере телевизионных измерений, новые задачи [25]. Необходимость передавать опорные последовательности в точку измерения ограничивает применение этих методов сферой разработки, оптимизации, выбора и компоновки новых систем сжатия.

Однако экономические соображения ставят перед операторами задачу определения количества и качества данных мультимедиа и телепрограмм, фактически, доставляемых потребителю. Ведущими провайдерами интегральных интерактивных сетей, основываясь рекомендациям ученых[13,25] и специалистов[38,40] предлагаются следующие компромиссные решения проблемы текущего автоматического контроля:

- сокращение скорости цифрового потока, несущего информацию об опорном изображении, за счет уменьшения разрядности представления контурного препарата (иногда такой способ называют стратегия «в полосе частот»);
- сокращение скорости цифрового потока, несущего информацию об опорном изображении, за счет отказа от передачи опорной информации без специального запроса (стратегия - «вне полосы частот»);
- наличие в точке измерения набора оригинальных тестовых последовательностей.

Таблица 3. Классификация артефактов видеокомпрессии MPEG-2

Тип искажений	Характеристики	Причина появления
<i>Блочная структура</i>	Разбиение изображения на прямоугольные блоки с четкими границами — скачками яркости и цветности на границе блока	Квантование коэффициентов ДКП в I-изображениях в сочетании с блочным разбиением изображения
<i>Мозаичная структура</i>	Разбиение изображения на квадратные блоки с размытыми границами и заметными различиями яркости и цветности	Квантование коэффициентов ДКП в I-, P-, B-изображениях в сочетании с блочным разбиением изображения
<i>Размытие изображения</i>	Снижение резкости и детальности изображения, размытие или полное исчезновение мелких деталей	Квантование коэффициентов ДКП в I-, P-, B-изображениях
<i>Окантовки на границах</i>	Окантовки на перепадах яркости и цветности, колебания яркости вблизи резких переходов	Квантование коэффициентов ДКП в I-, P-, B-изображениях
<i>Разрушение границ (ступенчатость)</i>	Разрывы контуров объектов, локальные изменения угла наклона контура, ступенчатая форма контурного перепада	Квантование коэффициентов ДКП в I-, P-, B-изображениях в сочетании с блочным разбиением изображения
<i>Шум базовых функций ДКП</i>	Структуры, имеющие распределения яркости	Квантование коэффициентов ДКП в I-,

	и цветности, соответствующие базовым функциям ДКП	Р-, В-изображениях, флуктуации Q-фактора от кадра к кадру
<i>Ложные границы</i>	Появление границ, отсутствующих в кодируемом изображении	Квантование коэффициентов ДКП в I-, Р-, В-изображениях в сочетании с блочным разбиением изображения
<i>Шумы-москиты</i>	Флуктуации яркости и цветности на границе между движущимся объектом и фоном	Квантование коэффициентов ДКП в I-, Р-, В-изображениях, флуктуации Q-фактора от кадра к кадру, несовершенство алгоритма оценки движения
<i>Зернистый шум</i>	Дрожащие шумы низкой интенсивности в неподвижных и медленно движущихся областях	Квантование коэффициентов ДКП в I-, Р-, В-изображениях, флуктуации Q-фактора от кадра к кадру, несовершенство алгоритма оценки движения
<i>Ложные цвета</i>	Заметное несоответствие цветов в макроблоке цветам в кодируемом изображении	Несовершенство алгоритмов оценки движения
<i>Прерывистость движения</i>	Нарушение естественности цветов в макроблоке цветам в кодируемом изображении	Несовершенство алгоритмов оценки движения

Многообразие проявлений артефактов (их называется более десятка) обусловлено только локальными характеристиками участка изображения, на котором они возникают, в то время как причин возникновения артефактов гораздо меньше - всего четыре (см. таблицу 3.).

Это блочное разбиение изображения, квантование коэффициентов дискретно – косинусного преобразование (ДКП), флуктуация фактора квантования от кадра к кадру и несовершенство алгоритмов оценки движения. Поэтому можно сгруппировать артефакты по причине возникновения, выделив в каждой группе представительный артефакт. При

этом необходимо учесть, что при классификации искажений по их проявлениям в ряде случаев допущена некоторая избыточность. Например, артефакты типа «шумов-москитов» (комаров) на контурах объектов возникают по причине квантования коэффициентов ДКП, представляют собой шум базовых функций и сопровождаются разрушением границ. Целью перегруппировки является выделение представительных артефактов, не являющихся частным случаем или комбинацией группы других. В результате анализа были выделены следующие представительные артефакты: блочная структура, размытие изображения, шум базовых функций, разрушение границ.

На рис 7. представлена структурная схема алгоритма объективной оценки искажений при кодировании по стандарту MPEG-2 [13,47]

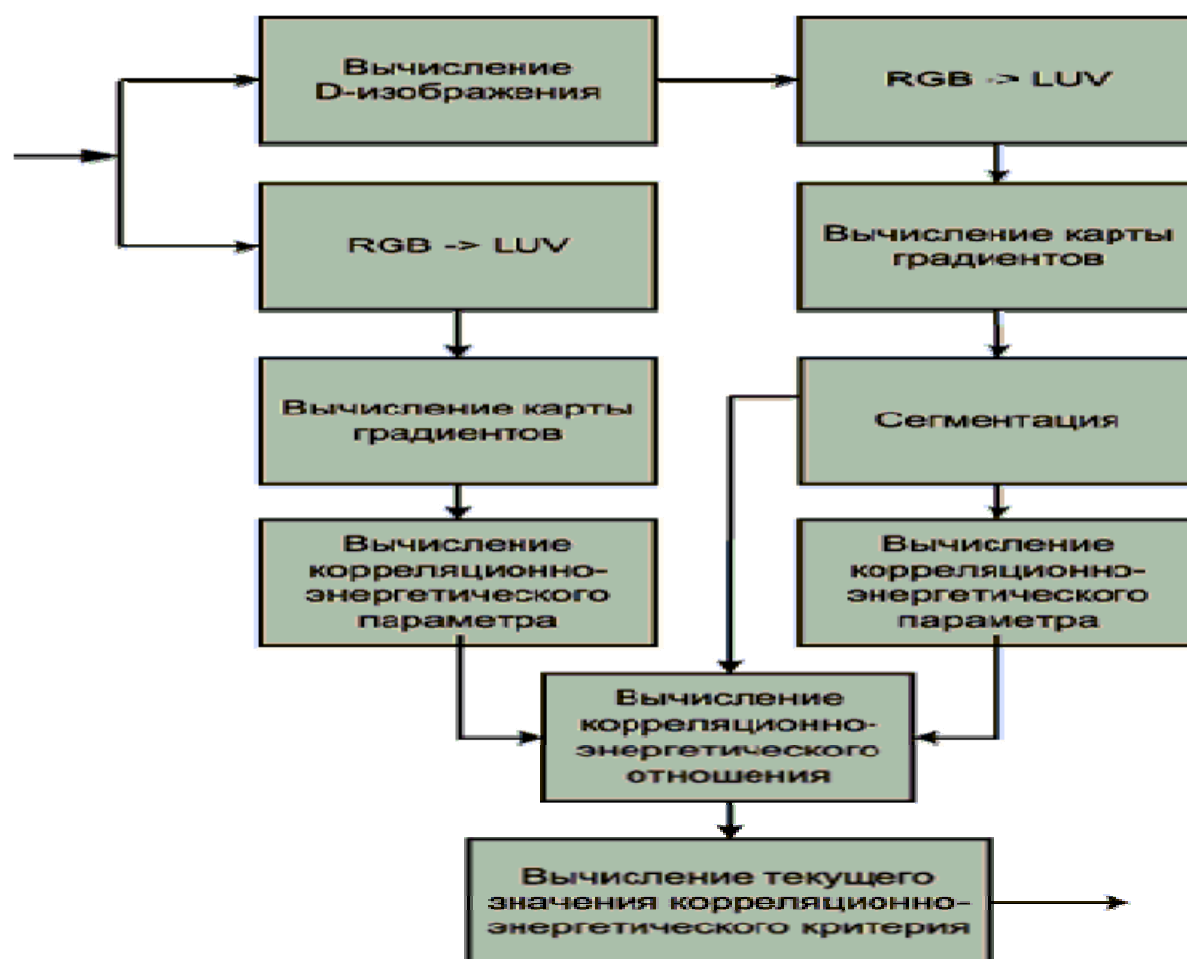


Рис. 7. Структурная схема алгоритма объективной оценки искажений при кодировании по стандарту MPEG-2

Принятое изображение обрабатывается с целью получения D-изображения. Далее оба изображения подвергаются линейному преобразованию RGB — LUV в равноконтрастное цветовое пространство - пространство, где приращение стимула вызывает пропорциональное приращение ощущения. Это позволяет отказаться от параллельного анализа искажений яркости и цветности и оперировать для каждого отсчета одним числом. Затем оба изображения подвергаются нелинейной фильтрации для получения контурного препарата - карты градиентов:

$$G_{i,j} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (1),$$

$$\text{где,} \quad \Delta x = \sqrt{(L_{i,j} - L_{i,j-1})^2 + (U_{i,j} - U_{i,j-1})^2 + (V_{i,j} - V_{i,j-1})^2};$$

$$\Delta y = \sqrt{(L_{i,j} - L_{i,j-1})^2 + (U_{i,j} - U_{i,j-1})^2 + (V_{i,j} - V_{i,j-1})^2};$$

Карта градиентов используется далее в процессе сегментации и для вычисления опорной точки блочного разбиения, необходимой для получения D- изображения.

В результате сегментации каждый блок дискретно – косинусного преобразование (ДКП) получает атрибут, указывающий на то, к какому сегменту он принадлежит: контуру, текстуре, плоскому участку. Алгоритм сегментации является адаптивным и опирается на статистику изображения - гистограмму градиентов. Блоки, содержащие значения градиента, не превышающие порогового значения, относятся к плоским участкам. Остальные блоки относятся к текстурам или контурам, в зависимости от атрибутов соседних блоков. Пороговое значение выбирается равным - значению, ограничивающему 75% площади под кривой гистограммы.

Далее для каждого блока рассчитывается корреляционно-энергетическое отношение:

$$E_{k,1} = (E_1 x r) / (E_2 + E_1), \quad (2),$$

где,  $E_1$  — энергия контурного препарата на границах данного блока,  
 $E_2$  — энергия контурного препарата внутри блока,

$r$  — коэффициент корреляции контурного препарата данного блока и идеального блока.

Корреляционно-энергетическое отношение усредняется по каждому из сегментов, после чего для каждого сегмента рассчитывается показатель

$$PR[s] = 1 - \frac{E[s]}{E[s]d}, \quad (3),$$

где,  $E[s]$  - корреляционно-энергетическое отношение, усредненное по сегменту  $S$  оцениваемого изображения,

$E[s]d$  - корреляционно-энергетическое отношение, усредненное по сегменту  $S$ , соответствующего:  $D$ -изображения.

За оценку качества последовательности декодированных изображений принимается минимальное значение корреляционно-энергетического критерия в пределах десятисекундного интервала (скользящий минимум). Кроме того, для сравнения качество восстановленного изображения используется субъективная оценка по 5 балльной шкале.

## **Выводы по первой главе**

Рассмотрены особенности, основные свойства и возможности различных ИС: - интерактивных, видеоинформационных, интегральных (мультимедиа-видео, аудио и данных), телевещательных и компьютерных систем.

Проведен анализ методов обработки, сжатия и хранения, с применением стандартов, таких как: JPEG, MPEG 1/2/4/7/21, MJPEG, H-264, JPEG 2000 и др., технологий передачи, технических средств позволит осуществить сравнение их характеристик.

Детально описаны основы алгоритмов и методов сжатия изображений. Произведено сравнение двух методов кодирования с преобразованием: ДКП, использующегося в формате JPEG и дискретно – вейвлет преобразование (ДВП) – в формате JPEG2K.

Показано, что при больших коэффициентах сжатия изображений обработанном с применением ДКП видно блочная структура, а при использовании ДВП, артефактов – нет, но, вейвлет – преобразование гораздо медленнее, чем ДКП.

Выявлены соответствующие области и направления необходимые для повышения эффективности методов и средств обработки, сжатия и хранения, используемых в различных информационных системах.

