

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

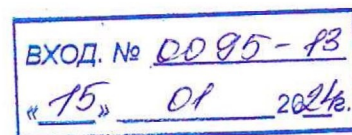
кандидата технических наук, доцента, Красова Андрея Владимировича на диссертационную работу Вильховского Данила Эдуардовича на тему «Алгоритмы стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

### Актуальность темы исследования

Информационная безопасность в современном мире играет решающее значение как для успешного функционирования коммерческой организации, так и для обеспечения безопасности граждан и сохранности интересов государства. Промышленный и государственный шпионаж, подготовка террористических актов – это и многое другое определяет необходимость актуализации методов и систем защиты информации в целях повышения информационной безопасности.

Использование криптографии для защиты информации имеет юридические ограничения, зашифрованный трафик потенциально может обратить на себя внимание, по этому все чаще используют для скрытой передачи данных использует стеганографию, применение которой позволяет скрыть сам факт передачи сообщения, встроив его в какой-либо цифровое изображение, количество обменов которыми в сети превышает миллионы единиц в сутки.

Особую актуальность приобретают проблемы совершенствования методов стеганографического анализа, направленных на обнаружение изображений, содержащих встроенные сообщения. Один из акцентов при разработке методов стегоанализа следует делать на алгоритмы стеганографии, использующие замену наименее значащих битов (LSB) и методы, использующие дискретное косинусное преобразования, что обусловлено относительной простотой их использования и потому достаточно большой популярностью при передачи скрытых сообщений.



Наибольшую сложность для обнаружения стеговложений представляют объекты с малым уровнем заполнения стегоконтейнера, порядка 10 –25% объема исходного изображения.

Таким образом, можно сделать вывод, что тема диссертации Вильховского Д.Э., посвященной разработке алгоритмов стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера и рассматривающей методы обнаружения LSB-замены и встраиваний, выполненных методом Коха-Жао, является актуальной.

### **Общая оценка структуры и содержания работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, и списка литературы. Диссертационное исследование изложено на 147 страницах машинописного текста и содержит 24 рисунка, 9 таблиц, 6 приложений. Список использованных источников содержит 157 наименований литературы.

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, определены цель, задачи исследования, выделен объект и предмет исследования, описаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая и научная значимость результатов, приведены сведения об апробации работы, информация о соответствии паспорту специальности, степени достоверности результатов работы, личном вкладе соискателя, публикациях.

**Первая глава** посвящена методам стеганографии и стегоанализа. Приводится обзор стеганографических методов встраивания данных в изображения и стеганографического анализа. Рассматривается стеганографический алгоритм LSB-замены и стеганографический анализ метода LSB-замены. Проводится обзор общих методов стегоанализа, и методов стегоанализа, основанных на классификаторах, с подробной характеристикой таких параметров как показатели качества изображения, Марковские параметры, вейвлет-преобразования, матрица совпадений, и особенности гистограммы. В конце главы приводятся выводы.

**Вторая глава** посвящена стегоанализу метода LSB-замены в цветных искусственных изображениях на основе анализа двух младших слоев. Сформулирована задача анализа нулевого слоя и метод её решения, представлен разработанный алгоритм выявления пикселей, содержащих встраивание с последующей фильтрацией шумов, а также алгоритм локализации области встраивания, компьютерный эксперимент и результаты, приводится обсуждение результатов. В конце главы приводятся выводы.

**Третья глава** посвящена выявлению LSB-вставок в цветных фотографических изображениях с помощью сравнительного анализа нулевого и первого слоев. Сформулирована задача, представлен разработанный алгоритм выявления пикселей, содержащих встраивание с последующей фильтрацией шумов, а также представлен алгоритм выделения области встраивания, компьютерный эксперимент и результаты, приведено обсуждение результатов. В конце главы приводятся выводы.

Четвертая глава посвящена стегоанализу алгоритма Коха-Жао. Описан алгоритм встраивания, сформулирована задача, представлен алгоритм стеганографического анализа для выявления вставок, выполненных методом Коха-Жао, приводятся результаты компьютерного эксперимента. В конце главы приводятся выводы.

**В заключении** выделены основные результаты, полученные в диссертации.

Изложение материала диссертационного исследования является структурированным и логичным, применяемая в работе терминология – корректна. Поставленная в работе цель достигнута.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию и достаточно полно отражает полученные научные и практические результаты.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность основных научных положений, изложенных в диссертации Д.Э. Вильховского, подтверждается применением научного подхода при разработке алгоритмов и их применением при решении поставленных задач стеганографического анализа.

### **Основные результаты и их научная новизна**

1. Предложен алгоритм анализа нулевого слоя для выявления стеганографических вставок, выполненных методом LSB-замены, основанный на разделении областей с уникальными и неуникальными последовательностями пикселей и использующий метод задачи о наибольшем пустом прямоугольнике. Предложенный алгоритм отличается наличием модуля предварительной обработки изображения, позволяющего выделить области, содержащие уникальные последовательности пикселей, с точностью до 99%, модуля фильтрации шумов и блока автоматического поиска границ встраиваний с точностью локализации до 98,27%.

