

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Митрофановой Елены Юрьевны «Нейросетевые сжимающие преобразования данных и алгоритмы создания цифровых водяных знаков в объектах мультимедиа графических и звуковых форматов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

В условиях динамично растущих потребностей обеспечения эффективного функционирования информационных систем для целей передачи, хранения и защиты информации весьма актуальным является вопрос создания аппаратных и программных средств, обеспечивающих сохранение надежности и целостности информации, контроля за ее распространением, подтверждения авторских прав на различные объекты цифрового (электронного) контента. Одним из способов обеспечения указанных требований могут выступать технологии, базирующиеся на использовании современных методов компьютерной стеганографии, которые позволяют скрытно встраивать необходимые идентификационные данные в любые информационные массивы и объекты цифрового контента.

В настоящее время приобретает все большую популярность использование технологий цифровых водяных знаков (ЦВЗ) для подтверждения авторских прав, контроля подлинности и распространения объектов мультимедиа. В условиях возрастающего неограниченного неавторизованного копирования и распространения информации, эффективные технологии создания ЦВЗ становятся одним из наиболее перспективных направлений компьютерной стеганографии. Однако для успешного применения технологий ЦВЗ необходимо выполнить ряд требований, а именно: обеспечить визуальную незаметность цифровых водяных знаков, сохранить исходное качество маркируемых данных и, одновременно, устойчивость ЦВЗ к возможным непреднамеренным и преднамеренным искажениям и преобразованиям формата контейнеров. Указанные требования не реализованы в полной мере в известных методах и алгоритмах создания ЦВЗ. Одним из возможных подходов к реализации эффективных технологий создания ЦВЗ является использование аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС). При этом представляется перспективной возможность создания алгоритмов создания ЦВЗ на основе универсальных нейросетевых функциональных алгоритмов преобразования

информации, которые могут использоваться для созданий ЦВЗ в объектах, имеющих различные форматы представления данных. Таким образом, тема диссертации, посвященная разработке и исследованию нейросетевых функциональных преобразований, реализующих сжимающие отображения данных, и на их основе – алгоритмов создания цифровых водяных знаков для цифровых объектов графических и звуковых форматов, является актуальной.

Основные научные результаты диссертации, их новизна, степень обоснованности.

Основные новые научные результаты диссертации состоят в следующем.

1. Выполнены теоретические обоснования сходимости весовых коэффициентов двухслойной линейной нейронной сети с сокращенным числом нейронов в скрытом слое к компонентам собственных векторов, получаемых при решении обобщенной задачи на собственные значения. При этом на выходе сети формируется приближение оптимальной линейной оценки в виде разложения по первым собственным векторам матрицы ковариации оценки, число которых равно числу нейронов в скрытом слое. В основе выполненных обоснований лежит доказательство соответствующей теоремы, что свидетельствует о хорошей математической подготовке автора. Показано также, что при настройке коэффициентов простейших линейных нейронных сетей в условиях прямого и косвенного обучения по представительным выборкам наблюдаемых данных имеется возможность сформировать оценки векторов наблюдаемых и ненаблюдаемых параметров, эквивалентные по своим свойствам статистически оптимальным.

2. Исходя из полученных теоретических обоснований, автору удалось предложить два базовых алгоритма преобразования данных на основе нейронных сетей прямого распространения для создания цифровых водяных знаков и их восстановления. Первый алгоритм реализует сжимающее преобразование каждого фрагмента файла-контейнера и модификацию высокочастотной составляющей фрагмента по закону, определяемой двоичной последовательностью ЦВЗ (в терминологии автора – сжимающие отображения автоассоциативного типа). Второй алгоритм реализует сжимающее отображение каждого фрагмента файла-контейнера на соседний фрагмент и модификацию высокочастотной составляющей прогноза второго фрагмента по закону, определяемой двоичной последовательностью ЦВЗ (в терминологии автора – сжимающие отображения гетероассоциативного типа). Конфигурация фрагментов, как и формат представления данных, при этом могут быть произвольными, что определяет универсальность предложенного подхода. На

этой основе сформулирована постановка задачи и общая модель встраивания последовательности ЦВЗ в общем виде и с учетом применения искусственных нейронных сетей различной архитектуры.

3. Предложены и исследованы реализации базовых алгоритмов создания цифровых водяных знаков для цветных изображений в цветовых пространствах RGB, YCbCr, имеющих целочисленное представление данных и аудио-файлов (формата WAV). Проведены экспериментальные исследования, которые показывают целесообразность использования реализованных алгоритмов создания ЦВЗ, на основе оценки уровня относительной средней квадратичной ошибки искажения исходного файла-контейнера, а также вероятности ошибки при восстановлении элементов встраиваемого водяного знака. Показано, что при использовании алгоритмов создания ЦВЗ на основе сжимающих нейронных сетей средняя квадратичная ошибка искажения контейнера при встраивании ЦВЗ монотонно увеличивается в зависимости от амплитуды модифицирующей последовательности, а вероятность ошибки при извлечении ЦВЗ – монотонно уменьшается; при этом достижимый уровень относительной ошибки искажения контейнера составляет величину порядка $10^{-4}...10^{-5}$ при вероятности ошибки извлечении элемента двоичной последовательности порядка 0.01...0.05.

