

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, профессора кафедры естественнонаучных дисциплин, Атласова Игоря Викторовича 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

Стеганография как способ сокрытия данных в цифровых медиа файлах стала успешно применяться при передаче секретной информации на протяжении нескольких десятилетий и наибольшую популярность в качестве стегоконтейнеров получили именно цифровые изображения. При этом, при всем многообразии методов стеганографии и их постоянном развитии, метод замены наименее значащих битов, является одним из наиболее распространенных. Также в современной стеганографии активно используется такой метод как встраивание в частотную область с использованием дискретного косинусного преобразования.

Естественной реакцией на появление и развитие стеганографии стало появление и развитие стеганографического анализа, целью которого является обнаружение факта встраивания и, в идеале, извлечение встроенного сообщения. Несмотря на то, что между возникновением новых методов и алгоритмов встраивания и разработкой алгоритмов стеганографического анализа, успешно проводящих стего-атаки, существует временной лаг, стеганографический анализ в настоящее время обладает достаточно обширным арсеналом методов, обладающих неплохой чувствительностью для того, чтобы идентифицировать стего-изображения, выполненные в существующих техниках.

ВХОД. № 130 - 13
« 14 » 01 2024

Поэтому злоумышленники стремятся найти новые способы обеспечения незаметности встраивания. Одним из таких способов, не требующих новых исследований и разработки новых методов и алгоритмов встраивания, является снижение уровня заполнения стегоконтейнера. В результате, стего-атака может оказаться нечувствительной к стего-контейнеру, в котором объем встроенного сообщения составляет, например, всего 10 – 20%.

Таким образом, тема диссертационной работы Вильховского Д.Э., посвященной разработке алгоритмов стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера на предмет выявления стеганографических вставок, выполненных методом замены наименее значащих битов, а также стеганографических вставок, выполненных методом Коха-Жао, и их апробации является актуальной.

Общая оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 6-ти приложений, изложенных на 147 страницах машинописного текста. Список использованных источников содержит 157 наименований литературы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель, задачи, объект, предмет и методы исследования, выделены основные положения, выносимые на защиту, определена научная новизна, а также практическая и научная значимость выносимых на защиту результатов, приводятся сведения об апробации работы.

В первой главе анализируются методы стеганографии и стеганографического анализа. Охарактеризована базовая модель стеганографии и стегоанализа, приведены общие требования к стеганографии, представлена сущность и математическая формулировка проблемы стегоанализа, охарактеризованы виды и методы стегоанализа, рассмотрены стеганографические алгоритмы и методы LSB-замены и LSB-совпадений как его модификация,

рассмотрены методы обнаружения скрытых сообщений, выполненных методом LSB-замены, включая методы стегоанализа, основанные на классификаторах.

Во второй главе описывается алгоритм стегоанализа метода LSB-замены на основе анализа нулевого слоя, предлагаемый автором для работы с цветными искусственными изображениями. Сформулированы основные гипотезы, на которых базируется алгоритм, осуществлена постановка цели и задачи анализа нулевого слоя, описан предлагаемый метод достижения цели и решения поставленных задач. Разработаны алгоритм обнаружения факта встраивания и алгоритм выделения области встраивания. Приводится описание компьютерного эксперимента, обсуждение полученных с использованием предложенного алгоритма результатов.

В третьей главе описывается алгоритм выявления LSB-вставок на основе сравнительного анализа нулевого и первого слоев изображения, предлагаемый автором для работы с цветными фотографическими изображениями. Сформулированы основные гипотезы, на которых базируется алгоритм, осуществлена постановка цели и задачи анализа, сформулированы четыре этапа стеганографического анализа фотографических цветных изображений, направленного против метода LSB-замены. Разработан алгоритм установления участков сохранения структуры изображения с разделением блоков изображения на условно чистые и условные стего. Разработан алгоритм анализа условно чистых блоков рекурсивным фильтром с целью их дополнительной верификации. Разработан алгоритм выявления максимально широкой области возможного встраивания и окончательной верификация изображения на предмет встраивания. Разработан алгоритм локализации области встраивания посредством нахождения участков встраивания в установленной области. Приводится описание компьютерного эксперимента, обсуждение результатов, полученных с использованием предложенного алгоритма.

В четвертой главе описывается предлагаемый автором метод стегоанализа алгоритма Коха-Жао. Пошагово описан алгоритм Коха-Жао. Сформулированы предположения, на которых основан алгоритм стегоанализа. Разработан

алгоритм детекции и локализации сообщения, встроенного в частотную область при помощи анализа разниц пар коэффициентов дискретного косинусного преобразования с применением алгоритма кластеризации DBSCAN. Приведены и обсуждаются результаты проведенного компьютерного эксперимента с использованием предложенного алгоритма.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

Структура и содержание диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленным целям и задачам исследования. Текст диссертации изложен грамотно, цель исследования достигнута, поставленные задачи решены. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает ее основное содержание и положения, выносимые на защиту.