## **Глава 2. Исследование методов и алгоритмов, повышающих эффективность сжатия и хранения данных в интерактивных информационных системах на основе математических быстрых преобразований**

### **1. Математические модели, описывающие процессы быстрого преобразования**

Актуальность исследований вызвана тем, что, на сегодняшний день в действующих информационных системах используются средства обработки, сжатия и хранения не обеспечивающие высокого быстродействия и необходимые показатели для обмена данными больших объемов, при требуемом качестве ее восстановления существующими методами. Эти методы также не позволяют выполнить требования по подтверждению целостности управляющей информации, внедряемой в файл сжатого изображения.

Поэтому возникают задачи для исследования наиболее перспективных математических моделей быстрых преобразований.

Вместе с этим, особенно, математические модели преобразования, изображений должны быть по возможности, легко реализуемыми на компьютере.

Исходя из вышеизложенного, оно прежде всего предполагает, что такие преобразования должны быть линейными. То есть, преобразованные величины  $c_i$  являются линейными комбинациями исходных величин (пикселей)  $d_j$  причем, соответствующим множителем или весом служит некоторое число  $w_{ij}$  (коэффициент преобразования). Значит,

$$c_i = \sum_j d_j * w_{ij}, \quad (4),$$

где,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Например, при  $n = 4$  это преобразование можно записать в матричной форме



$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} & \omega_{13} & \omega_{14} \\ \omega_{21} & \omega_{22} & \omega_{23} & \omega_{24} \\ \omega_{31} & \omega_{32} & \omega_{33} & \omega_{34} \\ \omega_{41} & \omega_{42} & \omega_{43} & \omega_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{pmatrix}, \quad (5),$$

Выражения (5) в общем случае примет следующий вид:

$$C = W * D, \quad (6),$$

Каждый вектор-столбец матрицы  $W$  называется «базисным вектором». Если матрица преобразования  $W$  состоит из ортогональных векторов, то преобразование называется ортогональным. В качестве примера ортогональных преобразований можно привести:

1. Дискретно-косинусное преобразование
2. Преобразование Уолша - Адамара
3. Преобразование Хаара

Коротко опишем каждого из них.

В приложениях дискретно-косинусного преобразования для сжатия изображения используется двумерное ДКП, так как пиксели изображения имеют корреляцию по двум направлениям, то есть не только с соседними пикселями, а еще и сверху и снизу.

Основное выражение для двумерного ДКП выглядит так:

$$G_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2n}} C_i C_j \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} P_{xy} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2n}\right) \quad (7),$$

при  $0 < i, j < n-1$ . Изображение разбивается на блоки пикселей  $P_{xy}$  размера  $n \times n$  (в нашем примере  $n = 8$ ), и приведенное выражение используется для нахождения коэффициентов  $G_{ij}$  для каждого блока пикселей. Если допускается частичная потеря информации, то коэффициенты квантуются. Декодер восстанавливает сжатый блок данных (точно или приближенно), вычисляя обратное DCT (IDCT) по формуле

$$P_{xy} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 G_i G_j G_{ij} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right), \quad (8),$$

$$G_f = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & f = 0, \\ 1, & f > 0, \end{cases}, \quad (2.6),$$

Преобразование Уолша - Адамара (Walsh-Hadamard Transform, WHT) - является малоэффективным для сжатия данных. Но оно очень быстро, так как его можно вычислять, применяя только сложение, вычитание и, иногда, сдвиг вправо (что эквивалентно делению на 2 двоичного представления величин).

Для заданного блока  $N \times N$  пикселей  $P_{xy}$  (здесь  $N$  должно быть степенью двойки,  $N = 2^n$ ), его двумерное прямое и обратное преобразования Уолша - Адамара (они обозначаются WHT и IWHT, соответственно) определяются с помощью следующих уравнений:

$$H(u, v) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} P_{xy} g(x, y, u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} P_{xy} (-1)^{\sum_{i=0}^n [b_i(x)p_i(u) + b_i(y)p_i(v)]}, \quad (9),$$

$$P_{xy} = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} H(u, v) h(x, y, u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} H(u, v) (-1)^{\sum_{i=0}^n [b_i(x)p_i(u) + b_i(y)p_i(v)]}, \quad (10),$$

где  $H(u, v)$  – это результат преобразования (то есть, коэффициенты WHT), величина  $b_i(u)$  равна биту  $i$  в двоичном представлении целого числа  $u$ ,  $a p_i(u)$  определяется с помощью  $b_j(u)$  из следующих рекуррентных соотношений.

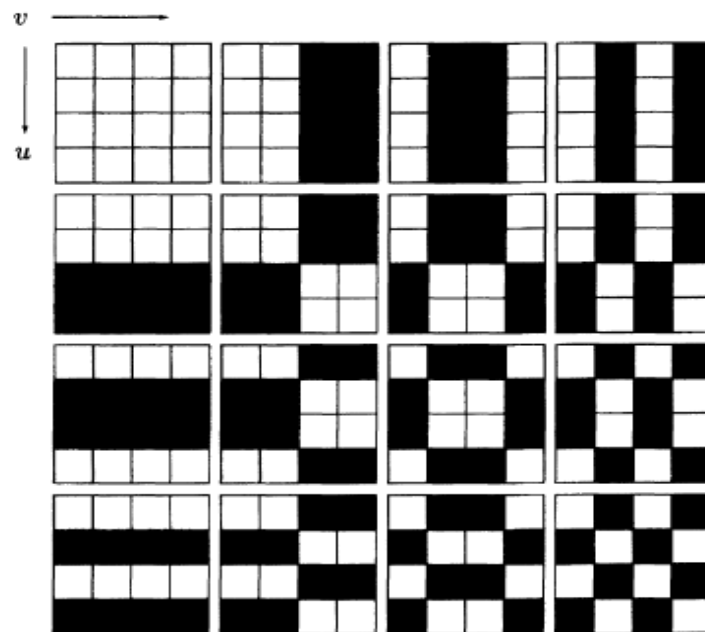


Рис. 8 Упорядоченные ядра WHT при  $N = 4$

Величины  $g(x, y, u, v)$  и  $h(x, y, u, v)$  называются ядрами (или базисными изображениями) WHT. Их матрицы совпадают. Элементами матриц служат числа  $+1$  и  $-1$ , которые умножаются на  $1/N$ . В результате, преобразование WHT состоит из умножения пикселей на  $+1$  или  $-1$ , сложения и деления суммы на  $N$ . Но поскольку  $N = 2^n$ , деление можно делать, сдвигая разряды чисел вправо на  $n$  позиций.

Ядра WHT изображены в графической форме на рисунке 14 при  $N = 4$ , где белый цвет означает  $+1$ , а черный  $-1$  (для наглядности множитель  $1/N$  опущен). Строки и столбцы в блоках занумерованы значениями  $u$  и  $v$  от 0 до 3, соответственно. Число смен знаков в строке или в столбце матрицы называется частотностью строки или столбца. Строки и столбцы на этом рисунке упорядочены по возрастанию частотности. Некоторые авторы предпочитают изображать ядра неупорядоченно, так, как это было определено Уолшем и Адамаром.

Преобразование Хаара также можно рассмотреть в терминах базисных изображений. Преобразование Хаара основывается на функциях: - Хаара  $h_k(x)$  - которые задаются при  $x \in [0,1]$  и для  $k = 0, 1, \dots, N-1$ , где  $N = 2^n$ .

Прежде, чем задать это преобразование, напомним, что любое целое число  $k$  можно представить в виде суммы  $k = 2^p + q - 1$ , где  $0 < p < n-1$ ,  $q = 0$  или  $1$  при  $p = 0$ , и  $1 \leq q \leq 2$  при  $p \neq 0$ . Для  $N = 4 = 2^2$ , например, имеем следующие представления:

$$0 = 2^0 + 0 - 1, 1 = 2^0 + 1 - 1, 2 = 2^1 + 1 - 1 \text{ и } 3 = 2^1 + 2 - 1.$$

Базисные функции Хаара задаются формулами

$$h_0(x) \stackrel{\text{def}}{=} h_{00}(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} \text{ при } 0 \leq x \leq 1, \quad (11),$$

$$h_k(x) \stackrel{\text{def}}{=} h_{pq}(x) \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{cases} 2^{p/2}, & \frac{q-1}{2^p} \leq x \leq \frac{q-1}{2^p}, \\ -2^{p/2}, & \frac{q-1}{2^p} \leq x \leq \frac{q}{2^p} \\ 0, & \text{для остальных } x \in [0,1] \end{cases}, \quad (12),$$

Теперь можно построить  $N \times N$ -матрицу  $A_N$  преобразования Хаара. Элемент с индексами  $i, j$  этой матрицы равен  $h_i(j)$ , где  $i = 0, 1, \dots, N-1$  и  $j = 0/N, 1/N, \dots, (N-1)/N$ . Например,

$$A_2 = \begin{pmatrix} h_0(0/2) & h_0(1/2) \\ h_1(0/2) & h_1(1/2) \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad (13),$$

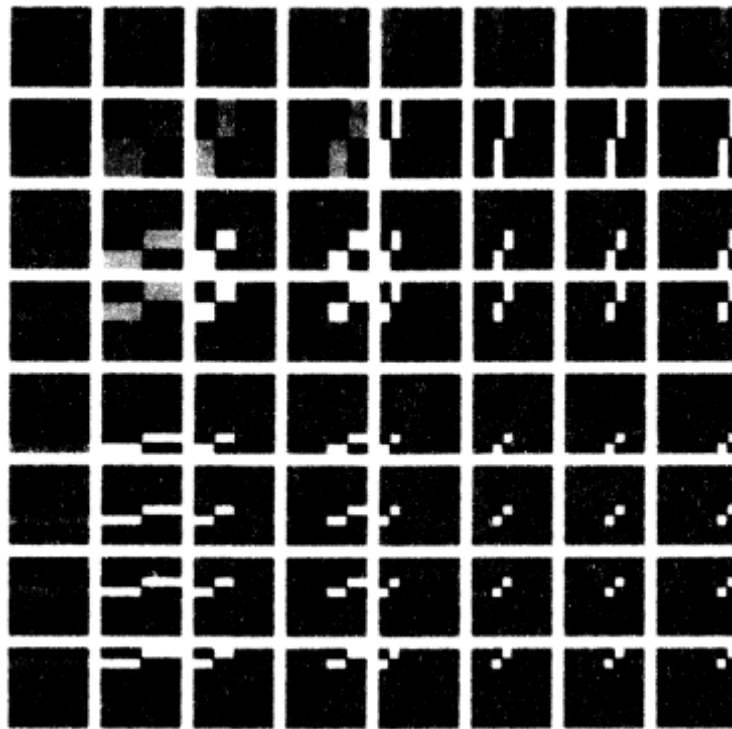


Рис. 9. Базисные изображения преобразования Хаара при  $N = 8$ .

Например, матрицы  $A_4, A_8$  будут выглядеть так:

$$A_4 \begin{pmatrix} h_0\left(\frac{0}{4}\right) & h_0\left(\frac{1}{4}\right) & h_0\left(\frac{2}{4}\right) & h_0\left(\frac{3}{4}\right) \\ h_1\left(\frac{0}{4}\right) & h_1\left(\frac{1}{4}\right) & h_1\left(\frac{2}{4}\right) & h_1\left(\frac{3}{4}\right) \\ h_2\left(\frac{0}{4}\right) & h_2\left(\frac{1}{4}\right) & h_2\left(\frac{2}{4}\right) & h_2\left(\frac{3}{4}\right) \\ h_3\left(\frac{0}{4}\right) & h_3\left(\frac{1}{4}\right) & h_3\left(\frac{2}{4}\right) & h_3\left(\frac{3}{4}\right) \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} \end{pmatrix}, \quad (14),$$

$$A_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} \\ 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 \end{pmatrix}, \quad (15),$$

Для блока пикселей  $P$  размера  $N \times N$ , где  $N = 2^n$  его преобразование Хаара вычисляется по формуле  $A_N P A_N$ .

## 2. Исследование методов и алгоритмов обработки и сжатия на основе дискретно – косинусного и вейвлетного преобразований

Целью всякого преобразования является сжатое, компактное представление изображений. Преобразование должно произвести декорреляцию, пространственно разнесенной энергии и концентрировать ее в несколько меньшее количество отсчетов, при этом без потери информации. Компрессия происходит лишь на следующем шагу, при квантовании, т.е. когда некоторые отсчеты с малыми энергиями обнуляются. Энтропийное кодирование, применяемое после шага квантования, опять происходит без потерь, но дает выигрыш в значении PSNR равное 0,4 – 0,6 дБ.

