

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной
и инновационной деятельности,
доктор технических наук, доцент



В.М. Бабушкин

« 09 » января 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

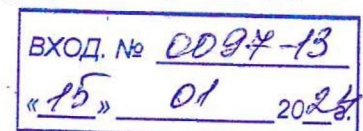
на диссертацию Вильховского Данила Эдуардовича на тему
«Алгоритмы стеганографического анализа изображений с низким
заполнением стегоконтейнера», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6 – Методы и
системы защиты информации, информационная безопасность

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Вильховского Д.Э. посвящена разработке алгоритмов стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера, которые находят широкое применение в актуальном научном и практическом направлении, связанном с обнаружением скрытых сообщений, выполненных одним из двух наиболее распространенных методов – методом LSB-замены или методом Коха-Жао. Поэтому, актуальными являются:

1. Поставленная в работе цель, состоящая в повышении эффективности работы методов стеганографического анализа для изображений с низким заполнением стегоконтейнера.

2. Предложенные для достижения этой цели алгоритмы стегоанализа при низком заполнении стегоконтейнера – алгоритм стегоанализа метода LSB-замены на основе анализа нулевого слоя, алгоритм стегоанализа метода LSB-замены на основе сравнительного анализа нулевого и первого слоев, алгоритм стегоанализа метода Коха-Жао на основе анализа разниц пар коэффициентов



дискретного косинусного преобразования – и программная реализация разработанных алгоритмов, позволившая разработать на их основе программный комплекс.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и шести приложений. Работа изложена на 147 страницах машинописного текста. Список литературы включает 157 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, конкретизированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, выбраны методологические подходы, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснованы новизна и практическая ценность выносимых на защиту результатов, приведены сведения об апробации результатов исследования, определено соответствие паспорту специальностей, аргументирована достоверность результатов работы, определен личный вклад соискателя, приведена общая характеристика публикаций и структуры работы.

В первой главе проведен обзор исследований в области методов стеганографии и стегоанализа как теоретическая основа диссертационной работы. Описаны стеганографические методы встраивания данных в изображения с указанием критериев их эффективности, проведен обзор стегоанализа изображений с представлением его сущности, основных проблем, типов и методов. Изложен стеганографический алгоритм LSB-замены с представлением его основных методов и алгоритмов внедрения и стеганографический анализ метода LSB-замены с обзором различных подходов к обнаружению встроенных сообщений, а также общие методы стегоанализа, позволяющие обнаружить стеганографические вставки, и методы стегоанализа, основанные на классификаторах.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма выявления и локализации встраиваний, выполненных методом LSB-замены, в цветных искусственных изображениях. Формулируется задача анализа нулевого слоя в рамках

стегаанализа цветных искусственных изображений и приведен метод ее решения. Разработан алгоритм выявления областей с повышенной концентрацией уникальных комбинаций битов нулевого слоя с применением специального фильтра, позволяющего устранить шумы, приводящие к сужению данных областей. Разработан алгоритм выделения области встраивания с применением алгоритма решения задачи о наибольшем пустом прямоугольнике. Представлены и обсуждаются результаты компьютерного эксперимента.

В третьей главе представлена разработка алгоритма выявления и локализации встраиваний, выполненных методом LSB-замены, в цветных фотографических изображениях. Формулируется задача сравнительного анализа нулевого и первого слоев в рамках стегаанализа цветных искусственных изображений и приведен метод ее решения. Разработан алгоритм анализа изображения на предмет сохранения структуры между слоями и выявления чистых блоков с применением рекурсивного фильтра с целью дополнительной верификации условно-чистых блоков. Разработан алгоритм верификации изображения на предмет встраивания с применением моделей доминирования, а также локализации области встраивания с использованием моментов изображения. Представлены и обсуждаются результаты компьютерного эксперимента.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритма выявления и локализации встраиваний, выполненных методом Коха-Жао, в цветных изображениях. Охарактеризован алгоритм встраивания в частотную область в целом и алгоритм Коха-Жао, использующий дискретное косинусное преобразование, в частности. Разработан алгоритм стегааналитического анализа метода Коха-Жао, использующий сигнатуры, полученные на основе разниц пар коэффициентов ДКП, и использующий алгоритм кластеризации и машинного обучения DBSCAN. Представлены и обсуждаются результаты компьютерного эксперимента.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования. В конце каждой главы диссертации автор делает обоснованные выводы, позволяющие выстроить единую структуру цели и задач исследования.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает краткое содержание диссертационной работы. Оформление автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р. 7.0.11 - 2011 и «Положения о присуждении ученых степеней».

