

ОБЗОР МЕТОДОВ СТЕГАНАЛИЗА ДЛЯ ВЕКТОРНЫХ СТЕГОКОНТЕЙНЕРОВ

Развитие технологий скрытой передачи требует совершенствования методов противодействия — стеганоанализа, направленного на выявление факта наличия скрытого сообщения в цифровых контейнерах. Векторные стегоконтейнеры, представленные форматами SVG, WMF, EPS, а также векторными данными геоинформационных систем, представляют особый интерес для исследователей ввиду широкого распространения и специфики представления данных.

В отличие от растровых изображений, векторные форматы хранят графическую информацию в виде математического описания объектов — координат точек, параметров кривых, атрибутов заливки и трансформаций. Это определяет принципиально иные подходы как к встраиванию информации, так и к её обнаружению.

Векторные форматы имеют ряд особенностей, существенных для стеганоанализа. Как отмечается в работе Хубера, существуют два основных подхода к встраиванию информации в векторные данные: джиттер — внесение минимальных изменений в координаты точек, и эмбединг — добавление дополнительных точек, несущих скрытую информацию[1].

Данные методы встраивания создают различные типы искажений. Джиттер изменяет статистические характеристики распределения координат и корреляционные связи между соседними элементами векторного объекта. Эмбединг порождает аномалии в структуре данных — появление избыточных точек, нарушение закономерностей в последовательности описания контуров.

Важно подчеркнуть, что векторные стегоконтейнеры, как и другие типы контейнеров, могут быть подвергнуты стеганоанализу на основе выявления статистических аномалий, однако специфика векторных данных требует разработки специализированных признаков, чувствительных к конкретным типам встраивания.

Методы стеганоанализа для векторных контейнеров можно разделить на три основные категории: статистические методы, методы

на основе машинного обучения и специализированные структурные методы.

Статистический подход основан на анализе отклонений распределений характеристик векторных данных от эталонных моделей. Эффективным инструментом являются матрицы переходных вероятностей и цепи Маркова, успешно применяемые для анализа JPEG-изображений[2]. Для векторных данных аналогичный подход может быть реализован путём анализа последовательностей координат, углов между сегментами или кривизны линий.

Традиционный подход к стеганоанализу включает два этапа: ручное извлечение признаков и классификацию с использованием ансамблевых методов или метода опорных векторов (SVM) [3].

Метод опорных векторов остаётся востребованным инструментом стеганоанализа благодаря способности эффективно разделять классы в многомерном пространстве признаков. Исследования показывают, что SVM-классификаторы на основе корреляционных признаков позволяют достигать точности обнаружения свыше 90%. Для векторных контейнеров в качестве признаков могут выступать статистики распределения координат, параметры аппроксимирующих кривых, корреляция между соседними точками.

Современные исследования демонстрируют перспективность применения глубоких нейронных сетей, которые позволяют объединить этапы извлечения признаков и классификации в единый сквозной процесс. Сверточные нейронные сети (CNN) показали высокую эффективность при анализе растровых изображений. Для векторных данных актуальна разработка архитектур, способных обрабатывать нерегулярные структуры — графовые нейронные сети (GNN) и сети на основе трансформеров.

Учёт взаимосвязей между элементами векторного контейнера составляет основу корреляционных методов. Подход, основанный на построении сетей корреляции между пространственно-временными соседними элементами, успешно применяется для анализа видео с модуляцией векторов движения[4].

Для векторных форматов перспективно построение графов, отражающих топологию объектов: связи между точками контура, иерархию вложенных объектов, отношения между соседними геометрическими примитивами. Встраивание информации нарушает естественные корреляции, что может быть выявлено путём анализа весов рёбер в таких графах и распределения степеней вершин.

Оценка эффективности методов стеганоанализа проводится по нескольким метрикам: точность обнаружения, ошибки первого и второго рода, вычислительная сложность.

Согласно современным исследованиям, применение методов машинного обучения, особенно глубоких нейронных сетей, позволяет достигать точности обнаружения свыше 90% [5]. Для классических методов на основе SVM точность существенно зависит от качества разработанных и используемых признаков.

Важной тенденцией является применение генеративно-сопоставительных сетей (GAN) для повышения качества стеганоанализа. Такие сети могут использоваться как для генерации обучающих примеров, так и для непосредственного обнаружения стегоконтейнеров.

Обзор современных методов стеганоанализа показывает, что векторные стегоконтейнеры требуют специализированных подходов, учитывающих специфику представления данных. Наиболее эффективными являются методы машинного обучения — от классического метода опорных векторов до современных глубоких нейронных сетей. Статистические методы на основе матриц переходных вероятностей и корреляционного анализа сохраняют актуальность как инструмент извлечения признаков. Перспективы развития связаны с применением генеративно-сопоставительных сетей, графовых нейронных сетей и гибридных архитектур.

Литература

1. Huber, W. A. Vector Steganography: A practical introduction / W. A. Huber // Quantitative Decisions. — 2002. — 8 p.
2. Прокофьева, А. В. Метод стеганоанализа JPEG-изображений на основе цепей Маркова и его применение в сочетании с различными алгоритмами машинного обучения / А. В. Прокофьева, А. Н. Шниперов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. — 2022. — Т. 20, № 4. — С. 61–75. — DOI: 10.25205/1818-7900-2022-20-4-61-75.
3. Барановский, Г. В. Сравнение метода опорных векторов с методом генеративно-сопоставительных сетей в стеганоанализе / Г. В. Барановский, С. С. Бекарев, А. А. Гулис, Е. П. Шишов // Компьютерные системы и сети : сборник статей 59-й научной конференции. — Минск: БГУИР, 2023. — С. 391–392.
4. Ye, H. Motion vector-based video steganalysis using spatial-temporal correlation / H. Ye, W. Zhang, Y. Yao, C. Kong, H. Huang, N. Yu

// Proceedings of the 6th International Congress on Image and Signal Processing (CISP). — [S. l. : s. n.], 2013. — P. 148–153.

5. Yatsura, P. A Review of modern methods for steganalysis and localization of embedded data in digital images / P. Yatsura, D. Progonov // Theoretical and Applied Cybersecurity. — 2025. — Vol. 7, No. 1. — P. 91–103. — DOI: 10.20535/tacs.2664-29132025.1.328265.