Сердцем теории, на которых основываются вейвлеты, является многомасштабный анализ, называющийся также еще и кратно масштабным позволяет представить интегрируемую в квадрате функцию  $f(t)$  (функция, которая принадлежит пространству  $L^2(R)$  функций интегрируемых в квадрате) в виде линейной суммы ортонормированных базисов (на различных масштабах) определенных на соответствующих подпространствах  $L^2$ . Если  $V_0$  есть подпространство  $L^2$ ,  $V_0 \in L^2$ , то существует функция  $\phi(t)$  определенная так, что ее сдвиги  $\{\phi(t-k), k \in Z\}$  принадлежат подпространству  $V_0$  и образуют ортонормированный базис этого пространства. Функция  $\phi(t)$  удовлетворяет условию (16), и называется масштабирующей (масштабной) или отцовским вейвлетом.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dt = 1, \quad (16),$$

Функция  $2^{1/2}\phi(2^1t-k), k \in Z$  принадлежит большему пространству  $V_{-1}$ . Тогда, говорится, что  $V_0$  содержится в  $V_{-1}$ . В общем случае, мы можем сказать, что функции  $2^{-j/2}\phi(2^{-j}t-k), k \in Z$  принадлежат и образуют

ортонормированный базис для  $V_j$ , и следовательно, мы получим вложенные пространства как в рисунке 10 и определяемые выражением (17).

$$\dots \subset V_2 \subset V_1 \subset V_0 \subset V_{-1} \subset V_{-2} \subset \dots, \quad (17),$$

Так как,  $V_j \in V_{j-1}$ , то их базисы не являются ортогональными. Но между ними существует следующая связь,

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} h_k \phi(2t - k), \quad (18),$$

где,  $\{h_k\}$  это множество коэффициентов соответствующих проекции базисов  $\phi_{j-1,k}(t)$  (здесь  $(j-1)$  и  $k$  обозначают масштаб и сдвиг, соответственно) пространства  $V_{j-1}$  на базисы  $\phi_{j,k}(t)$  пространства  $V_j$

$$h_k = \langle \phi(t), \phi(2t - k) \rangle \quad k \in \mathbb{Z} \quad (19),$$

Если мы обозначим «кольцевую полосу», которая дополняет  $V_j$  до  $V_{j-1}$  через  $W_j$ , то мы можем написать

$$V_{j-1} = V_j \oplus W_j, \quad (20),$$

Мы введем вейвлетную функцию  $\psi(t)$  сдвиги которой  $\{2^{-j/2} \psi(2^{-j} t - k), k \in \mathbb{Z}\}$  принадлежит пространству  $W_j$ . Тогда,  $\psi_{j,k}(t)$  образуют базисы для  $W_j$ . Базисы  $W_j$  и  $V_j$  имеют взаимосвязь

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} g_k \phi(2t - k), \quad (21),$$

где  $\{g_k\}$  это множество коэффициентов соответствующих проекции базисов  $\phi_{j-1,k}(t)$  пространства  $V_{j-1}$  на базисы  $\psi_{j,k}(t)$  пространства  $W_j$ . Это показано на уравнении (7).

$$g_k = \langle \psi(t), \phi(2t - k) \rangle \quad k \in \mathbb{Z}, \quad (22),$$

Если подпространство выразить как объединение его ортогональных подпространств, уравнение (10) может быть написана так

$$V_{j-1} = V_n \oplus W_n \oplus W_{n-1} \oplus W_{n-2} \oplus \dots \oplus W_j, \quad (23),$$

Рисунок.10 иллюстрирует концепцию вложенных пространств. Из выражения (24), следует, что масштабирующие функции  $\{\phi_{n,k}(t), k \in \mathbb{Z}\}$  (принадлежащие подпространству  $V_n$ ) и вейвлетные функции

$\{\psi_{m,k}(t), m = n, n-1, \dots, j, k \in Z\}$  (принадлежащие соответственно подпространствам  $(W_n, W_{n-1}, W_{n-2}, \dots, W_j)$  образуют полное множество ортонормальных базисов для подпространства  $V_{j-1}$ .

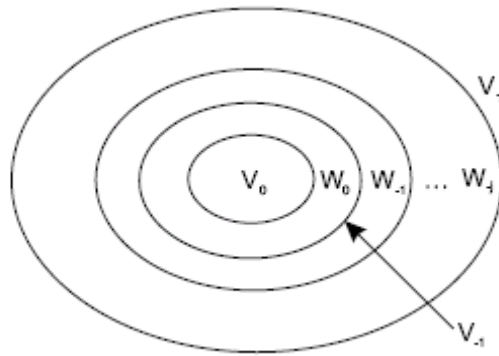


Рис. 10. Вложенные пространства для многомасштабного анализа

Проецируя функцию на эти иерархические подпространства позволяет нам исследовать характеристики этой функции на различном масштабе. Такой многомасштабный анализ (ММА) позволяет представить функцию с масштабом  $(j-1)$  как совокупность аппроксимаций на каком-то грубом масштабе  $n$  и деталей с масштабами  $(n, n-1, \dots, j)$ . Другими словами, синтез функции  $x(t) \in V_{j-1}$  задается выражением (25) которое называется обратное дискретное вейвлетное преобразование (ОДВП).

$$x(t) = \sum_k^x a_{n,k} \phi_{n,k}(t) + \sum_{m=j}^x \sum_k^x b_{m,k} \phi_{m,k}(t) = \sum_k^x a_{n,k} \phi_{n,k}(t) + \sum_k^x b_{n,k} \phi_{n,k}(t) + \sum_k^x b_{n-1,k} \phi_{n-1,k}(t) + \dots + \sum_k^x b_{j,k} \phi_{j,k}(t), \quad (25),$$

В выражении (25) коэффициенты  $a_{n,k}$  и  $b_{m,k}$  ( $m = n, n-1, \dots, j$ ) определяются выражениями (26). Это выражение называется дискретное вейвлетное преобразование (ДВП) и означает анализ входного сигнала  $f(t)$ .



$$\begin{aligned} a_{n,k} &= \langle x(t), \phi_{n,k}(t) \rangle \\ b_{n,k} &= \langle x(t), \psi_{n,k}(t) \rangle \quad , \end{aligned} \quad (26),$$

$a_{n,k}$  генерируются от  $\phi_{n,k}(t)$ , так что они соответствуют грубому масштабу в ММА и называются аппроксимирующими коэффициентами на масштабе  $n$ .  $b_{n,k}$  генерируются от  $\psi_{n,k}(t)$  и называются вейвлетными коэффициентами.

ДВП по своей природе полезен для сжатия изображений из-за следующих причин.

- Многие натуральные изображения проявляют фрактальный самоподобный характер. ДВП является эффективным представлением для таких сигналов, так как все вейвлетные коэффициенты могут быть вычислены от вейвлетных коэффициентов на одном масштабе.
- ДВП хорошо подходит для прогрессивного кодирования благодаря его пирамидальной схеме декомпозиции.

Пространственно-масштабная декомпозиция в ДВП позволяет включать в процесс характеристики HVS.

### 3. Метод хранения на основе фрактального преобразования

Фрактальная архивация (длительное хранение) основана на том, что мы представляем изображение в более компактной форме — с помощью коэффициентов системы итерируемых функций (IteratedFunctionSystem — далее по тексту как IFS). Прежде, чем рассматривать сам процесс архивации, разберем, как IFS строит изображение, т.е. процесс декомпрессии[49].

Строго говоря, IFS представляет собой набор трехмерных аффинных преобразований, в нашем случае переводящих одно изображение в другое. Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве ( $x$ \_координата,  $y$ \_координата, яркость).

Фактически, фрактальная компрессия — это поиск самоподобных областей в изображении и определение для них параметров аффинных преобразований.

Наиболее известны два изображения, полученных с помощью IFS: “треугольник Сатрапинского” и “папоротник Барнсли”. “Треугольник Серпинского” задается тремя, а “папоротник Барнсли” четырьмя аффинными преобразованиями (или, в нашей терминологии, “линзами”). Каждое преобразование кодируется буквально считанными байтами, в то время как изображение, построенное с их помощью, может занимать и несколько мегабайт.



Рис.11 Папоротник Барнсли

Далее приводятся основные определения и теоремы, на которых базируется фрактальная компрессия.

Определение. Преобразование  $w: R^2 \rightarrow R^2$ , представимое в виде:

$$w(\bar{x}) = w \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}, \quad (27),$$

#### **4. Исследование методов и оптимальных алгоритмов обработки и сжатия на основе атомарных преобразований**

В связи с активным развитием цифровых систем обработки информации в последнее время стали актуальными вопросы разработки алгоритмов ЦОС в различных широкополосных информационных системах, в том числе системах мультимедиа, основанные на современных вычислительных методах. Одним из таких является современный вейвлет - анализ [36]. Так как свойства вейвлет функций во многом схожи со свойствами сверхширокополосных сигналов (СШП), то нашли широкое применение методы обнаружения кратковременных знакопеременных и сверхширокополосных процессов в различных радиофизических приложениях. Эти вопросы подробно исследованы [13]. Кроме известных вейвлет - систем (И. Добеши, И. Мейера, Стронберга – Лемарье - Бэтти, Хаара, В-сплайны Шенберга и др.), проводится построение и обоснование нового класса WA-систем функций Кравченко-Рвачева на основе атомарных функции. Показано, что новый класс вейвлетов Кравченко-Рвачева представляют собой СШП сигналы, поэтому разложение СШП сигналов по этим вейвлетам является естественным и обоснованным. Вейвлет - спектр СШП сигналов, преобразованный на основе вейвлетов Кравченко-Рвачева имеет хорошую локализованность. Это обусловлено тем, что имеется сходство физических параметров исследуемых СШП сигналов с базисными функциями вейвлет - преобразования. Новый класс вейвлет - функций может быть использован не только в задачах обнаружения сигналов на фоне слабо коррелированных помех, определения местоположения источника СШП сигнала, измерения информационных параметров СШП сигналов, но и в краевых задачах математической физики при решении интегральных уравнений первого или второго рода. Здесь особо отметим, что прежде всего, касается анализа сигналов (процессов), спектральный состав которых меняется со временем. Наиболее эффективным в этом случае является

использование вейвлет - анализа, основанного на комплексных вейвлетах, позволяющих отделить информацию об амплитуде и фазе исследуемых сигналов. При этом эффективность такого анализа зависит от свойств используемого материнского вейвлета. В связи с этим возникает задача разработки комплексных вейвлетов, обладающих полезными с точки зрения физических приложений свойствами. Особый интерес представляет разработка семейств вейвлетов, параметры которых, например, частотно-временное разрешение материнского вейвлета, можно варьировать. С другой стороны, в последнее время наметилась тенденция сближения (комбинирования) математических аппаратов аппроксимации. Примером могут служить широко известные сплайн - вейвлеты, в которых используется как аппарат сплайнов, так и вейвлетов. В рамках данного процесса несомненный интерес представляет интеграция вейвлетов с атомарные функции (АФ)[19 ], которые предложены и обоснованы в на много лет раньше появления вейвлетов И. Добеши. В настоящее время ведется работа по эффективному совмещению этих двух аппаратов. Основные результаты в данной области представлены в[32], где изложен подход, который впервые позволил провести построение вейвлетов на основе АФ. Рассмотрены и обоснованы новые конструкции комплексных вейвлетов, основанные на семействе АФ и обладающие следующими полезными свойствами: «нулевого среднего», возможностью варьирования частотно-временного разрешения при изменении порядка вейвлета, компактностью носителя и др. Полученные вейвлеты и их Фурье - образы определяются аналитическими соотношениями. Исследованы основные свойства комплексных вейвлетов Кравченко-Рвачева. Установлено, что эти свойства (гладкость, компактность и размер носителя и др.) комплексные вейвлеты наследуют от семейства АФ, на основе которых производится их построение. В последнее время исследования в области АФ ведутся по многим научным направлениям





Рис. 12 Основные области приложения теории атомарных функций

Области предложения атомарных функции (рис.7) представляет определенный интерес по использованию их в решении подобных задачах классы функции, которые бы по своим сверхширокополосных – свойствам были близки к анализируемым сигналам. Исследования показали, что такими функциями могут быть атомарные функции. Задача состоит в получении нового семейства вейвлет – функции на их базе. Известно[6,8], что АФ являются финитными бесконечно дифференцируемыми решениями функционально – дифференциальных уравнений вида

$$y'(x) = \sum_{k=1}^M c_k y(ax - b_k). \quad (28),$$

Согласно [11], построение вейвлет – функции  $\psi$  определяется требованием получения большого количества коэффициентов  $\langle f, \psi_j, n \rangle$ , близких к нулю. Это зависит, главным образом, от регулярности функции  $f$ , количества нулевых момент  $\psi$  и размера ее носителя. Если  $f$  – регулярная функция, а  $\psi$  имеет достаточное количество нулевых моментов, то вейвлет – коэффициенты  $\langle f, \psi_j, n \rangle$ , малы для масштаба  $2^j$ .

