

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.383

Игнатьев
Николай Сергеевич

Анализ и оценка эффективности алгоритмов водяных знаков в мультимедиа

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель
Ярмолик В.Н.
д.т.н., профессор

Минск 2017

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Задача надежной защиты авторских прав, прав интеллектуальной собственности или конфиденциальных данных от несанкционированного доступа является одной из важнейших и почти не решенных сегодня проблем.

В современном мире очень популярен обмен изображениями, аудио и видеозаписями. Огромные объемы мультимедиа информации каждый день проходят через социальные сети, блоги и средства личного общения. Таким образом, внедряя водяные знаки в графическую информацию, представляется возможным отличать свои изображения от общей массы и подтвердить факт принадлежности авторского права.

Любое графическое изображение есть продукт человеческого труда. И по этой причине является интеллектуальной собственностью её автора, группы людей либо компании-правообладателя.

Правовые системы позволяют охранять объекты интеллектуальной собственности, например, с помощью авторского права, что позволяет людям добиваться признания или получать финансовое вознаграждение за свои изобретения или произведения. Угрозы, связанные с нарушением прав интеллектуальной собственности, могут причинить существенный ущерб обладателю.

Развитие средств вычислительной техники и широкое распространение глобальной сети Интернет привело к необходимости разработки новых средств защиты мультимедийной информации от незаконного распространения. На сегодняшний день известна эффективная технология обеспечения защиты безопасности мультимедийной информации - стеганография. Одним из направлений стеганографии является внедрение цифрового водяного знака, осуществляющее незаметное встраивание в объект защиты невидимой человеческому глазу цифровой метки – цифрового водяного знака (ЦВЗ).

Наличие встроенного в объект защиты ЦВЗ позволяет однозначно определить автора документа, что удерживает потенциального злоумышленника от незаконного распространения мультимедийной информации.

ЦВЗ можно встраивать в мультимедиа документы любого типа. Наряду с различными изображениями (фотографиями, рисунками, отсканированными бумажными документами и т.д.) встречаются и аудиозаписи, несущие внутри себя ЦВЗ, и видео (например, DVD-диски). ЦВЗ активно используются при размещении уникальных фотографий, видео, аудиотреков в электронном виде в глобальной сети Интернет.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка методов и алгоритмов водяных знаков в мультимедиа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести обзор предметной области цифровой обработки изображений.
2. Проанализировать существующие способы представления графической информации.
3. Проанализировать существующие критерии оценки качества графической информации.
4. Исследовать существующие методы и алгоритмы внедрения цифровых знаков в файлы мультимедиа.
5. Разработать алгоритмы постановки и извлечения водяного знака.
6. Разработать функциональную модель предметной области внедрения водяного знака.
7. Разработать программное средство, реализующее разработанные модели и алгоритмы.
8. Провести экспериментальную оценку разработанных моделей и алгоритмов.

Объектом исследования являются графическая информация.

Предметом исследования является методы и алгоритмы постановки водяных знаков.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является повышение устойчивости встраиваемых в неподвижные изображения цифровых водяных знаков к различного рода атакам, таким как JPEG сжатие, изменение яркости, зашумление и другим операциям обработки графической информации.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработка моделей, методов, алгоритмов, повышающих показатели проектирования, внедрения и эксплуатации программных средств для перспективных платформ обработки информации, решения интеллектуальных

задач, работы с большими массивами данных и внедрение в современные обучающие комплексы» (ГБ № 16-2004, № ГР 20163588, научный руководитель НИР – Н. В. Лапицкая).

Личный вклад соискателя

Результаты, приведённые в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя В. Н. Ярмолика заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на I международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и современное общество» (Москва, Россия, 2017); 52-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2016);

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликована 2 печатных работы, из них 1 в сборниках трудов и материалах конференций в БГУИР, 1 работа в сборниках трудов и материалов международных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора.

В первой главе представлен анализ предметной области, проведено исследование существующих способов представления графической информации, приведена классификация существующих критериев оценки качества графической информации и проведено исследование существующих алгоритмов внедрения цифровых водяных знаков.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма внедрения цифрового водяного знака в графическую информацию, позволяющей улучшить устойчивость водяных знаков к различного рода атакам, таким как JPEG сжатие.

В третьей главе предложена практическая реализация программного средства, предназначенного для постановки водяного знака в изображение.

