

цифровой трансформации сферы профессиональной подготовки и переподготовки кадров в Республике Беларусь и более широко — в постсоветском регионе.

Список использованных источников

1. Косарева, Е. В. Телеграм-канал как средство lifelong learning для преподавателя РКИ / Е. В. Косарева // Профессорский журнал. Серия: Русский язык и литература. – 2022. – С. 45–52.
2. Федоров, А. В. Медиаобразование в условиях цифровизации: история и теория / А. В. Федоров. – М.: МОО «Информация для всех», 2015. – 450 с.
3. Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019–2025 годы: приказ Министерства образования Республики Беларусь, 29 ноября 2017 г., № 742 / Министерство образования Республики Беларусь. – Минск : МОН РБ, 2018. – 28 с.

УДК 004.56+003.26

А.А. Подрез

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕШИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ БИТ С ШУМОМ В СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОМ МЕТОДЕ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

***Аннотация.** Предлагается метод повышения скрытности и устойчивости стеганографической системы на основе дискретного вейвлет-преобразования за счет предварительного смешивания полезных бит с шумовой компонентой. Данный метод позволяет маскировать структуру внедряемой информации, снижая вероятность ее обнаружения современными методами стегоанализа.*

A.A. Podrez

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

APPLICATION OF MIXING USEFUL BITS WITH NOISE IN A STEGANOGRAPHIC METHOD BASED ON THE DISCRETE WAVELET TRANSFORM

Abstract. *A method for increasing the stealth and resilience of a steganographic system based on the discrete wavelet transform by pre-mixing the useful bits with a noise component is proposed. This method allows for masking the structure of the embedded information, reducing the likelihood of its detection by modern steganalysis methods.*

Стеганография в цифровых изображениях остается одним из ключевых направлений исследований в области информационной безопасности, обеспечивая скрытую передачу данных в открытых каналах связи. Наиболее широкое распространение получили методы встраивания в частотных областях, такие как дискретное косинусное преобразование (ДКП) и дискретное вейвлет-преобразование (ДВП), так как они обеспечивают более высокий уровень устойчивости к искажениям и преобразованиям по сравнению с пространственными методами [1]. Однако, несмотря на свои преимущества, частотные методы остаются уязвимыми к современным методам стегоанализа.

Одной из ключевых проблем классических методов ДВП является детерминированный характер встраивания бит скрытого сообщения, приводящий к нарушению статистических распределений коэффициентов в поддиапазонах. Даже незначительные искажения распределений могут быть обнаружены некоторыми методами анализа и современными нейросетевыми детекторами [2]. При этом повышение устойчивости к атакам (например, сжатию) требует увеличения амплитуды изменения коэффициентов, что ухудшает проблему обнаружимости.

Для повышения надежности передачи скрытого сообщения применяются корректирующие коды, такие как LDPC и Рида-Соломона (РС). В частности, LDPC-коды эффективно исправляют случайные ошибки, а коды РС обеспечивают устойчивость к пакетным искажениям [3]. Тем не менее, эффективная работа комбинированного кодирования LDPC и РС зависит от корректности статистической структуры извлекаемого сообщения и его устойчивости к преобразованиям контейнера.

В данной работе предлагается метод повышения скрытности и устойчивости стеганографической системы на основе ДВП с использованием смешивания полезных бит с шумовой компонентой (Noise Shaping Embedding, NSE) [4]. Основная идея заключается в том, чтобы придать битовым значениям статистические свойства, близкие к шуму соответствующего поддиапазона ДВП. В отличие от классических подходов, где изменение коэффициентов связано с исходными битами напрямую, в NSE полезные биты предварительно модифицируются с использованием специально сформированной шумовой последовательности. Такая последовательность генерируется

с опорой на статистические параметры коэффициентов, что позволяет маскировать структуру полезной нагрузки и минимизировать искажения в изображениях.

Предложенный метод применен с комбинированной схемой LDPC и PC, обеспечивающей возможность обнаружения и исправления ошибок при повреждении контейнера.

Метод опирается на предположение, что статистические характеристики высокочастотных коэффициентов изображения, получаемых с помощью ДВП, приближены к нормальному или лапласовскому распределению. Следовательно, шум, генерируемый в соответствии с этими распределениями, позволяет скрыть факт присутствия полезного сигнала.

Общий алгоритм кодирования данных с последующим применением ДВП и NSE таков:

1. Исходное сообщение проходит LDPC и затем PC кодирование, что позволяет сохранить корректность извлечения данных даже при значительных искажениях контейнера.

2. К изображению применяется стеганографический метод ДВП.

3. Для каждого встраиваемого коэффициента создается шумовая величина, зависящая от параметров поддиапазона.

4. Полученный шум используется для модификации исходного сообщения перед внедрением.

5. Коэффициенты ДВП изменяются с учетом текстуры изображения.

6. На этапе декодирования генерируется идентичная шумовая последовательность, позволяющая восстановить исходные биты.

То есть главная идея NSE – это скрыть не только изменения в изображении, но и структуру самого сообщения, когда в классическом методе коэффициенты ДВП изменяются в зависимости от бита сообщения, а сам бит сообщения остается неизменным.

Шумовая компонента (псевдослучайный бит, который получают по ключу) n_i генерируется индивидуально для каждого коэффициента w_i поддиапазона после ДВП преобразования из распределения:

$$n_i \sim N(0, \beta^2 \sigma_i^2),$$

где σ_i – локальная дисперсия коэффициентов (степень детализированности) вокруг коэффициента w_i , β – коэффициент масштабирования.

Если область более текстурная, то и коэффициент σ_i будет больше. Коэффициент β определяет, насколько сильный шум добавляется, где значения обычно варьируются в пределах от 0,1 до 1,0,

но могут быть и больше, но тогда возможно появление значительных искажений в изображении.