Тогда  $\psi$  имеет  $p$  нулевых моментов:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} t^k \psi(t) dt = 0, 0 \leq k < p. \quad (2.26),$$

Имеет место теорема 0 нулевых моментах[44].

Опуская последующее выкладки[26] приступим алгоритму построения  $W$  – систем функций Кравченко – Рвачева которые имеет следующие вид:

1. Преобразование спектра АФ по формуле

$$h(\omega) = \sqrt{2} (\cos(\frac{\omega}{2}))^p \theta(\omega); \quad (30),$$

2. Построение масштабирующей функции на основании соотношения

$\varphi(\omega) = \prod_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2}} h(2^{-i} \omega)$  с конечным числом членов сомножителей произведении.

Количество членов произведения должно превышать  $2^p$ , где  $p$  – количество ненулевых моментов;



3. Построение вейвлетообразующей функции на основе АФ проводится по формуле

$$\psi(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\frac{\omega}{2}} h\left(\frac{\omega}{2} + \pi\right) \varphi\left(\frac{\omega}{2}\right), \quad (31),$$

или, что эквивалентно,

$$\psi(\omega) = \sqrt{2} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} (-1)^{m-1} h(-n-1) \varphi(t-n), \quad (32),$$

где  $h(\omega)$  – сопряженная  $h(\omega)$  функция.

Таблица 4. Физические характеристики построенных вейвлетов ( $\eta_1 = \eta_2 = 2\pi$ )

Номер опорной области	$\frac{\gamma_4}{\gamma_3}$	$\frac{\gamma_2}{\gamma_3}$	$\gamma_7$	$\gamma_8$	$\gamma_9$	$\Delta$	J
Атомарная функция $\text{fup}_3(x)$							
1	1.375	2.875	0.326	0.312	-33.436	0.204	1.855
2	1.429	2.286	0.308	0.295	-30.503	0.268	1.922
3	1.429	2.857	0.261	0.250	-21.543	0.310	2.309
4	1.500	2.667	0.215	0.206	-30.542	0.187	2.224
5	1.429	2.143	0.282	0.270	-27.838	0.202	1.919
Атомарная функция $\Xi_3(x)$							
1	1.429	3.000	0.634	0.271	-32.059	0.175	1.780
2	1.286	2.000	0.600	0.256	-29.046	0.236	1.660
3	1.500	3.000	0.507	0.217	-20.995	0.267	2.202
4	1.333	2.333	0.418	0.179	-29.911	0.161	1.915
5	1.500	2.167	0.549	0.235	-26.663	0.174	1.829

Атомарная функция							
$h_3(x)$							
1	1.200	2.000	0.215	0.121	-20.365	0.092	2.344
2	1.500	2.000	0.203	0.114	-17.362	0.150	2.728
3	1.500	2.750	0.172	0.097	-15.036	0.144	3.197
4	1.250	2.000	0.142	0.080	-21.662	0.087	3.011
5	1.500	2.000	0.186	0.104	-16.463	0.092	2.827

Приведённые выше аналитические выражение позволяют провести численные эксперименты с оценкой работоспособности функционирования кодека, на основе атомарного преобразования[26].

## **Выводы по второй главе**

Данная глава была посвящена исследованию методов обработки и сжатия на основе математических преобразований. Рассмотрены дискретно-косинусное преобразование, преобразование Уолша-Адамара, преобразование Хаара, вейвлетные и атомарные преобразования.

Целью всякого преобразования является сжатое, компактное представление данных мультимедиа в их числе изображений. Преобразование должно произвести декорреляцию, пространственно разнесенной энергии и концентрировать ее в несколько меньшее количество отсчетов при этом без потери информации. Компрессия происходит лишь на следующем шагу, т.е. при квантовании.

Основное преимущество поддиапазонных преобразований состоит в том, что они выделяют различные частоты из входного сигнала, после чего можно точно контролировать часть сохраняемой (и отбрасываемой) информации из каждого поддиапазона частот. Каждый поддиапазон можно по отдельности квантовать (если допустима частичная потеря информации), а затем сжимать с помощью RLE, методом Хаффмана, арифметическим кодированием или любым другим методом.

В отличие от других математических быстрых преобразований атомарные преобразования более точно описывают нестационарные процессы, например реальная подвижная изображения и отличается наиболее высоки скоростью. По этому предлагается в целях обеспечения необходимой скорости вычисления при обработке и сжатии быстро протекающих процессов использовать математического преобразования, на основе атомарных функций.

## Глава 3. Описание программного обеспечения и результаты компьютерного моделирования и численных экспериментов

### 1. Структура программного обеспечения

В данной диссертационной работе разработано программное обеспечение для сжатия видео. Это программное обеспечение разработано в среде CodeGear Delphi 10.

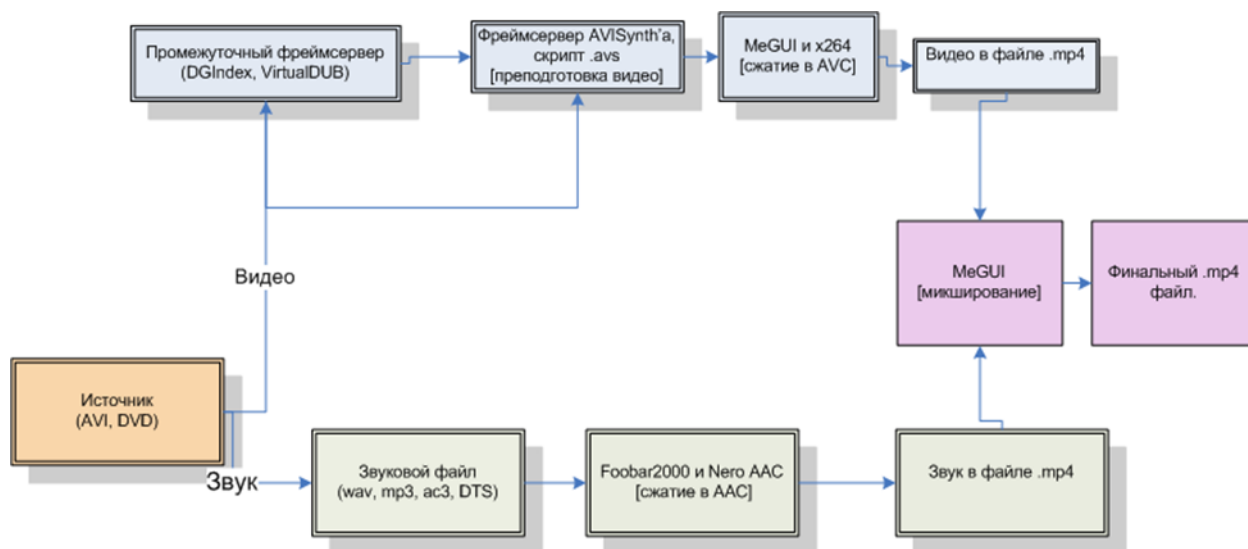


Рис. 13. Структура программного обеспечения

Возможности программного обеспечения:

- Использование сжатых ранее кадров в качестве опорных (то есть с заимствованием части материала из них).
- Компенсация движения с переменным размером блока (от 16x16 до 4x4 пикселя) позволяет крайне точно выделять области движения.
- Шеститочечная фильтрация компонента яркости для полупиксельного предсказания с целью уменьшения зубчатости краев и, в конечном счёте, обеспечения большей чёткости изображения.
- Сжатие макроблоков без потерь.
- Гибкие функции чересстрочного сжатия.
- Точное целочисленное преобразование пространственных блоков 4×4.

- Точное целочисленное преобразование пространственных блоков 8x8.
- Логарифмическое управление длиной шага для упрощенного вычисления обратной длины квантования.
- Context-adaptive binary arithmetic coding (CABAC, контекстно-зависимое адаптивное бинарное арифметическое кодирование) — алгоритм сжатия без потерь для синтаксических элементов видеопотока на основе вероятности их появления.
- Context-adaptive variable-length coding (CAVLC, контекстнозависимое адаптивное кодирование с переменной длиной кодового слова) — альтернатива CABAC меньшей сложности.

## 2. Модули программного обеспечения

### *Процедуры и функции:*

- Процедура *AddFile* загружает файл, который пользователь выбрал.

*procedure AddFile(const FileName: string; const AddingLater: Boolean);*

- Функция *CalculateBitrate* вычисляет битрейт загруженного файла.

*function CalculateBitrate(const TargetSize: integer;  
const FileLength: integer; const AudioStreamSize: integer):  
string;*

- Функция *GetNumberOfFrames* возвращает количество фреймов загруженного файла.

*function GetNumberOfFrames(Index: integer): integer;*

- Функция *IsValidFileName* проверяет на валидность имя файла.

*function IsValidFileName(const FileName: string): Boolean;*

- Процедура *GetFullInfo* возвращает полную информацию о файле.

*procedure GetFullInfo(const FileName: string);*

### 3. Инструкция по использованию программного обеспечения

- 1) Запускаем программу и нажимаем кнопку «+». Из всплывающего меню выбираем «Добавить файлы».

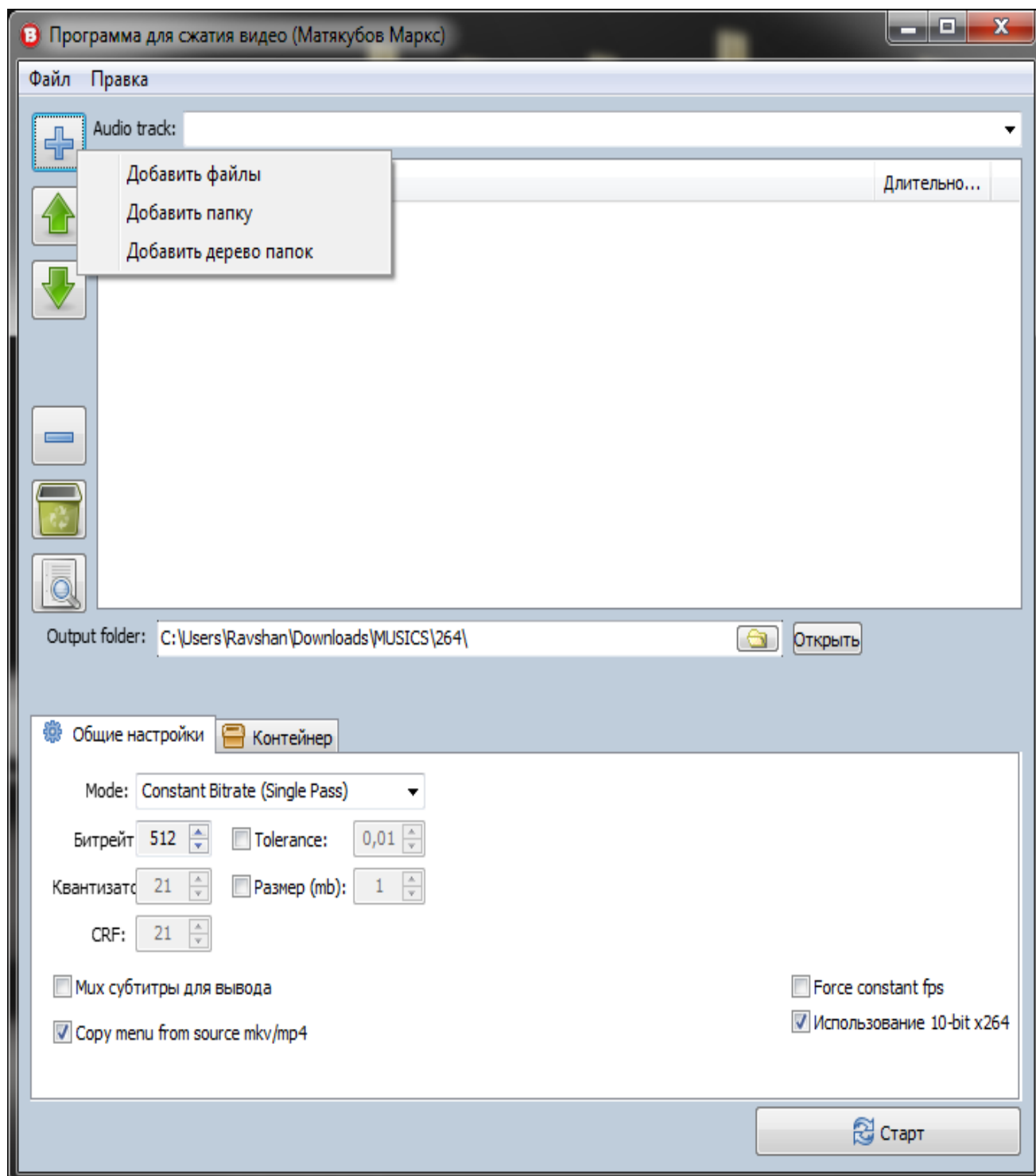


Рис. 14. Главное окно программного обеспечения

2). Выбираем видео файл для сжатия.