Новизна полученных результатов

Научная новизна основных полученных автором результатов состоит в следующем:

1. Предложен алгоритм стеганографического анализа метода LSB-замены и локализации области встраивания при низком заполнении стегоконтейнера, основанный на анализе нулевого слоя на предмет установления областей с уникальными последовательностями пикселей с применением метода решения задачи о наибольшем пустом прямоугольнике, отличающийся наличием модуля предварительной обработки изображения, позволяющего выделить области, содержащие уникальные последовательности пикселей, модуля фильтрации шумов и блока автоматического поиска границ встраиваний на базе алгоритма решения задачи о наименьшем пустом прямоугольнике, что дает возможность обнаружить встроенное сообщение, а также определить его положение и размер.

По реализации данного алгоритма на языке программирования Python получено Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022613002 от 01.03.2022.

2. Предложен алгоритм стеганографического анализа метода LSB-замены и локализации области встраивания при низком заполнении стегоконтейнера, основанный на сравнительном анализе нулевого и первого слоев изображения, отличающийся наличием модуля первичной классификации изображения

посредством выявления межслойных попарных несовпадений и локализации подозрительных пикселей для определения максимально широкой области возможного встраивания с применением алгоритма решения задачи о наибольшем пустом прямоугольнике с блоком рекурсивного фильтра для нивелирования случайных шумов, а также модулем локализации фактической области встраивания на основе моделей доминирования и соотношения пикселей и использовании моментов изображения для сужения области встраивания посредством последовательного отсекаания излишних блоков, что дает возможность обнаружить встроенное сообщение, а также определить его положение и размер.

По реализации данного алгоритма на языке программирования Python получено Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022613021 от 01.03.2022.

3. Предложен алгоритм стеганографического анализа метода Коха-Жао и локализации области встраивания, основанный на анализе разниц пар коэффициентов дискретного косинусного преобразования, отличающийся присутствием модуля автоматической кластеризации на основании двух сигнатур, определяемых на основе разниц пар коэффициентов ДКП, и использованием алгоритма машинного обучения и кластеризации DBSCAN для выделения кластера, содержащего блоки встраивания, позволяющего определить наличие встраивания, а также его положение и размер.

По реализации данного алгоритма на языке программирования Python получено Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2022613003 от 01.03.2022.

4. Разработан программный комплекс, позволяющий проводить стегоанализ изображений с данными, внедренными методом LSB-вставки и методом Коха-Жао.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных результатов обусловлена теоретической обоснованностью, отсутствием внутренних и иных противоречий, адекватностью применяемых методов и подтверждаются данными, полученными в процессе тестирования разработанных алгоритмов, государственной регистрацией программ для ЭВМ, а также внедрением разработанного на основе данных алгоритмов программного комплекса в деятельность организаций ООО Строительно-монтажный трест «Стройбетон» и ООО «РЕЙЛСТРОЙ-1520» для анализа базы данных изображений, хранящихся в системе, на наличие стеганографических вставок.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 11 публикациях, из них 5 статей – в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, 2 статьи в изданиях, индексируемых в базе Scopus. Основные положения диссертации обсуждались на научно-практических конференциях различного уровня, включая международный.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в совершенствовании методов стеганографического анализа в направлении повышения их эффективности при низком заполнении стегоконтейнера. Так, в работе предложены алгоритмы стеганографического анализа метода замены наименее значащих бит, использующие анализ нулевого слоя и сравнительный анализ нулевого и первого битовых слое, а также алгоритм стеганографического анализа метода Коха-Жао. Научной ценностью обладают модули предварительной обработки изображения и выделения области встраивания, а также модули и блоки шумовых фильтров (в том числе рекурсивных фильтров) используемые в предложенных алгоритмах.