Полученная величина n_i преобразуется в биты 1 или 0:

$$n_i^* = \begin{cases} 1, n_i > 0, \\ 0, n_i \leq 0. \end{cases}$$

Для каждого полезного бита (исходного бита сообщения) b_i :

$$b_i' = b_i \oplus n_i^*,$$

что превращает бит в шумоподобную величину.

Изменение коэффициента ДВП происходит следующим образом:

$$w_i' = w_i + k_i(2b_i' - 1),$$

где $k_i = k_0\sigma_i$ – адаптивное значение смещения, k_0 – основная сила встраивания, которая обычно равна значению от 1 до 3.

Процесс извлечения состоит из следующих шагов:

1. Оценивается знак изменения коэффициента и вычисляется b_i' .
2. Восстанавливаются значения n_i^* .
3. Восстанавливаются исходные биты по формуле:

$$b_i = b_i' \oplus n_i^*.$$

При анализе предложенного метода выявлены следующие достоинства:

- статистическая маскировка полезного сигнала, приводящая к снижению эффективности стегоанализа;
- адаптивность к локальной текстуре, что уменьшает визуальные артефакты;
- совместимость с LDPC и PC, обеспечивающая высокую вероятность корректного восстановления данных.

Для оценки эффективности предложенного метода было использовано цветное изображение размером 500 на 500 пикселей. К изображению применялся один уровень разложения методом ДВП, где данные встраивались в поддиапазон НН. При этом дополнительно использовались корректирующие коды для исправления случайных и пакетных ошибок – LDPC и PC соответственно.

Параметры шума NSE были выбраны следующие:

- $\beta_i \in \{0,2; 0,35; 0,5\}$;
- $k_0 \in [1,0; 3,0]$.

Изображения оценивались по параметрам:

- PSNR, SSIM – качество изображения;

– ROC AUC детекторов SRM, DCTR и CNN.

В таблице 1 показаны значения параметров PSNR и SSIM, характеризующие качество изображения после внедрения в них данных. Более высокий PSNR указывает на лучшее качество изображения и большее сходство с исходным изображением. Максимальное значение SSIM равное 1 указывает на то, что два изображения абсолютно схожи по структуре, в то время как значение 0 указывает на отсутствие структурного сходства

Таблица 1 – Сравнение изображений по параметрам PSNR и SSIM

| Метод | Полезная нагрузка (бит на пиксель) | PSNR (дБ) | SSIM |
|-----------|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| ДВП | 0,1 | 41,23563 | 0,982 |
| ДВП + NSE | 0,1 | 42,58001 | 0,989 |
| ДВП | 0,2 | 39,01425 | 0,974 |
| ДВП + NSE | 0,2 | 40,27892 | 0,981 |

В таблице 2 показаны результаты эффективности детекторов стегоанализа при использовании обычного ДВП и при смешивании секретных данных с шумом [5]. Меньшие значения AUC означают более высокую скрытность.

Таблица 2 – Эффективность детекторов стегоанализа

| Метод | SRM AUC | DCTR AUC | CNN AUC |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
| ДВП | 0,89 | 0,92 | 0,96 |
| ДВП + NSE | 0,73 | 0,78 | 0,84 |

Результаты показывают, что использование NSE обеспечивает дополнительную защиту скрываемого сообщения ввиду того, что данные становятся менее заметными по параметрам PSNR и SSIM, а также меньше подвержены стегоанализу, исходя из оценки эффективности детекторов AUC.

Список использованных источников

1. Хартанович А. А., Урбанович П. П. Сравнение эффективности стеганографических методов для различных форматов изображений // 75-я науч.-технич. конф. учащихся, студентов и магистрантов: сборник научных работ, Минск, 22–27 апреля 2024 г. Минск: БГТУ, 2024. С. 789–790.
2. Fridrich J., Kodovsky J. Rich Models for Steganalysis of Digital Images // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2012. Vol. 7, no. 3. P. 868–882.
3. Хартанович А. А. Использование низкоплотностных кодов и кодов Рида-Соломона в системах избыточного кодирования

информации // Труды БГТУ. Сер. 3, Физ.-матем. науки и информатика. 2025. № 1 (290). С. 47–55.

4. Harmsen J., Pearlman W. Capacity of Steganographic Channels // IEEE Transactions on Information Theory. 2005. No. 55. P. 1775–1792.

5. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction // Springer. Preface to the Second Edition. 2017. 765 pp.

УДК 004.655.3

Д.И. Подшиваленко, А.С. Наркевич

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SQL ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ О ПРОДАЖАХ И ПОВЕДЕНИИ КЛИЕНТОВ

***Аннотация.** В данной работе предлагаются SQL-решения для автоматизации нескольких практических задач анализа продаж, изучения поведения клиентов и получения ключевой информации, необходимой для поддержки бизнес-процессов.*

D.I. Podshivalenko, A.S. Narkevich

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

USING SQL TO ANALYZE SALES AND CUSTOMER BEHAVIOR DATA

***Abstract.** This paper proposes SQL solutions for automating several practical tasks of sales analysis, studying customer behavior, and obtaining key information needed to support business processes.*

На сегодняшний день успех любого бизнеса в основном зависит от умения удерживать клиентов и увеличивать объемы продаж. Для этого необходимо эффективно собирать и анализировать данные о пользователях, включая их покупки, поведение в каталоге, поисковые запросы и другие действия.

В данной работе рассматриваются несколько практических задач и предлагаются SQL-решения для их автоматизации.

Первой группой задач для рассмотрения была выбрана аналитика поведения клиентов. Здесь рассмотрены следующие задачи: