

О Т З Ы В

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Язова Юрия Константиновича на диссертацию Митрофановой Елены Юрьевны «Нейросетевые сжимающие преобразования данных и алгоритмы 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 настоящее время технологии компьютерной стеганографии, в том числе цифровых водяных знаков (ЦВЗ), широко применяются для решения задач создания защищенной связи, подтверждения авторского права, контроля информационных массивов и объектов цифрового контента (ОЦК), подтверждения подлинности и надежности программных средств и мультимедиа и др. Вместе с тем, эффективное применение таких технологий и, в частности, технологии ЦВЗ связано с необходимостью выполнения многих противоречивых требований, касающихся, например, обеспечения незаметности сообщений и сохранения исходного качества стегоконтейнера при высокой достоверности извлечения сообщения в условиях возможных непреднамеренных и преднамеренных воздействий в канале передачи информации. Применявшиеся до сих пор алгоритмы, основанные на строго определенной последовательности операций преобразования данных, не позволяют парировать в полной мере эти противоречия, приводят к трудоемким вычислениям ЦВЗ, зависимости процедур извлечения ЦВЗ от формата файла и наличия исходного немаркированного файла и др. Все это обуславливает необходимость поиска новых путей создания и извлечения ЦВЗ, обладающих невысокой сложностью внедрения и детектирования, хорошей устойчивостью к различного рода искажениям и трансформациям защищаемого ОЦК, а также возможностью обнаружения цифровой метки без исходного немаркированного файла, что определяет несомненную **актуальность темы** диссертационных исследований Митрофановой Е.Ю.

Цель данной работы состояла в обосновании и исследовании моделей и алгоритмов создания ЦВЗ, основанных на построении нейросетевых сжимающих отображений, в интересах повышения скрытности и устойчивости, а также обеспечения универсальности алгоритмов создания

ЦВЗ по отношению к различным форматам ОЦК. Важным в цели работы является ориентация на нейросетевые преобразования, которые ранее другими авторами предлагалось использовать для создания ЦВЗ. Их применение оценивалось как весьма перспективное, однако, кроме создания некоторых практически значимых алгоритмов, исследования в этом направлении, особенно теоретического характера, не развивались.

Для достижения указанной цели автором поставлены и решены задачи: анализа известных методов и алгоритмов создания ЦВЗ в ОЦК; теоретического обоснования и исследования моделей преобразования данных на основе нейросетевых сжимающих отображений;

разработки и исследования, в том числе экспериментального, нейросетевых функциональных моделей и алгоритмов преобразования данных, обеспечивающих процессы встраивания ЦВЗ в исходные объекты-контейнеры и их извлечения с минимальным уровнем искажений;

разработки методик анализа статистической заметности и возможности восстановления ЦВЗ нарушителем (сторонним наблюдателем), а также обоснования рекомендаций по использованию разработанных алгоритмов для решения практических задач применения ЦВЗ.

На мой взгляд, решение этой совокупности задач охватывает все необходимые основные исследования по данной теме и свидетельствует о завершенности данной диссертационной работы.

К новым научным результатам, полученным в диссертационной работе, относятся следующие.

1. Теоретические обоснования возможности построений гетероассоциативных и автоассоциативных нейросетевых сжимающих преобразований данных универсального типа и выявленные свойства таких преобразований.

Новизна этого результата обусловлена тем, что автором впервые доказана теорема о сходимости весовых коэффициентов двухслойной линейной нейронной сети гетероассоциативного типа с сокращенным числом нейронов в скрытом слое к компонентам собственных векторов, получаемых при решении задачи определения собственных значений при обучении по совокупности реализаций статистически связанных входного и выходного векторов. Показано, что при обучении такой нейронной сети на выходе имеет место приближенное представление оптимальной в классе линейных оценок выходного вектора относительно входного вектора в виде разложения по первым собственным векторам выборочной матрицы ковариации оценки с минимальной дисперсией остаточной ошибки.

2. Базовые нейросетевые функциональные модели преобразований данных, обеспечивающих встраивание ЦВЗ в объекты-контейнеры различных форматов и их последующее извлечение, и закономерности, описывающие потенциальные характеристики качества ЦВЗ.

Новизна этого результата определяется тем, что автором, во-первых, обоснованы две принципиально новые схемы преобразования данных для создания ЦВЗ в контейнерах различных типов, отличающиеся применением гетероассоциативных и автоассоциативных сжимающих отображений и специальной процедуры извлечения и модификации «высокочастотной» составляющей фрагмента контейнера при встраивании ЦВЗ. Ранее такие схемы никто не предлагал. Во-вторых, в работе впервые получены соотношения для расчета показателей качества ЦВЗ: дисперсии, максимальной абсолютной ошибки искажения контейнера и вероятности ошибки при восстановлении ЦВЗ.

3. Алгоритмы создания ЦВЗ для объектов, имеющих целочисленный формат представления данных, и доказательство возможности их применения для файлов графических и звуковых форматов.

Новизна данного результата определяется тем, что, во-первых, в разработанных алгоритмах использованы ранее не применявшиеся процедуры классификации фрагментов контейнера, во-вторых, использованы линейные и нелинейные нейронные сети прямого распространения, что до сих пор для создания и извлечения ЦВЗ не применялось. Кроме того, автором впервые экспериментально установлены закономерности, описывающие потенциальные характеристики качества встраивания и восстановления ЦВЗ.