Практическая значимость результатов диссертационной работы обусловлена тем, что разработанный программный комплекс, реализующий представленные алгоритмы, позволяет существенно повысить уровень защиты информации от несанкционированной передачи третьим лицам посредством исследуемых методов стеганографии и обеспечить высокую чувствительность к встраиванию с нагрузкой в 10 – 40%. Эффективность алгоритмов обнаружения LSB-вставок – от 98 до 99% при работе с цветными искусственными изображениями с градиентной заливкой и от 69,07% до 95,4% при работе с цветными фотографическими изображениями вне зависимости от компоненты, в которую осуществлено встраивание. При этом обозначенные алгоритмы показывают высокую эффективность локализации области встраивания: соответственно, 96,87 – 98,66% и 85,47 – 96,46%; также вне зависимости от компоненты, в которую осуществлено встраивание. Эффективность алгоритмов обнаружения вставок, выполненных методом Коха-Жао – от 98,6% до 99,2%. При этом алгоритм показывает высокую эффективность локализации области встраивания – 97,16 – 99,21%.

Результаты диссертационного исследования внедрены деятельностью ООО Строительно-монтажный трест «Стройбетон» и ООО «РЕЙЛСТРОЙ-1520» для анализа базы данных изображений на наличие стеганографических вставок, а также внедрены в учебный процесс Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть широко использованы различными организациями в целях повышения информационной безопасности, посредством своевременного обнаружения скрытых сообщений, встроенных в цифровые изображения. Целесообразно использование полученных результатов в высших учебных заведениях для специальностей направления 10.00.00 «Информационная безопасность».

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Известно, что существует активный и пассивный тип стего-атак. Однако в работе не указано в явном виде, к какому типу относятся предложенные алгоритмы стегоанализа.

2. В работе представлено два алгоритма обнаружения сообщений, встроенных методов LSB-замены. Оба реализованы в разработанном программном комплексе. Верно ли, что алгоритм анализа нулевого слоя эффективен только при работе с искусственными изображениями с градиентной заливкой и не эффективен при работе с фотографическими изображениями, проводились ли соответствующие исследования?

3. В пункте 4.3 указывается, что алгоритм стегоанализа, направленный в противодействие методу Коха-Жао, работает со среднечастотными коэффициентами как признанными оптимальными для встраивания. Возможно ли использование данного алгоритма в случае, когда встраивание осуществляется с иными частоты и насколько трудоемким является процесс адаптации данного алгоритма к изменившимся реалиям?

4. В работе не представлена информация по разработанному программному комплексу, что порождает ряд вопросов:

4.1. Производит ли разработанный программный комплекс прогон заданного цифрового изображения по представленным алгоритмам последовательно или параллельно с целью, например, повышения быстродействия указанного программного комплекса и сокращения времени, требуемого на получение результатов стегоанализа.

4.2. Поскольку оба алгоритма, предложенные в главах 2 и 3, направленные на обнаружение LSB-вставок, реализованы в разработанном программном комплексе, возможны ли случаи, когда один алгоритм определяет изображение как стего, тогда как второй алгоритм определяет его как чистое? Каким образом осуществляется интеграция результатов анализа изображения в подобных случаях? Не возникает ли конфликта двух алгоритмов?

Указанные замечания не носят принципиального характера, не снижают уровня полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа Вильховского Данила Эдуардовича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения ВАК о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6 – Методы и системы защиты информации, информационная безопасность,

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Компьютерных систем», протокол № 13 от «29» декабря 2023 года. На заседании кафедры присутствовало 2 доктора технических наук, 1 доктор физико-математических наук, 5 кандидатов технических наук, 1 кандидат физико-математических наук и 1 кандидат педагогических наук.

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой компьютерных систем
кандидат технических наук, доцент



Вершинин Игорь Сергеевич

Верше

*Подпись Вершинина И.С. заверяю
Документовед Лабидуллин В.И.*

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес организации: 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

Рабочий телефон: +7 (843) 236-60-32

Адрес эл. почты: kai@kai.ru