5. Для объектов различных классов разработаны типовые методики (при известном стороннему наблюдателю процедуры встраивания последовательности ЦВЗ): методика анализа возможности обнаружения встроенного ЦВЗ; методика анализа возможности восстановления встроенной последовательности ЦВЗ при негативных воздействиях стороннего наблюдателя. Результаты проведенных исследований по оценки качества цифровых водяных знаков показывают, что при известной конфигурации фрагмента исходного файла-контейнера и при известной архитектуре нейронной сетей возможно подтвердить или опровергнуть факт наличия встроенной последовательности ЦВЗ в файле-контейнере. Кроме того, результаты проведенных экспериментальных исследований на основе разработанных методик показывают, что при не известной или известной частично конфигурации фрагментов исходного файла контейнера возможно полное уничтожение скрытой последовательности ЦВЗ для преобразований автоассоциативного типа, для преобразований гетероассоциативного типа возможность частичного или полного разрушения последовательности ЦВЗ зависит от степени перекрытия реальной и предполагаемой конфигурации фрагмента контейнера.

Особо следует отметить вклад автора в разработку многофункционального программного комплекса для исследования эффективности различных вариантов алгоритмов создания ЦВЗ, в котором нашли реализацию предложенные автором нейросетевые алгоритмы.

В целом основные выводы и результаты диссертационной работы представляются научно обоснованными, так как они базируются на корректном применении математического аппарата, использовании средств математического и компьютерного моделирования. Широкая апробация исследований в научной печати и на международных конференциях подтверждают корректность выводов и правильность полученных в диссертации результатов.

Полученные в диссертации выводы и рекомендации формировались на основе всестороннего анализа результатов исследований, допускают ясное физическое истолкование, имеют понятную содержательную трактовку и совпадают с известными результатами, полученными другими авторами. В диссертации автор широко использовал методы цифровой обработки изображений, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории алгоритмов, нейросетевые технологии обработки информации.

Достоверность результатов диссертации подтверждается тем, что результаты исследований, получены на основе корректного использования взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных методов исследований, совпадением результатов, полученных различными методами, между собой, а, в ряде частных случаев, с известными, наглядной физической трактовкой установленных закономерностей и соотношений. Анализ разработанных нейросетевых моделей и алгоритмов создания ЦВЗ проводился как с использованием статистических моделей, так и путем экспериментирования с естественными файлами-контейнерами.

Теоретическая и практическая ценность результатов диссертации заключается, прежде всего, в том, что полученные в работе теоретические и экспериментальные результаты обеспечивают развитие методической основы совершенствования алгоритмов создания цифровых водяных знаков для объектов цифрового контента, имеющих графические и аудио форматы в интересах подтверждения авторских прав на объекты электронного (цифрового) контента, а также скрытого маркирования таких объектов.

Выполненные теоретические обоснования и доказанные утверждения относительно свойств нейросетевых функциональных моделей и алгоритмов

преобразований данных имеют общее значение и могут быть использованы для построения универсальных сжимающих отображений в системах цифровой обработки сигналов и изображений, распознавания образов и статистического анализа данных.

Результаты диссертационной работы имеют очевидное практическое значение для разработки специального математического и программного обеспечения в интересах создания цифровых водяных знаков как средств скрытого маркирования объектов цифрового (электронного) контента, обеспечивающих эффективный контроль использования объектов интеллектуальной собственности.

Оценивая содержимое диссертации в целом, следует отметить, что она представляет собой завершенную работу, в которой достаточно подробно и логично изложены постановки решаемых задач, особенности применяемых методов исследований и полученные результаты. Стиль изложения и оформление работы соответствуют общепринятым.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Имеется достаточно полная аprobация основных результатов диссертационной работы и достаточный уровень публикаций. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, при этом 3 из них – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ.

Вместе с тем диссертационная работа Митрофановой Е.Ю. имеет ряд недостатков.

1. В диссертации при исследовании алгоритмов создания ЦВЗ автор не рассмотрел вопросы исправления ошибок при восстановлении двоичной последовательности на основе дополнительной вторичной обработки, что может повысить качество предлагаемых алгоритмов.

2. Отсутствуют, хотя бы на качественном уровне, обоснования используемых показателей оценки качества создаваемых ЦВЗ, а также их связи с визуальной заметностью встраиваемых меток.

3. В работе, наряду с цветными изображениями и аудио-файлами, подробно не рассматривается применение разработанных моделей и алгоритмов создания цифровых водяных знаков для видео файлов различных форматов.

4. При реализации методик оценки качества алгоритмов создания ЦВЗ предполагается, что стороннему наблюдателю заранее известна архитектура нейронных сетей, предназначенных для реализации встраивания и

восстановления ЦВЗ, а также известен алгоритм создания ЦВЗ. Возможно, необходимо было бы рассмотреть более общий случай оценки качества алгоритмов создания ЦВЗ при отсутствии какой-либо известной информации для стороннего наблюдателя.

5. В работе не оценивается стойкость разработанных алгоритмов к стеганографическим атакам.

Указанные недостатки, тем не менее, не снижают общего положительного впечатления о работе.

Вывод. Диссертационная работа Митрофановой Е.Ю. является законченной научно-квалификационной работой, содержит новые результаты, полученные лично автором, в области создания цифровых водяных знаков, основанных на применении нейросетевых сжимающих преобразований данных, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации, Митрофанова Елена Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент:

главный инженер ООО «Стэл ЮГ», г. Ростов-на-Дону,
кандидат технических наук, доцент

«04» июня 2014 г.

Александр Владимирович Балакин

344010, г. Ростов-на-Дону, проспект Кировский, д.42
ООО «Стэл ЮГ»

Контактный телефон: +7 909-409-70-75

Контактный e-mail: balakin.rnd@gmail.com



Подпись Балакина А.В., главного инженера ООО «Стэл ЮГ»,
удостоверяю.

Заместитель директора ООО «Стэл ЮГ»

«04» июня 2014 г.

Дмитрий Александрович Эдель

Эдель