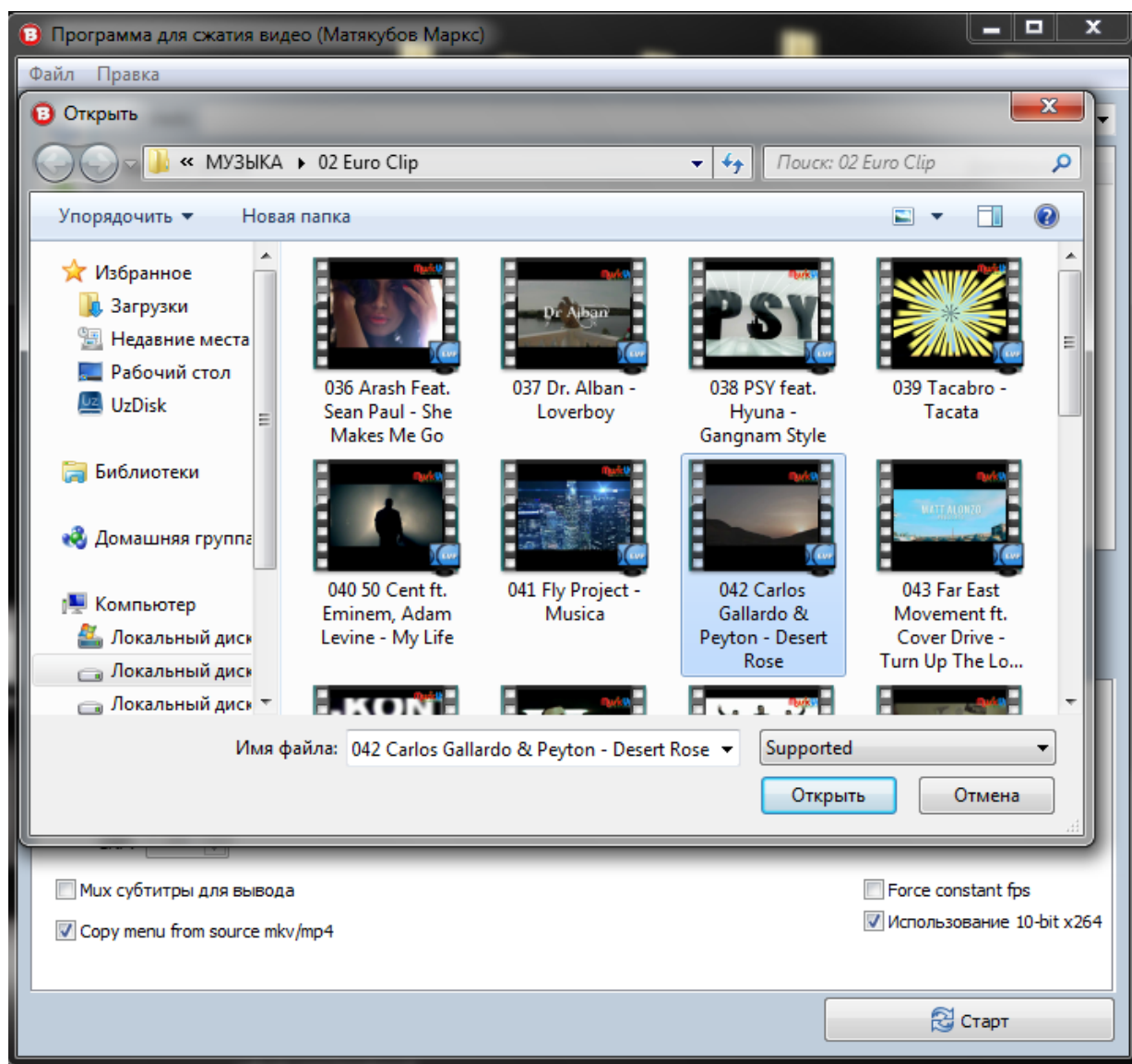


Рис. 15. Окно выбора файла

3). После выбора файла, он автоматически загружается в программу. И отображается следующие данные о файле:

- Название файла
- Длительность
- Аудио трек



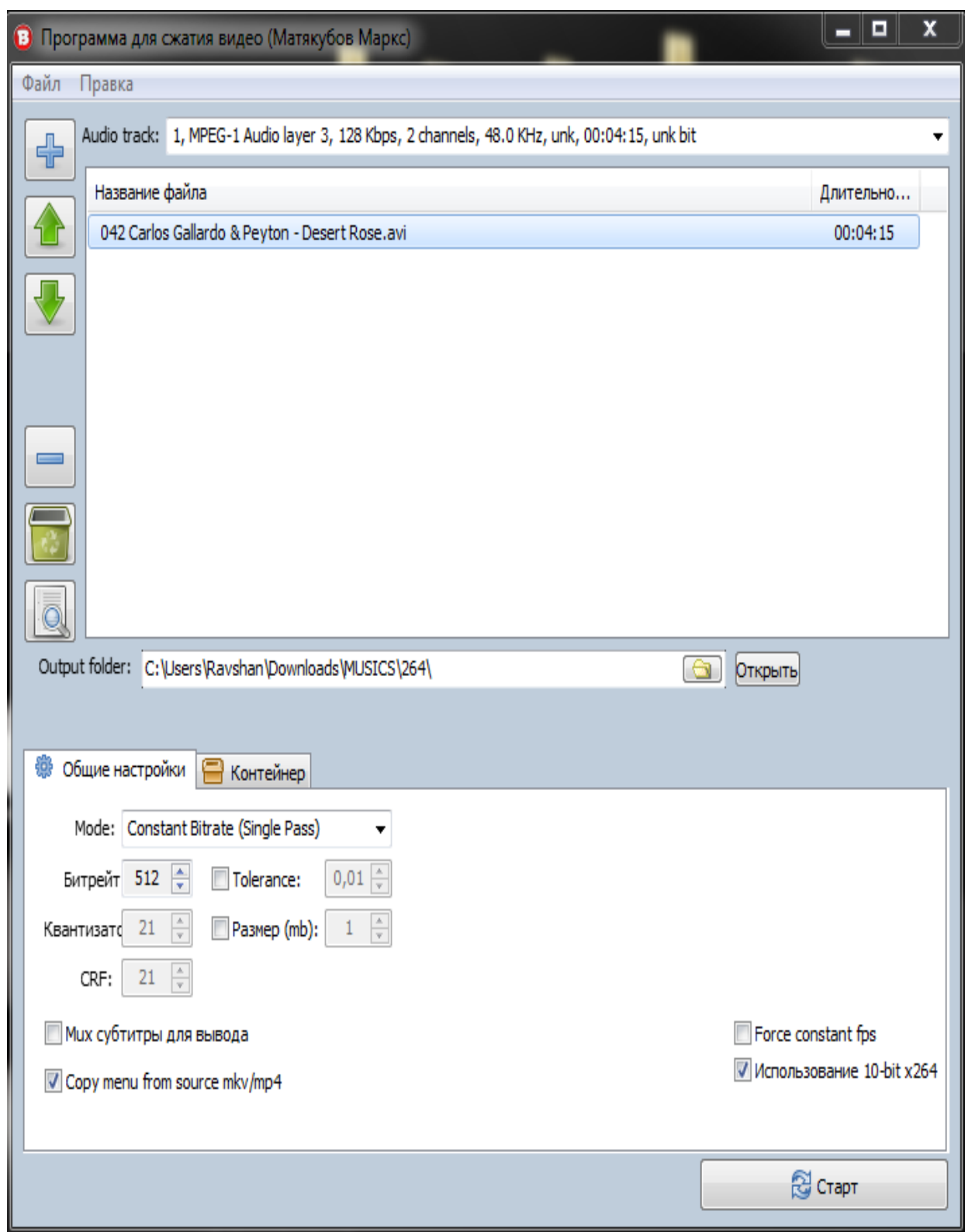


Рис. 16. Главное окно, отображающее загруженным файлом

4). Для просмотра полную информацию о файлы, нажмите последнюю кнопку в левом части окна.

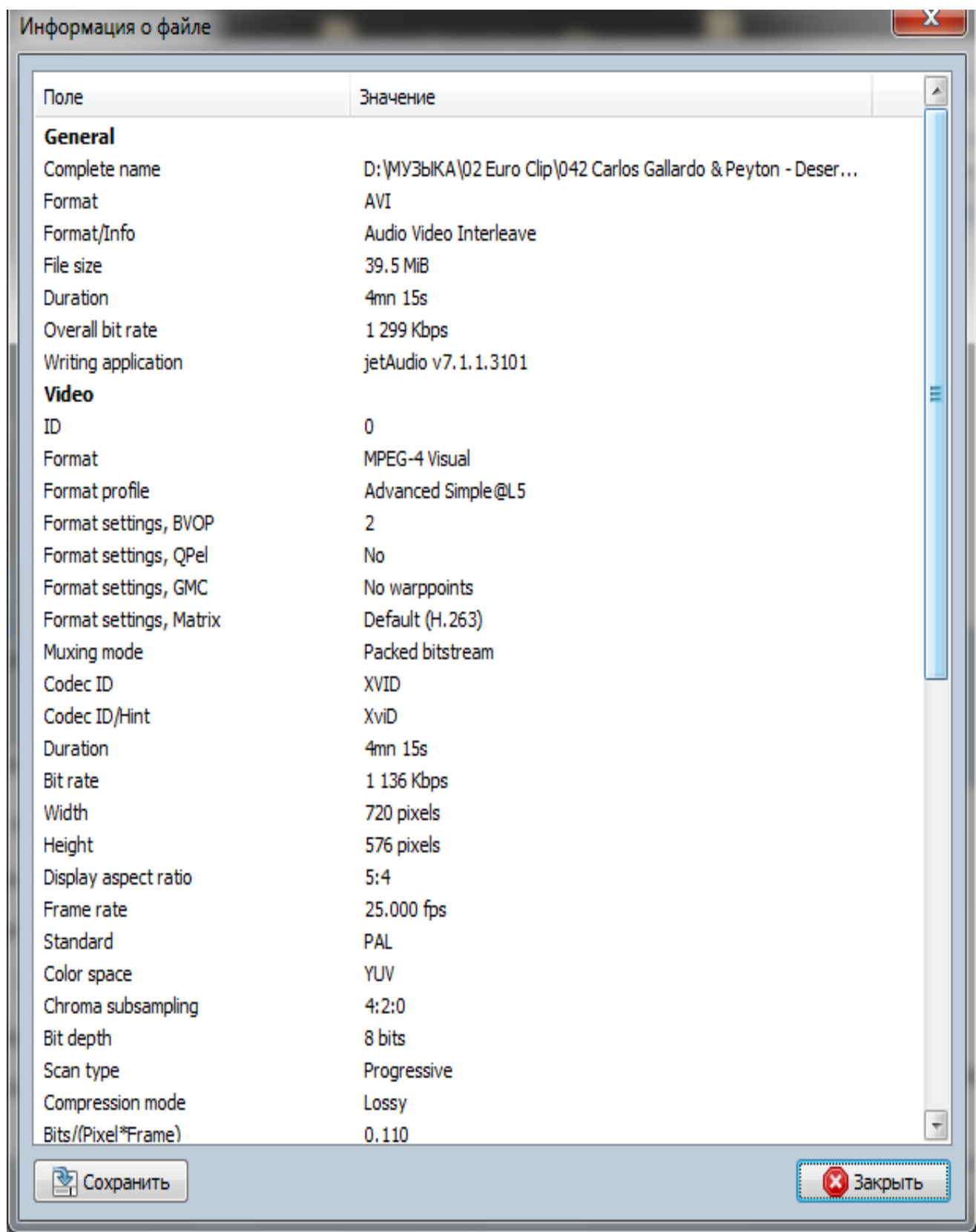


Рис. 17. Окно информация о файле

5). Для сжатия файла нажимаем кнопку «Старт»