4. Методики оценки качества ЦВЗ и результаты анализа статистической заметности и возможности восстановления встроенной последовательности ЦВЗ сторонним наблюдателем для оценки качества ЦВЗ в объектах графических форматов и рекомендации по использованию разработанных алгоритмов.

Новизна методик обусловлена применением в них оригинальных схем преобразования контейнеров-изображений, реализующих воспроизведение процесса встраивания ЦВЗ и процедуры анализа статистической заметности встроенных меток. Кроме того, автором в рамках этого результата впервые получены экспериментальные оценки вероятности восстановления сообщения в зависимости от наличия априорной информации относительно конфигурации фрагментов контейнера и модифицируемых участков изображения для различных алгоритмов создания меток.

5. Программный комплекс для создания и восстановления ЦВЗ, отличающийся тем, что в нем использованы разработанные автором нейросетевые функциональные модели и алгоритмы.

Научная новизна данных результатов не вызывает сомнений.

Теоретическая значимость полученных научных результатов заключается в том, что они отвечают потребностям важного направления в области обработки и анализа цифровых сигналов и изображений – создания ЦВЗ для ОЦК, имеющих графические и аудио форматы, в интересах подтверждения авторских прав на них, а также скрытого маркирования. Полученные в диссертации зависимости для основных показателей качества ЦВЗ позволяют обоснованно выбрать необходимый алгоритм обработки информации и сформировать рекомендации по его применению, а также определять эффективность эвристических алгоритмов на основе сравнения показываемых ими результатов с потенциально достижимыми.

Практическая значимость полученных научных результатов заключается в разработке специального математического и программного обеспечения в интересах создания ЦВЗ, как средств скрытого маркирования ОЦК, обеспечивающих эффективный контроль использования объектов интеллектуальной собственности, а также для диагностики аудио- и графических данных.

Практическая значимость полученных диссертационной работе результатов подтверждается их внедрением в ООО «Фото Технологии В» и в Воронежском государственном университете при выполнении гранта Российского фонда фундаментальных исследований.

Основные положения работы докладывались и обсуждались на пяти научных конференциях с 2011 по 2014 гг., опубликованы в 10 работах, в том числе в трех в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для публикации основных результатов кандидатских диссертаций.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 05.13.17 - «Теоретические основы информатики». Автореферат в достаточной степени раскрывает содержание диссертации, отражает все полученные автором результаты, степень их новизны и практической значимости и позволяет получить законченное представление о работе.

Оформление диссертации соответствует требованиям Министерства образования и науки Российской Федерации.

Результаты исследований, сформулированные в диссертации, получены на основе корректного использования взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных методов исследований, а достоверность подтверждается совпадением результатов, полученных различными методами, между собой, а, в ряде частных случаев, с уже известными результатами, наглядной физической трактовкой установленных

закономерностей и соотношений, а также многочисленными экспериментальными исследованиями, проведенными автором.

Вместе с тем диссертационная работа не лишена некоторых недостатков, к основным из которых, на мой взгляд, относятся следующие.

1. Автором для оценки эффективности разработанных алгоритмов встраивания и восстановления ЦВЗ использованы такие показатели, как среднеквадратическая или абсолютная ошибка искажения данных на выходе нейронной сети (искажения контейнера), вероятность ошибки восстановления ЦВЗ, однако при этом в работе не показана увязка этих показателей с такими характеристиками, как устойчивость встраивания, трудоемкость вычислений, сложность внедрения и детектирования и др., упоминаемых при анализе недостатков существующих алгоритмов и при обосновании необходимости преодоления этих недостатков.

2. При доказательстве теоремы о сходимости весовых коэффициентов двухслойной нейронной сети использовано допущение о том, что весовые коэффициенты смещения имеют нулевые значения, однако не показано, насколько состоятельными будут выводы при ненулевых смещениях и не приведет ли это к необходимости введения процедур компенсации таких смещений, к изменениям процедур обучения нейронной сети.

3. В работе практически не исследовано влияние качества и времени обучения нейронной сети на показатели эффективности встраивания и восстановления ЦВЗ, что важно не только с теоретической, но и, главное, с практической точек зрения.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа Митрофановой Е.Ю. производит очень хорошее впечатление, является весьма глубоким теоретическим и экспериментальным исследованием в области разработки моделей и эффективных алгоритмов создания ЦВЗ.

Вывод: диссертация Митрофановой Елены Юрьевны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение поставленной задачи - обоснования и исследования моделей и алгоритмов создания ЦВЗ, основанных на построении нейросетевых сжимающих отображений, в интересах повышения скрытности и устойчивости, а также обеспечения универсальности алгоритмов создания ЦВЗ по отношению к различным форматам объектов цифрового контента. Тема диссертации является актуальной, а полученные в работе результаты обладают несомненной научной новизной и практической значимостью. Содержание диссертации полностью соответствует специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики» и требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор

Митрофанова Е.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
главный научный сотрудник управления
ФАУ «ГНИИ ПТЗИ ФСТЭК России»
доктор технических наук, профессор

Ю.К. Язов

Подпись официального оппонента Юрия Константиновича Язова
заверяю:

Ученый секретарь
ФАУ «ГНИИ ПТЗИ ФСТЭК России»
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник



И.В. Паринов

« 9 » июня 2014 г.

Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю» (ФАУ «ГНИИ ПТЗИ ФСТЭК России»)

г. Воронеж, ул. 9 января, д. 280а, 394026,
тлф. (8903)-651-42-69, e-mail: gniii@fstec.ru