2. Предложен алгоритм сравнительного анализа нескольких (нулевого и первого) слоев изображения для выявления стеганографических вставок, выполненных методом LSB-замены. Предложенный алгоритм отличается более совершенными критериями принятия решения, что позволяет учитывать структуру исходного изображения, хранящуюся не только в нулевом, но и в более высоком (первом) битовом слое, и сформировать карту подозрительных пикселей с ее последующей верификацией посредством рекурсивного фильтра для нивелирования случайных шумов с точностью обнаружения LSB-вставки до 88,6%, а также модулем локализации фактической области встраивания на основе моделей доминирования и соотношения пикселей и использовании моментов изображения для сужения области встраивания с точностью локализации области встраивания до 92,37%.

3. Предложен алгоритм стегоанализа для выявления стеганографических вставок, выполненных методом Коха-Жао, основанный на анализе разниц пар коэффициентов дискретного косинусного преобразования. Предложенный алгоритм отличается наличием модуля автоматической кластеризации DBSCAN для локализации области, содержащей встраивание, с точностью обнаружения до 98,8% и точностью локализации до 98,57%.

4. Разработан программный комплекс, использование которого позволяет проводить стеганографический анализ изображений для выявления стеганографических вставок, выполненных методом LSB-замены и методом Коха-Жао.

**Достоверность полученных результатов** диссертации подтверждается результатами проведенных компьютерных экспериментов, государственной регистрации программ для ЭВМ, а также успешного внедрения разработанного программного комплекса в систему защиты информации ООО Строительно-монтажный трест «Стройбетон» и ООО «РЕЙЛСТРОЙ-1520». Основные результаты диссертации, прошли апробацию на научных конференциях различного уровня.

#### **Теоретическая и практическая значимость результатов**

Научная ценность результатов:

- предложен алгоритм обнаружения сообщений, встраиваемых методом LSB-замены в искусственные изображения с градиентной заливкой, посредством анализа нулевого слоя изображения;
- предложен алгоритм обнаружения сообщений, встраиваемых методом LSB-замены в фотографические изображения, посредством сравнительного анализа нулевого и первого слоев изображения;
- предложено использование рекурсивного фильтра для дополнительной верификации подозрительных пикселей;
- предложено использование задачи о наибольшем пустом прямоугольнике для обнаружения LSB-вставок;

- предложен алгоритм обнаружения сообщений, встраиваемых методом Коха-Жао, с использованием средств машинного обучения (кластеризации).

**Практическая ценность заключается** в разработке программного комплекса, использующего предложенные автором алгоритмы стегоанализа и позволяющего с высокой эффективностью обнаруживать и извлекать сообщения, встроенные методами LSB-замены или Коха-Жао даже при низком заполнении стегоконтейнера.

Результаты исследования отражены в достаточно полном объеме в 15 публикациях, из которых 3 публикации в изданиях из Перечня ВАК РФ, 1 публикация в издании, индексируемом международной базой данных zbMATH и приравненном к изданиям из Перечня, 2 публикации в изданиях, индексируемых в базе Scopus, 6 публикаций в материалах докладов научно-практических конференций. Реализация алгоритмов подтверждается тремя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Замечания**

1. Не четко формализован объект исследования, указание, что это изображения с низким уровнем заполнения стегоконтейнера, не описывает такие важные детали для стеговложения как конкретный формат этого изображения. Без этого не совсем понятно, что автор понимает под нулевым и первым слоем изображения, это относится как раз к формату файла. Данный факт является важным, так как на нем основываются отличия первого и второго результатов.

2. При формулировки первого научного результата подчёркивается что тип объекта цветное искусственное цифровое изображение, при этом четкого определения, что автор понимает под искусственным цифровым изображением не приводится, так же данная особенность не приводится в формулировке новизны первого научного результата.

3. В работе указано, что при проведении компьютерных экспериментов по тестированию алгоритмов обнаружения LSB вставок встраивание

производилось в одну из компонент. На наш взгляд, было бы интересным также тестирование предлагаемых алгоритмов на предмет точности обнаружения двух и более встраиваний, произведенных в две или даже все три компоненты.

4. Выносимый 4-й научный результат - программный комплекс, реализующий предложенные алгоритмы. Данный пункт, с моей точки зрения является важным практическим подтверждением работы, но он не является самостоятельным научным результатом, так как алгоритмы, положенные в его основу, уже составили первые три научных результата. Текст диссертации не содержит описания программного комплекса, его научной новизны. При описании новизны в диссертации данный результат также содержит только практический аспект, без указания признаков отличия от известных решений.

Указанные замечания не снижают ценности полученных результатов и общего положительного впечатления о диссертационной работе.

### **Заключение по диссертации**

Диссертационная работа Вильховского Данила Эдуардовича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, решающей актуальную задачу стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера.

Содержание диссертации соответствует пункту 6 паспорта специальности 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность: «Модели и методы формирования комплексов средств противодействия угрозам хищения (разрушения, модификации) информации и нарушения информационной безопасности для различного вида объектов защиты вне зависимости от области их функционирования».

Диссертационное исследование обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствует требованиям п. 9 «Положения ВАК о присуждении ученых степеней». Автор представленного

диссертационного исследования, Вильховский Д.Э., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, доцент

Красов Андрей Владимирович,

заведующий кафедрой защищенных систем связи ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»


Кандидатская диссертация защищена

по специальности 05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)

Адрес места основной работы: 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков д.22,  
к.1, Литера А, ауд. 602

Рабочий телефон: +7 (812) 326-31-58

Адрес эл. почты: krasov.av@sut.ru

 8.01.2024



Подпись (-и)

Терасова А.В.

заверяю

заместитель начальника

Административно-кадрового управления

/Н.А. Акёнова/ 10.01.2024 г.