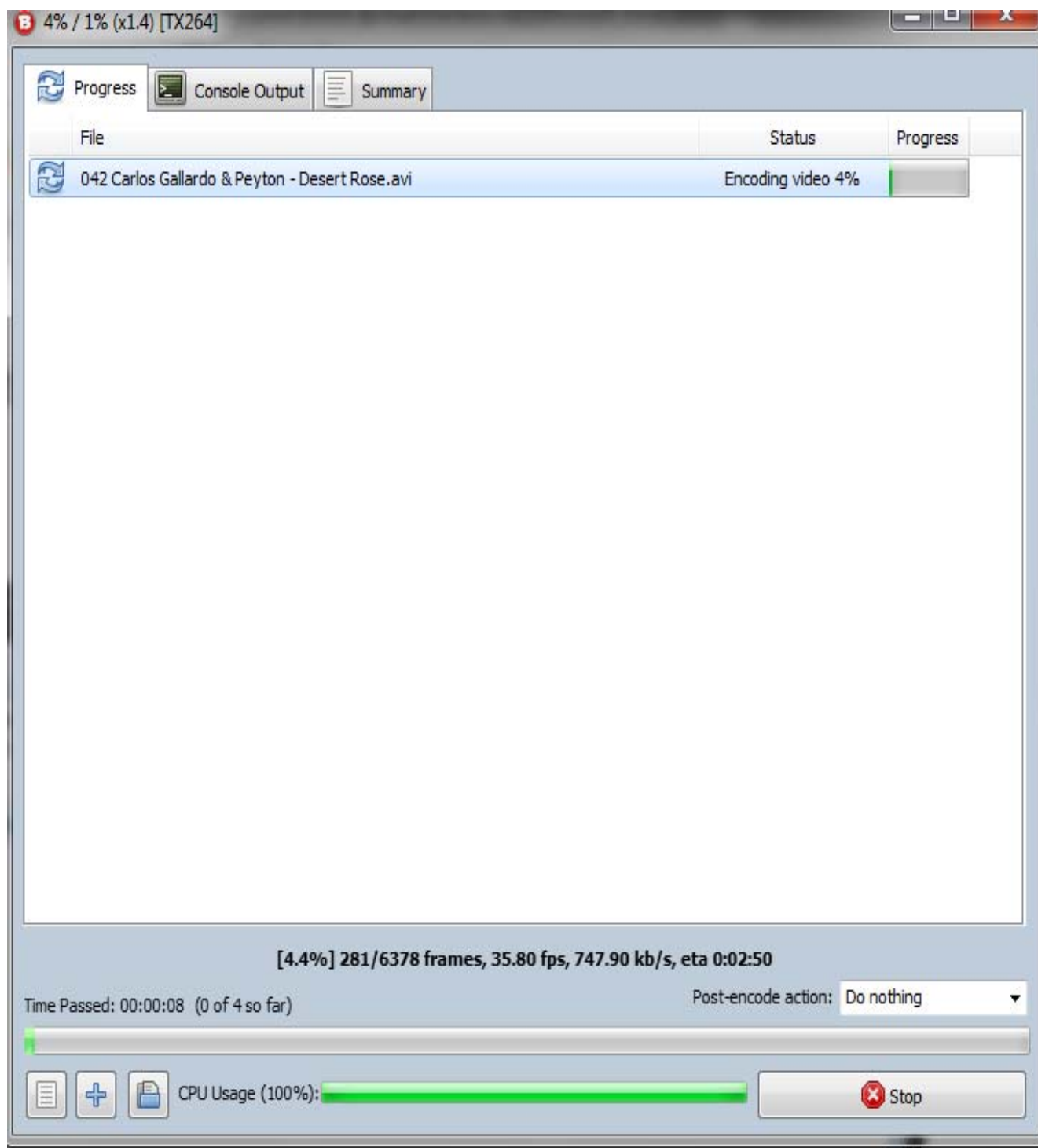


Рис.18. Ход выполнения процесса сжатия файла

В данном окне показывает ход сжатия видео файла. Вы можете увидеть в этом окне следующие данные:

- проценты хода выполнения сжатия
- загруженность ЦПУ
- время выполнения

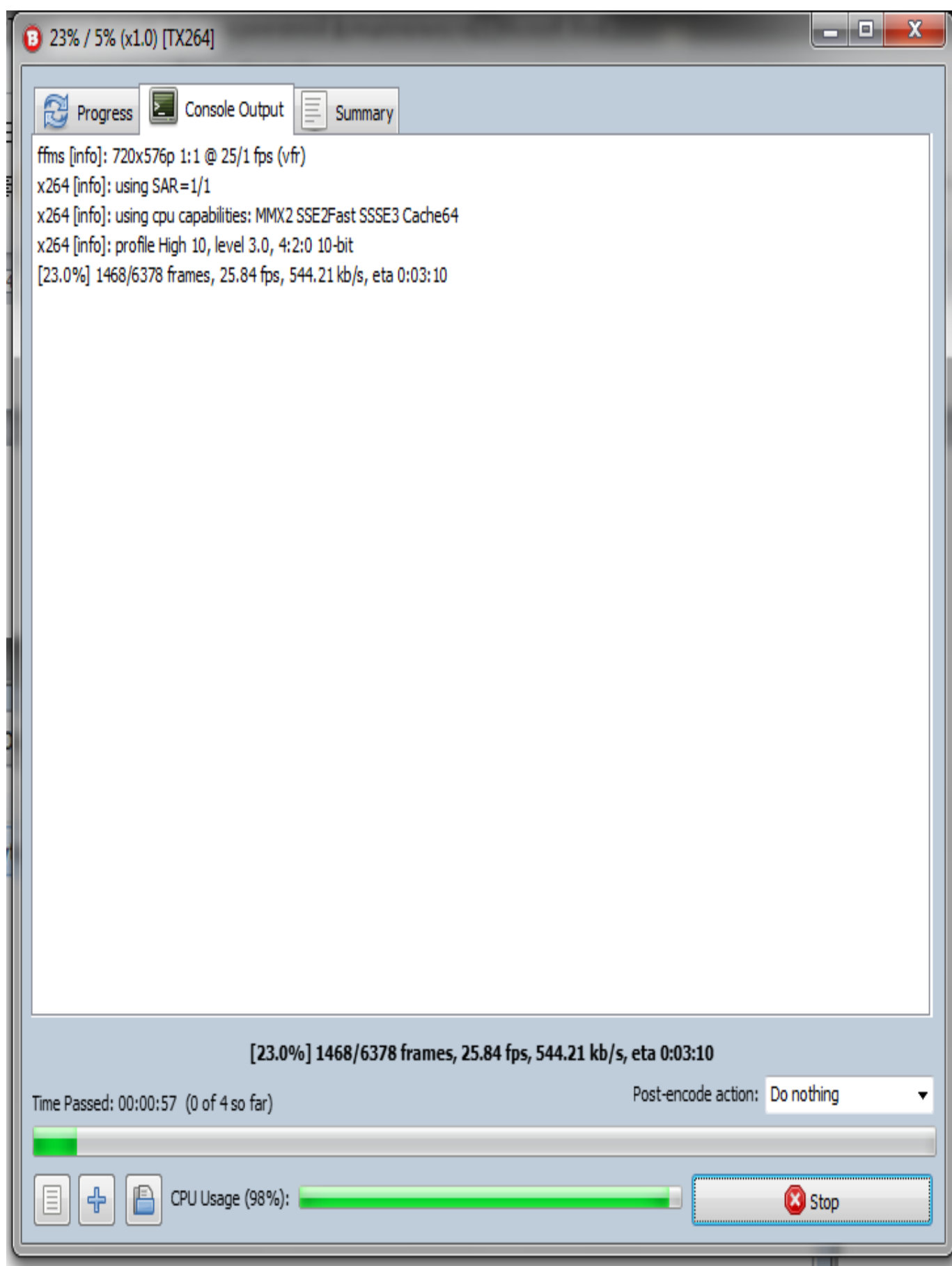


Рис. 19. Процессы выполнения сжатия

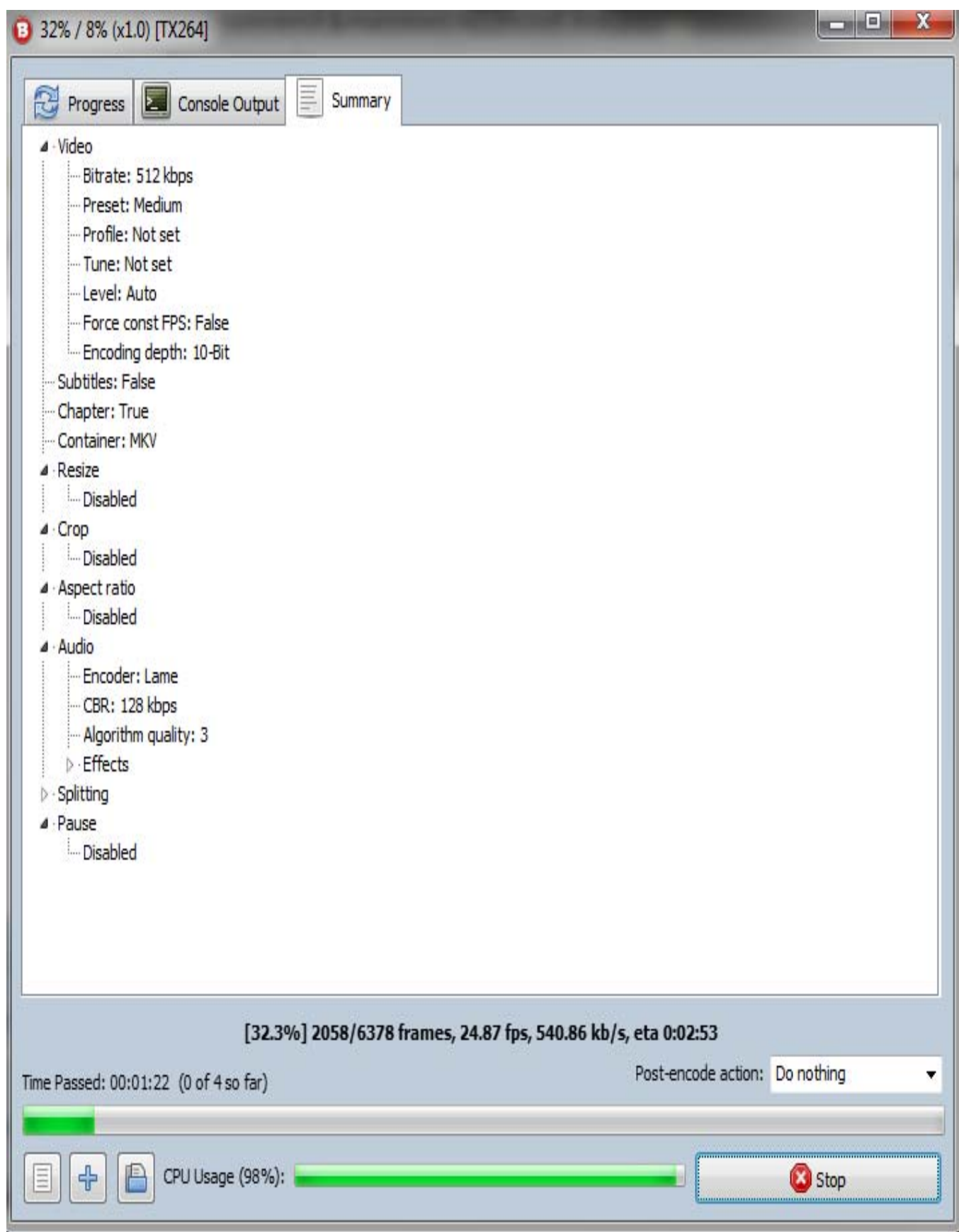


Рис. 20. Этапы сжатия файла

6). Для просмотра логов вы можете кнопку «Логи»