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

Обоснованность основных научных положений диссертационной работы подтверждается проведенным исследованием и критическим анализом существующих методов стеганографического анализа и определением ограничений и порога эффективности исследуемых методов при стегоанализе с низким заполнением стегоконтейнера. Изучено большое количество научных публикаций по методам стеганографического анализа отечественных и зарубежных авторов.

При решении поставленных в работе задач использовались методы поддержки принятия решений, численные методы исследования функций, методы таксономии. Также использовались методы математической статистики и теории вероятностей, теории информационной безопасности и защиты информации.

Решение поставленных в работе задач основывается на результатах предыдущих исследований. Следует отметить комплексность осмысления задач.

Достоверность и новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в получении автором следующих результатов:

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.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждаются результатами компьютерных экспериментов, проведенных для каждого из трех алгоритмов, наличие свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ (Свидетельство №2022613002 от 01.03.2022, Свидетельство №2022613021 от 01.03.2022, Свидетельство №2022613003 от 01.03.2022), а также апробации предложенных алгоритмов путем внедрения разработанного программного комплекса в систему защиты информации ООО Строительно-монтажный трест «Стройбетон», а также ООО «РЕЙЛСТРОЙ-1520». Основные положения, выносимые на защиту, прошли успешную апробацию на международных, всероссийских и межрегиональных научных конференциях.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая ценность результатов исследований заключается в создании новых алгоритмов стеганографического анализа цифровых изображений, позволяющих определять параметры встраивания для стеганографических методов LSB-вставки и Коха-Жао при низком заполнении стегоконтейнера:

- алгоритм выявления и локализации встраиваний, выполненных методом LSB-замены, в цветных искусственных изображениях;
- алгоритм выявления и локализации встраиваний, выполненных методом LSB-замены, в цветных фотографических изображениях;
- алгоритм выявления и локализации встраиваний, выполненных методом коха-жао, в цветных изображениях.

Практическую ценность результатов исследований представляют:

- разработанный программный комплекс, позволяющий при низком заполнении стегоконтейнера проводить стегоанализ изображений на предмет обнаружения вставок, выполненных методом LSB-замены и методом Коха-Жао, и извлекать встроенные сообщения;
- высокая эффективность предложенных алгоритмов обнаружения LSB-вставок и вставок, встроенных методом Коха-Жао при заполнении стегоконтейнера от 10% до 25%.

Результаты исследования отражены в 15 публикациях (в том числе в 4-х статьях в изданиях из Перечня ВАК РФ или приравненных к ним, 2-х статьях в изданиях, индексируемых в базе Scopus, и в 6 публикациях в материалах докладов международных, всероссийских и межрегиональных конференций, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ), достаточно полно раскрывающих основные идеи и выводы диссертационной работы.

Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации соответствует пункту 6 паспорта специальности 2.3.6 – «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»:

Методы, модели и средства мониторинга, предупреждения, обнаружения и противодействия нарушениям и компьютерным атакам в компьютерных сетях.

Замечания по диссертационной работе

1. Известно, что многие исследования в области стеганографического анализа фокусируются на детекции стего-вложений в изображениях в градациях серого. Основываясь на имеющемся в работе описании предложенных алгоритмов и представленных результатов тестирования алгоритмов, содержащих данные об эффективности алгоритмов стегоатаки метода LSB-замены при работе со встраиванием в различные компоненты, следует сделать вывод о том, что предложенные алгоритмы разработаны и эффективны для анализа цветных изображений. Однако данный факт остается скрыт при формулировке научной новизны.

2. Также возникает вопрос о возможности применения предложенных алгоритмов для стегоанализа изображений в градациях серого и необходимости (или отсутствия таковой) проведения предварительной обработки изображений в градациях серого или модификациями в самих алгоритмах. Подобный вопрос вызван отсутствием какой-либо информации по этому поводу в работе автора.

3. В работе заявлено, что предложенные алгоритмы позволяют обнаруживать встроенные сообщения при заполнении стегоконтейнера от 10 до 25%, представлены и обсуждаются результаты экспериментов. Указывается, что алгоритм обнаружения и локализации LSB-вставок в цветных искусственных изображений в проведенном тестировании не показал ложных срабатываний при анализе чистых изображений. Можно ли на этом основании утверждать, что

подобные ложные срабатывания для данного алгоритма невозможны в принципе? Также было бы целесообразным представить теоретическую аргументацию подобного феномена.


В целом, указанные замечания не снижают ценности полученных в диссертационной работе результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертация Вильховского Данила Эдуардовича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи, заключающейся в разработке методов стеганографического анализа изображений с низким заполнением стегоконтейнера, имеющей существенное значение для повышения информационной. Научная новизна, теоретическая и практическая ценность полученных результатов работа соответствует требованиям п. 9 – 11 «Положения ВАК о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор кафедры естественных научных дисциплин учебно-научного комплекса информационных технологий ФГКОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя»

 Атласов Игорь Викторович

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)

Адрес места основной работы: 117997, г. Москва, ул. Академика Волгина, д.12

Рабочий телефон: +7 (495) 336-22-44

Адрес эл. почты: atlasov.igor777@gmail.com