В четвёртой главе произведена экспериментальная оценка разработанных алгоритмов.

Общий объем работы составляет 66 страниц, из которых основного текста – 57 страниц, 16 рисунков на 12 страницах и список использованных источников из 35 наименований на 3 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** описаны основные понятия данной предметной области. Проведён литературный анализ современных методов нанесения цифровых водяных знаков в файлы мультимедиа. Были названы основные определения и термины области, охарактеризованы ключевые понятия, рассмотрены особенности защиты интеллектуальной собственности. Рассмотрены существующие методы и подходы к постановке водяных знаков в файлах мультимедиа. В основе исследования выбраны алгоритмы, основанные на дискретном преобразовании Адамара, как одни из наиболее перспективных и производительных.

Данная глава заканчивается формулировкой задач, которые необходимо выполнить в данной диссертации. Эти задачи включают в себя: исследование и сравнение различных функций на возможность использования при реализации схемы внедрения цифровых водяных знаков, разработка усовершенствованной схемы внедрения ЦВЗ в файлы на основе дискретного преобразования Адамара, проверка предложенной схемы экспериментально.

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов постановки цифровых водяных знаков. В начале рассматривается выбор контейнера и ЦВЗ, где определяется, что использование изображения в качестве ЦВЗ удобно в связи с включением в процесс распознавания наравне с декодером зрительной системы человека. При допустимом уровне искажений зрительная система человека сможет распознать извлеченный ЦВЗ.

Затем рассматриваются параметры встраивания, главными из которых надо учитывать при проверке устойчивости алгоритма внедрения ЦВЗ:

- модифицированные спектральные коэффициенты стеганоконтейнера;
- коэффициент усиления – определяющий степень изменения спектральных коэффициентов,
- коэффициент корреляции Пирсона, который в данной работе выбран в качестве меры пригодности извлечённого ЦВЗ.

Так же рассматривается преобразование Адамара и использование этого преобразования в алгоритме Elham. Дискретное преобразование Адамара относится к классу ортогональных преобразований в диадных базисах, вычислительная сложность которого меньше по сравнению с такими преобразованиями, как ДКП и ДВП. Ядром данного преобразования является матрица Адамара. Элементы данной матрицы принимают значения 1 и -1. Матрица Адамара описывает преобразование, связанное с разложением функций по семейству прямоугольных базисных функций.