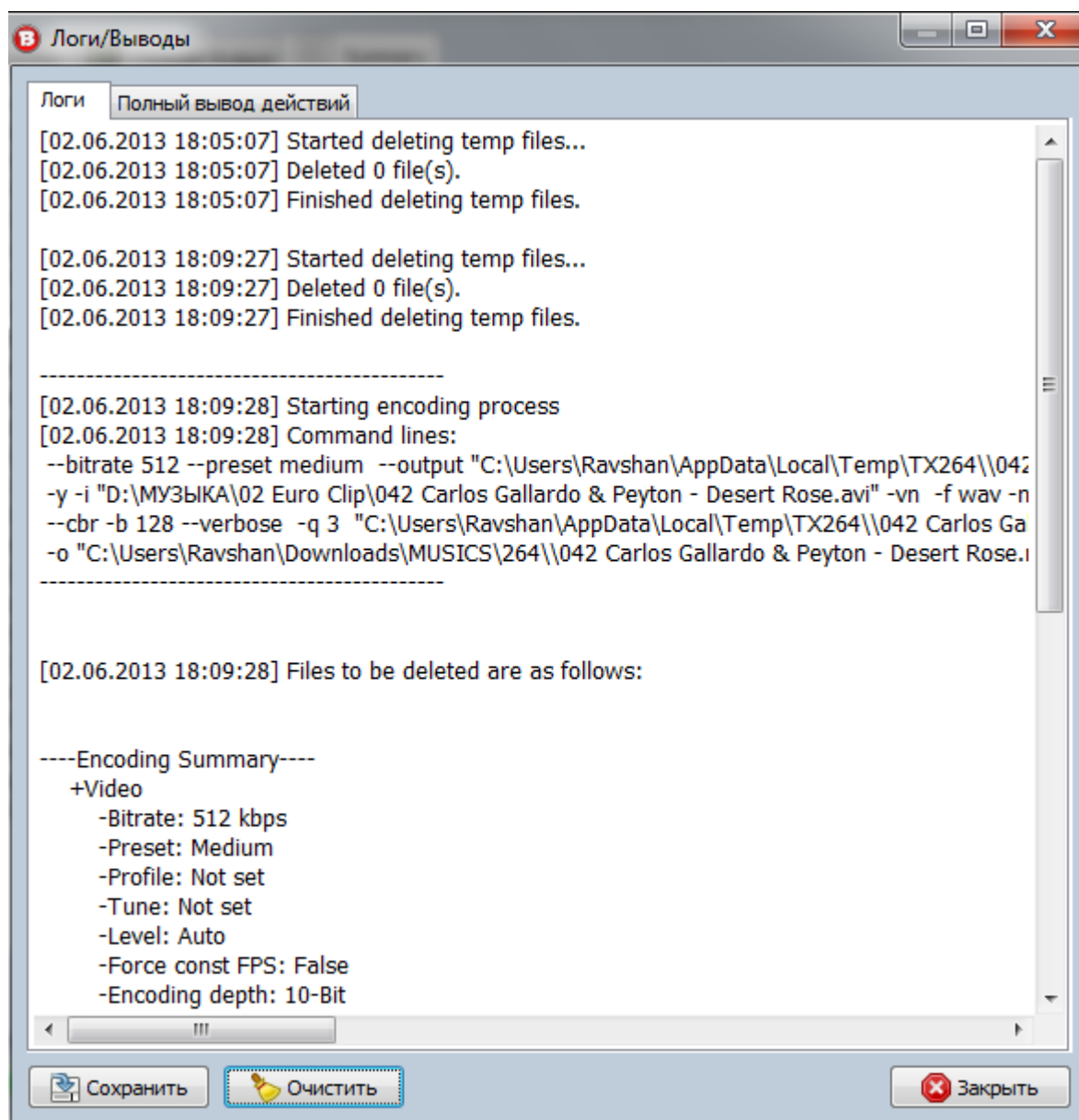


Рис.21. Окно для логов и выводов

В результате выполнения данных действий видео файл конвертируется в формат «mp4» или «mkv» и его размер уменьшается.

Исходный файл, размер 40Мб

Сжатый файл, размер 21 Мб

**Вывод:** С помощью данного программного обеспечения можно уменьшить размер файла до 50%.

#### 4. Результаты численных экспериментов, исследований и рекомендации по использованию их в интегральных интерактивных информационных системах

Исследование показали, что применение новых конструкций базисов вейвлет – функций КР и W – систем для анализа физических процессов СШП – сигналов является эффективным[36].

Физические характеристики новых конструкций вейвлетов и масштабирующих Кравченко – Рвачева (КР) на основе семейства атомарных функций приведены в табл.7 соответственно.

Таблица 7

Вейвлет - функции	$\mu$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$-\gamma_5$ , дБ	$-\gamma_6$ , дБ	$\gamma_7$	$\gamma_8$	$\gamma_9$ , дБ	[a,b]
КР,up(x)	1,4 2	0,9 5	2,0 3	0,6 9	1,01 6	12,29 3	10,38	4,901	2,1 14	10,1 8	[0,3]
КР,h <sub>3</sub> (x)	4,2 5	0,9 5	2,9 6	0,5 1	0,74 1	19,12 7	10,56	3,095	1,1 86	16,4 1	[0,3]
КР,fup <sub>3</sub> (x)	1,9 1	0,8 9	3,3 0	1,1 3	1,65 3	28,98 9	10,63	11,66	2,9 92	27,1 0	[0,5]
КР,fup <sub>4</sub> (x)	1,3 9	0,8 8	3,7 4	1,2 8	1,87 4	34,80 1	9,928	12,94	2,8 65	32,9 7	[0,5]
КР,fup <sub>10</sub> (x)	1,4 3	0,8 6	6,1 6	2,1 1	3,08 7	70,69 5	10,63	24,26	2,3 74	70,2 6	[0,5]
sym2	1,3 0	0,9 1	2,4 3	0,7 7	1,10	4,49	4,10	2,56	2,1 9	7,55	[0,3]
sym6	1,0 2	0,8 6	2,4 9	0,6 5	0,87	13,52	8,95	8,05	5,8 8	13,5 5	[0,11 ]
$\Psi$ ,db <sub>1</sub>	1,5 5	1,5 1	2,4 1	1,0 4	1,36	1,34	1,12	1,00	1,0 0	4,77	[0,1]

$\Psi, db_2$	1,3 1	0,9 2	2,4 4	0,7 7	1,10	4,49	4,10	2,56	2,1 9	7,55	[0,3]
$\Psi, db_3$	1,1 9	0,9 2	2,4 5	0,7 1	1,01	7,28	6,19	3,80	2,8 9	9,04	[0,5]
$\Psi, db_6$	1,0 2	0,8 6	2,4 9	0,6 5	0,88	13,52	8,95	6,68	4,0 6	13,5 5	[0,11 ]

Таблица 8

Вейвлет - функции	$\mu$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$	$-\gamma_5$ , дБ	$-\gamma_6$ , дБ	$\gamma_7$	$\gamma_8$	$\gamma_9$ , дБ	[a,b]
KP,up(x)	2,0 00	0	2,8 7	0,8 4	1,17	19,85 9	15,07	3,00	1,816	19,49	[-2,2]
KP,h <sub>3</sub> (x)	2,0 00	0	2,8 7	0,8 5	1,19	15,08 7	13,04	2,80	1,799	16,27	
KP,fup <sub>3</sub> (x)	2,0 00	0	3,2 9	0,8 1	1,14	33,51 6	15,87	4,00	2,077	33,28	
KP,fup <sub>4</sub> (x)	2,0 00	0	3,4 2	0,8 0	1,13	37,50 1	15,76	5,00	2,485	36,93	
KP,fup <sub>10</sub> (x)	2,0 00	0	4,1 4	0,7 9	1,11	58,86 1	15,33	6,00	2,426	56,64	
sym2	2,0 0	0	3,0 0	1,4 3	1,79	5,89	5,06	2,54	2	8,29	
sym6	2,0 0	0	3,3 2	1,6 6	1,87	15,63	11,12	7,87	5,62	13,91	
$\Psi, db_1$	2,0 0	0	2,8 2	1,1 3	1,76	2,36	2,36	1	1	6,73	
$\Psi, db_2$	2,0 0	0	3,0 2	1,4 5	1,81	5,89	5,06	2,54	2,15	8,29	
$\Psi, db_3$	2,0	0	3,1	1,5	1,82	8,93	8,09	3,79	2,86	9,66	



	0		2	6							
$\Psi, db_6$	2,0	0	3,3	1,6	1,86	15,63	11,12	7,15	4,60	13,91	
	0		1	5							

Анализ табл.7 показывает, что новые вейвлеты Кравченко – Рвачева обладают сходными свойствами с классическими вейвлетами, а по ряду физических параметров превосходят их. Например, уровень боковых лепестков имеет достаточно низкие значения при незначительном увеличении шумовой полосы.

Из табл.8 видно, что масштабирующие функции Кравченко – Рвачева также не уступают по своим физическим параметрам классическим функциям.

Показано, что вейвлеты Кравченко – Рвачева являются СШП – сигналами, поэтому разложение СШП – сигнала по новым вейвлетам является естественным и обоснованным. Установлено, что вейвлет – спектр СШП – сигналов, преобразованный на основе вейвлет Кравченко – Рвачева, имеет хорошую локализованность. Это обусловлено тем, что имеется сходство физических параметров исследуемого СШП – сигнала с базисными функциями вейвлет – преобразования. Новый класс вейвлет – функции может быть использован в задачах обнаружения сигнала на фоне слабо коррелированных помех, определения местоположения источника СШП – сигналов, измерения информационных параметров СШП – сигнала и других[25], (табл.4) в том числе для сжатия изображения (цветного, объемного и высокой чёткости) приложениях.

### **Выводы по третьей главе**

Результатом третьей главы являются ниже следующее.

- Разработано программное обеспечение.
- Разработана структура программного комплекса.
- Разработано описание функциональных модулей.
- Разработана инструкция по использованию программного обеспечения.
- Изложены результаты численных экспериментов математической модели средства обработки и сжатия на базе атомарных преобразований, а также рекомендации по практическому использованию средств обработки, сжатия и хранения данных в интегральных интерактивных информационных системах.

## **Заключение**

В работе получены следующие результаты.

Проанализированы особенности, основные свойства и возможности существующие методы, алгоритмы и устройства обработки, сжатия и хранения данных, выявлены что в данной области ведущими странами мира являются такие как США, Япония, Корея, Российская федерация и др. у которых достигнуты значительны успехи в теоретическом и практическим направлениях исследований, добились также успехов в искомой области в Республика Узбекистан которая в числе одной из первых завершила переход от аналоговых к цифровым средствам, системам и сетям телекоммуникации и информатизации общества. На сегодняшний день им п охвачены все сферы деятельности человека. Всевозрастающие виды и объемы информации требует повышение эффективности методов и средств обработки, сжатия и хранения, используемых в различных информационных системах. Эффективное решение задач обработки, сжатия и архивирования сигналов мультимедиа имеют важную роль при создании современных видеоинформационных систем для глобальной многоцелевой цифровой системе вещания, так как многоцелевые возможности вещания прежде всего выражаются способностью предоставлять мультимедийные интерактивные услуги. Данные виды услуг обозначают значительное расширение уже существующих услуг и обладает потенциалом увеличения доходов операторов и вещателей и предоставления пользователям качественно нового уровня услуг. Она подчеркивает конвергенцию вещания, телекоммуникаций и компьютерных технологий.

Была обоснована проблема создания многоцелевого адаптивного кодера, способного технически реализовать идеи предоставления интерактивных мультимедийных услуг. В данной работе была сделана попытка для приближения к решению данной проблемы.

Рассмотрены особенности и основные проблемы обработки, сжатия и архивирования сигналов мультимедиа, а также требования к системам передачи потокового видео.

Рассмотрены особенности применения дискретного вейвлетного преобразования и вопросы выбора базисных функций с желаемыми характеристиками для достижения высокой эффективности сжатия изображений.

Вследствие того, что основную долю объема сигналов мультимедиа составляет объем передаваемого изображений и видео, при исследовании существующих и разработке новых методов акцент был сделан на обработку и сжатие этого типа данных.

Было разработано гибридное кодирующее устройство с компенсацией движения на основе дискретного вейвлет – преобразования. Особенности устройства являются использование перекрывающейся компенсации движения, кодирования по нуль-дереву с адаптивным квантованием и с последующим арифметическим кодированием.

В качестве алгоритмов основанных на вейвлетном преобразовании были выбраны алгоритмы энтропийного кодирования коэффициентов нуль-дерева ZTE и алгоритм вложенного вейвлет – преобразования с использованием нуль-дерева EZW.

Проведены сравнительные исследования этих двух алгоритмов для стандартизованных тестовых видеопоследовательностей посредством компьютерного моделирования.

Результаты исследования посредством компьютерного моделирования показывают, что кодер превосходит по характеристикам верификационную модель MPEG-4 при кодировании I-кадров и не уступает при кодировании P-кадров видео последовательности.

Результаты исследования и разработки комплекса алгоритмов и устройств в примере разработанного гибридного кодера на основе

вейвлетного преобразования могут быть применены для решения практических задач низкоскоростной передачи видеоинформации.

## **Список литературы**

### **Нормативно-правовые документы и произведения Президента**

#### **Республики Узбекистан:**

1. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий», г. Ташкент. 21 марта 2012 г.
2. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. – Ташкент.: - 2009.
3. Концепция развития наземного цифрового видео и РВ в Респ. Узбекистан. – Ташкент.: 2005.
4. Развитие и внедрение информационных технологий в государственном управлении в республике Узбекистан: современное состояние и перспективы развития. – Ташкент.: UZINFOCOM, 2011. – 27 – 29 с.

#### **Учебник и учебные пособия:**

5. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
6. Артюшенко В.М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука. Изд.: Москва – 2003, 430 с.
7. Беляев Е.А. Управление параметрами алгоритма сжатия видеoinформации при передачи данных в системах мобильной связи. – СП.: 2008.
8. Бенилов А.И. Вейвлет-анализ и его применение для сжатия мультимедийной информации. Киевский национальный университет имени Т. Шевченко - 2002. 15с.
9. Быков Р.Е. Цифровое преобразование изображений. – М: Горячая линия – Телеком, 2003. – 228 с.

- 10.Вакунов Н. В. Разработка и исследование многомасштабных алгоритмов обработки и анализа изображений в производственных системах контроля качества. Автореферат диссертации на соискателя ученой степени. Владимир - 2005.
- 11.Ватолин Д., Смирнов М. Методы сжатия данных. ISBN 5 – 86404-170-X. - 2002.
- 12.Гаврилов И.А., Отто С.Э. Повышение эффективности сжатия видеопотока на основе масштабирования изображений. – Ташкент.: Международная конференция, 2012. – с 156 – 161.
- 13.Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации. - М.: Радио и связь, 2001, 336 с.
- 14.Грузман И.С., Курилин И.В. Нелинейные алгоритмы фильтрации кусочно – постоянных многоуровневых сигналов // Автометрия. – 2002. - №2. –15 – 23 с.
- 15.Гуляев Ю.В., и др. Атомарные функции, вейвлеты, R – операции в цифровой обработке сигналов и изображений. – Москва: Институт Р и Э РАН, 2004.
- 16.Гуляев Ю.В., Кравченко В.Ф. Атомарные функции в цифровой обработке сигналов различной физической природы. 5-я Международная конференция и выставка. Цифровая обработка сигналов и её применение. 12-14 марта 2003, Москва, с. 3-4.
- 17.Гуляев Ю.В., Кравченко В.Ф., и др. Новый класс вейвлетов на основе атомарных функций, 5-я Международная конференция и выставка. Цифровая обработка сигналов и её применение. 2003, с.6-8.
- 18.Зайнидинов Х.Н. Сравнительный анализ возможностей кусочно – полиномиальных локальных базисов. Материалы международной конференции <<Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании >>. Ташкент, 2004, с.197 – 200.

- 19.Зайнидинов Х.Н., Абдуллаев Б.А. Новый метод вычисления коэффициентов приближения функциональных зависимостей в кусочно – квадратических базисах. // Вестник ТГТУ, Ташкент. – 2000, №2., - С59-62.
- 20.Каюмова Г.А. Обзор современных видов услуг в инфокоммуникационных сетях. – Ташкент.: Международная конференция, 2012. – С. 288 – 292.
- 21.Кравченко В.Ф., и др. Аналитические двумерные WA – системы функций Кравченко – Рвачева и их физические свойства. – РАН, 2011. – №3. – С. 336-341.
- 22.Кравченко В.Ф. Лекции по теории атомарных функций и некоторым их приложениям. М.: Радиотехника, 2003.
- 23.Кравченко В.Ф. Новые синтезированные окна. ДАН РАН. 2002. С. 190-198.
- 24.Кравченко В.Ф. Новый класс W-систем функций Кравченко-Рвачева на основе семейства атомарных функций. Радиотехника. 2005, №8, с.61-66.
- 25.Кравченко В.Ф., Басараб М.А. Применение атомарных функций для восстановления сигналов с финитным спектром. ДАН, 2002, т. 385, № 1, с.36-40.
- 26.Кравченко В.Ф., Смирнов Д.В. Широкополосные сигналы на основе временных атомарных функций в сложных антенных системах. Электромагнитные волны и электронные системы. 2005, т. 10, № 4, с. 21-26.
- 27.Кравченко В.Ф., Смирнов Д.В., и др. Оценки спектральной плотности временного ряда на основе семейства атомарных сглаживающих функций. Электромагнитные волны и электронные системы. 2005, т. 10, №8, с. 40-47.



28. Махмудов Э. Б. , И. А. Гаврилов. Результаты компьютерного моделирования видеоинформации системы с компрессией сигналов мультимедиа на базе ДКП и вейвлетов. –Вестник ТУИТ, 2/2007.
29. Махмудов Э.Б. Построение современных сетей видео вещания на основе многофункциональных цифровых видеоинформационных систем. –Международная конференция.: 2005.
30. Махмудов Э.Б. Федосов А. Floriano de Rango. Digital Video. -Intech 2010, Vena, Avstria.
31. Махмудов Э.Б., Гаврилов И.А. Анализ эффективности сжатия изображений на основе дискретного вейвлет – преобразования. – Ташкент.: 2009.
32. Махмудов Э.Б., Гаврилов И.А. и др. Разработка и исследование комплекса алгоритмов сжатия аудио – видео сигналов на основе использования преобразований (ВП), фракталов (ФП) и ДКП для наземного цифрового видео (DVB - T) и преобразователи звуковых сигналов, используемых в цифровых системах радиовещания (DRM). – Ташкент.: Отчет НИР, 2008.
33. Махмудов Э.Б., Рахимов Ш.М. Анализ и выбор цифрового сигнального процессора для аппаратной реализации многофункционального адаптивного устройства сжатия и шифрования данных больших объемов. – Ташкент.: Международная конференция, 2012. – С. 200 – 208.
34. Махмудов Э.Б., Холматов О.А. Результаты компьютерного моделирования видеоинформационной системы с компрессией сигналов мультимедиа на базе дискретного косинусного преобразования и вейвлетов. Вестник Связи №1 2007г.;
35. Махмудов Э.Б., Холматов О.А. и др. Видеопроцессор устройства компрессии и архивирования сигналов. – Международная конференция, 2005.

36. Матякубов М.Я. Основы вейвлет – преобразования сигналов. – Т.: сборник тезисы докладов конференции профессорского преподавательского состава, магистрантов и студентов, ТУИТ. - 2012.
37. Матякубов М.Я. Инфокоммуникацион тизимларда юкори самарадорликка эришишни таъминлаш усуллари ва мезонлари. – Т.: республиканская газета <<Хабар>>, 2013. – с. 2.
38. Патент Республики Узбекистан DGU 00620. Программная система моделирования быстрых преобразований. / Зайнидинов Х.Н., Касымов С.С. // Оpubл. в Б.И.2003. – N2.
39. Пленкин В.Я., Нгуен Тхань Хынг, Формирование функции неопределенности дискретно-кодированных по частоте сигналов с заданными свойствами. Изв. вузов, Радиоэлектроника. 2004. т.47. №1. с.3-12.
40. Селомон Д. Сжатие данных и изображения и звука. Издательство: Техно сфера 2004. 368с
41. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие. СПб, Питер, 2003. 221 с.
42. Трифонов П.В. Адаптивное кодирование в многочастотных системах. – Санкт – Петербург.: 2005.
43. Устройство тактовой синхронизации. IAP № 20060144. Предварительный патент РУ. / Махмудов Э.Б., Шералиев Р.С.//28.04.2006.
44. Чернышев А.А. Межкадровая обработка видео изображений в вейвлет – кодеках для систем сотовой связи. – Ташкент.:2009.
45. Чуи К. Введение в вэйвлеты. М.: Мир, 2001, 412 с.

**Интернет сайты:**

- 46. <http://www.codec.ru>
- 47. <http://www.compressing.ru>
- 48. <http://www.mpeg.com>
- 49. <http://www.wavelet.com>
- 50. <http://www.wikipedia.ru>
- 51. [http://www.compression.ru/video/codec\\_comparison/pdf/msu\\_mpeg\\_4\\_a\\_vc\\_h264\\_codec\\_comparison\\_2006.pdf](http://www.compression.ru/video/codec_comparison/pdf/msu_mpeg_4_a_vc_h264_codec_comparison_2006.pdf)
- 52. <http://www.aci.uz>

## Приложение

```
function TMainForm.Getx264FPS(const x264Output: string): string;
var
  pos1: Integer;
  pos2: Integer;
  prog: String;
  last: String;
begin

  Result := '0';

  if Length(x264Output) > 0 then
  begin
    pos1 := Pos('frames,', x264Output);
    pos2 := Pos('fps,', x264Output);
    prog := Copy(x264Output, pos1, (pos2 - pos1 - 1));
    last := Trim(Copy(prog, 8, MAXINT));
    last := ReplaceStr(last, '.', '');

    if IsStringNumeric(last) then
    begin
      Result := last;
    end;

  end;

end;

function TMainForm.GetNumberOfFrames(Index: integer): integer;
var
  MediaInfoHandle: cardinal;
  FrameCount: string;
  FileName: string;
begin

  FileName := Files[Index];
  FrameCount := '0';
  Result := 0;

  if (FileExists(FileName)) then
  begin

    // New handle for mediainfo
    MediaInfoHandle := MediaInfo_New();
```

```

if MediaInfoHandle <> 0 then
begin

    try
        // Open a file in complete mode
        MediaInfo_Open(MediaInfoHandle, PWideChar(FileName));
        MediaInfo_Option(0, 'Complete', '1');

        // get length
        FrameCount := MediaInfo_Get(MediaInfoHandle, Stream_Video, 0,
            'FrameCount', Info_Text, Info_Name);

        if not IsStringNumeric(FrameCount) then
        begin
            FrameCount := '0';
        end;

        Result := StrToInt(FrameCount);

    finally
        MediaInfo_Close(MediaInfoHandle);
    end;

end;

end;

end;

procedure TMainForm.ProgressListCustomDrawItem(Sender:
TCustomListView;
    Item: TListItem; State: TCustomDrawState; var DefaultDraw: Boolean);
var
    r: TRect;
begin
    r := Item.DisplayRect(drBounds);
    if r.Top >= ProgressList.BoundsRect.Top then
        AdjustProgressBar(Item, r);
end;

procedure TMainForm.UpBtnClick(Sender: TObject);
var
    i: Integer;

```

```

    lv2, lv: TListItem;
begin

    for i := 0 to FileList.Items.Count - 1 do
    begin

        if i > 0 then
        begin

            if FileList.Items.Item[i].Selected then
            begin
                lv2 := FileList.Items[i];
                lv := FileList.Items.Insert(i - 1);
                lv.Assign(lv2);
                lv2.Delete;
                lv.Selected := True;
                lv.Focused := True;

                Files.Exchange(i, i - 1);

                AudioTracks.Exchange(i, i - 1);
                AudioIndexes.Exchange(i, i - 1);
                Files.Exchange(i, i - 1);
                ExtensionsForCopy.Exchange(i, i - 1);
                CopyExtension.Exchange(i, i - 1);
            end;

        end;

    end;

end;

```