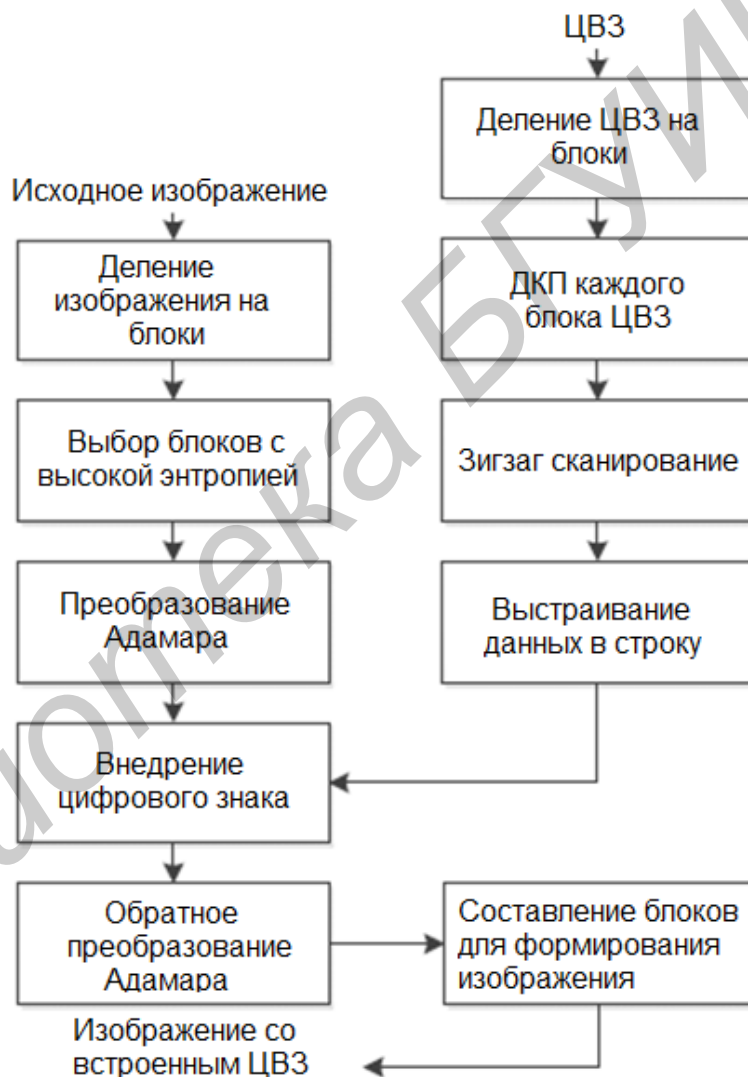


Рисунок 1 – Встраивание ЦВЗ в алгоритме Elham

Далее в главе рассматривается алгоритм Elham (Рисунок 1): в алгоритме происходит встраивание ЦВЗ в контейнер, после чего контейнер разбивается на блоки размером $M \times M$. Среди полученных блоков выбираются наиболее информативные. Как правило, алгоритмы, подобные Elham, для оценки сложности текстуры используют такой параметр, как энтропия изображения. Оценива-

ется энтропия вокруг каждого пикселя выбранного блока, затем вычисляется ее среднее значение. Блоки, чья энтропия превышает заданный порог, подвергаются ДПА для последующего внедрения ЦВЗ. Коэффициент усиления выбирается заранее и остается постоянным на протяжении всего процесса внедрения. После встраивания выполняется обратное ДПА. Модифицированные и неизменные блоки объединяются. Процесс извлечения водяного знака осуществляется аналогично, но все операции выполняются в обратном порядке.

Также в главе отмечаются недостатки алгоритма Elham: среди которых слабая устойчивость ЦВЗ к компрессии JPEG высокого уровня, игнорирование изменений коэффициентов ДПА в процессе сжатия. Кроме того алгоритм не учитывает величину внедряемых частотных коэффициентов ЦВЗ, что сильно снижает эффективность выбора пригодных блоков для встраивания водяного знака. Поэтому в конце главы разрабатывается модификация алгоритма Elham, где встраивание частотных коэффициентов ЦВЗ осуществляется аналогично исходному алгоритму Elham, но с использованием дискретного косинусного преобразования вместо дискретного преобразования Адамара в целях повышения устойчивости к JPEG сжатию.

В **третьей главе** разрабатывается архитектура программного средства, функциональные требования, предъявляемые к системе, а также определяются основные процессы её работы. Приведен краткий анализ целевой платформы, а также языка и среды программирования для реализации разрабатываемого программного средства.

В данной главе представлены блок-схемы алгоритмов внедрения цифрового водяного знака в изображение и извлечения водяного знака. Разработана функциональная модель предметной области и приведена UML диаграмма использования программного средства.

Алгоритм разработанный в данной главе лишён данных недостатков так как он разработан с учётом специфики JPEG сжатия, а следовательно обладает повышенной устойчивостью к данному виду сжатия.

В **четвёртой главе** производилась экспериментальная оценка разработанного алгоритма внедрения цифрового водяного знака. Поскольку основное внимание в разработанных моделях и алгоритмах уделено процедурам компрессии и декомпрессии цифровых изображений, то и при их экспериментальной оценки использовались именно эти операции. Так как разработанные модификация алгоритма ориентирована на устойчивость к JPEG сжатию, то и для оценки её эффективности следует применять именно такие методы воздействия.

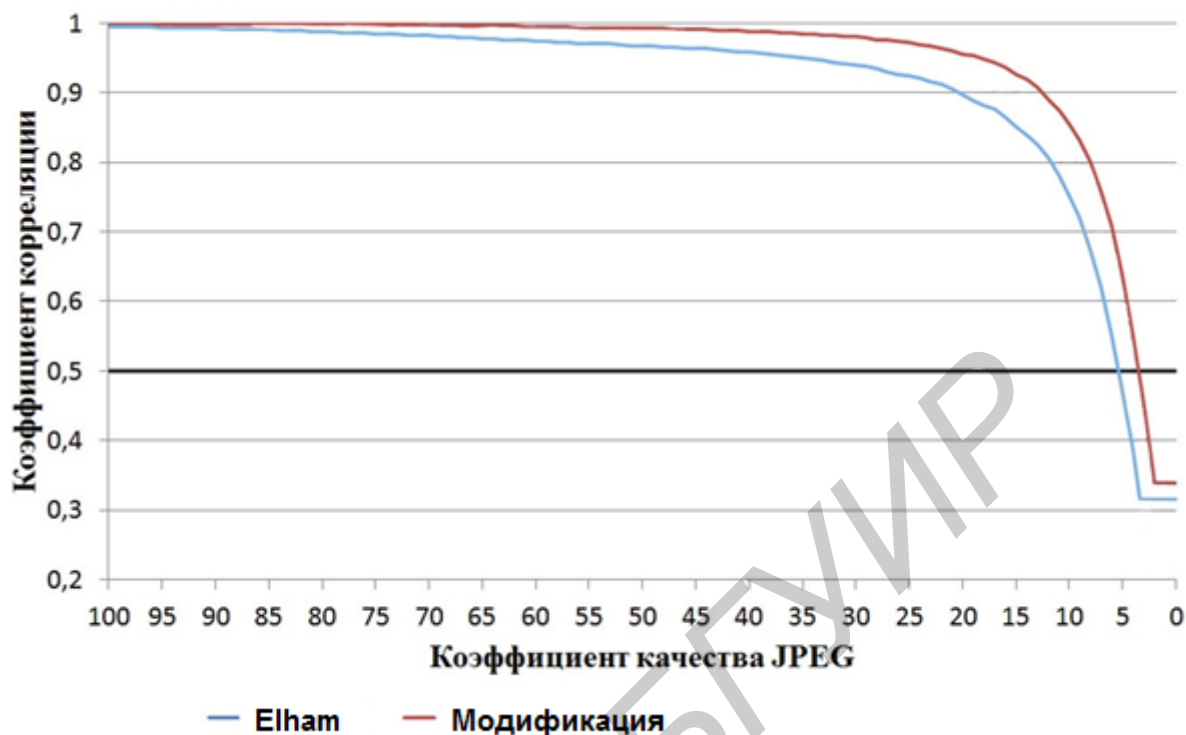


Рисунок 2 – Устойчивость Elham и предложенной модификации к сжатию JPEG

В первую очередь исходный алгоритм Elham (основанный на ДПА) и предложенная модификация алгоритма (основанная на ДКП) были проверены на устойчивость к сжатию JPEG. После внедрения в изображение ЦВЗ стегано-контейнер подвергался компрессии с последующим извлечением ЦВЗ. Подобная операция повторялась для всего диапазона коэффициента качества Q (от 100 до 0). Результаты тестирования приведены на рисунке 4.1.

Как и ожидалось, при использовании ДКП были достигнуты более высокие результаты устойчивости, что связано с использованием аналогичного преобразования в JPEG сжатии (Рисунок 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Проанализированы основные понятия и подходы в области работы с графической информацией. Были рассмотрены основные критерии качества графической информации.

2. Разработаны и проанализированы различные методы встраивания цифровых водяных знаков, позволяющие производить внедрение ЦВЗ по различным критериям

3. Разработана модификация алгоритма встраивания цифровых водяных знаков Elham. Преимуществом предложенной реализации является выигрыш в устойчивости алгоритма к преобразованиям JPEG.

4. Предложены модели структуры программного средства внедрения цифровых водяных знаков, реализующего разработанные модели и алгоритмы.

5. Экспериментально проверено, что применение разработанной модификации для постановки ЦВЗ позволяет улучшить робастность водяного знака к сжатию JPEG.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки программных средств, выполняющих внедрение цифровых водяных знаков. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем, в которых информация имеет графический характер.

2. Разработанный алгоритм внедрения цифровых водяных знаков может использоваться для доказательства авторского права, а математическая модель может применяться для принятия решения о целесообразности использования того или иного алгоритма внедрения цифровых водяных знаков.

3. Результаты работы могут использоваться при подготовке студентов и аспирантов, обучающихся по различным направлениям современных информационных технологий; персонала, специализирующегося на цифровой обработке изображений; программистами; пользователями различных графических пакетов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Игнатъев, Н.С. Внедрение цифровых водяных знаков в изображения / Н.С. Игнатъев - Компьютерные системы и сети: материалы 52-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. – Минск: БГУИР, 2016. – с. 65-66.

2-А. Игнатъев Н. С. Сравнение методов внедрения цифровых водяных знаков в изображения / Н.С. Игнатъев // Сборник научных трудов по материалам I международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и современное общество». – Москва, 2017. – с. 301 - 312.