

УДК 004.056.5: 517.983.28

## ОСНОВЫ НОВОГО ПОДХОДА К УНИВЕРСАЛЬНОМУ СТЕГАНОАНАЛИЗУ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРОВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д. т. н. А. А. Кобозева, к. т. н. И. И. Бобок

Одесский национальный политехнический университет  
Украина, г. Одесса  
Alla\_kobozeva@ukr.net

*Разработаны основы нового общего подхода к организации стеганоанализа в цифровых изображениях, в ходе чего выявлены, теоретически обоснованы и практически проверены новые свойства формальных параметров, определяющих оригинальное изображение. Установленные свойства нарушаются в возмущенном изображении, что может быть использовано для разработки эффективных стеганоаналитических методов.*

*Ключевые слова: цифровое изображение, матрица, сингулярное число, сингулярный вектор, n-оптимальный вектор, стеганоаналитический метод.*

Существующие в настоящий момент стеганоаналитические методы (САМ), которые позиционируются как универсальные, в той или иной степени остаются ориентированными на ограниченный набор стеганоалгоритмов, учитывая особенности их работы для организации стеганоанализа [1, 2]. Это говорит о том, что при появлении новых стеганоалгоритмов такие САМ принципиально не могут гарантировать их детектирование. Кроме того, эффективность работы многих существующих САМ критическим образом зависит от формата цифрового изображения (ЦИ), которое было использовано в качестве контейнера, а также формата, в который сохраняется изображение после внедрения в него дополнительной (конфиденциальной) информации. Важной, не решенной до конца задачей стеганоанализа остается на сегодняшний день выявление вложений информации с малой скрытой пропускной способностью (СПС) [2, 3]. Все это говорит о несостоятельности существующих подходов, используемых при разработке универсальных САМ, о необходимости построения принципиально нового подхода к стеганоанализу с привлечением нетрадиционных в этой области математических инструментов и теорий, в частности общего подхода к анализу состояния и технологии функционирования информационных систем (ОПАИС).

Стеганообразование ЦИ, независимо от конкретики используемого для этого стеганографического алгоритма, является возмущением оригинального изображения-контейнера, приводит к нарушению его целостности, а это значит, что нарушение целостности ЦИ является необходимым условием стеганообразования, а его выявление может рассматриваться как основа стеганоанализа.

Основополагающая идея нового подхода к разработке универсальных САМ для ЦИ заключается в следующем. Оригинальные ЦИ сохраняются в каждый из существующих форматов (количество которых конечно) по определенному алгоритму, а значит их формальное представление в каждом из существующих форматов подчиняется определенным законам, приводит к определенным характеристическим особенностям формальных параметров (сингулярных чисел (СНЧ) и сингулярных векторов (СНВ) соответствующих матриц), определяющих ЦИ (в каждом формате). Выявление/нарушение этих особенностей даст возможность отделять оригинальные ЦИ от ЦИ, целостность которого нарушена, независимо от способа нарушения и формата хранения изображения.

Глобальной целью авторов является повышение эффективности стеганоанализа для ЦИ путем разработки новых универсальных САМ, эффективных, в том числе, при малой СПС, где показателем эффективности будет служить количество ошибок первого рода, допускаемых в результате стеганоанализа. Целью настоящей работы является разработка основ нового подхода к организации универсального стеганоанализа как частного случая выявления нарушения целостности ЦИ на основе ОПАИС.

В работе получены следующие теоретические заключения, нашедшие подтверждение при проведении вычислительных экспериментов:

1. Показано, что для большинства блоков, полученных в результате стандартного разбиения матрицы оригинального ЦИ независимо от формата его хранения (с потерями, без потерь) соответственно левый и правый СНВ  $u_1, v_1$ , отвечающие максимальному СНЧ, а также нормированный вектор всех СНЧ блока  $\bar{\sigma}$  имеют общие свойства: устойчивость, sign-устойчивость к возмущающим воздействиям, в том числе значительным, неотрицательность (поэлементная) [4].

2. Показано, что угол между векторами  $u_1$  и  $\bar{\sigma}$ ,  $v_1$  и  $\bar{\sigma}$  для подавляющего большинства  $|x|$ -блоков оригинального ЦИ близок к углу между  $n$ -оптимальным вектором  $n^o = (1/\sqrt{l}, \dots, 1/\sqrt{l})^T$  и вектором стандартного базиса пространства  $R^l$  независимо от формата ЦИ.

3. Показано, что для возмущенных ЦИ соотношение  $\angle(u_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(v_1, \bar{\sigma}) \approx \angle(n^o, e_1)$ , где  $\angle(\cdot, \cdot)$  обозначает угол между соответствующими векторами, будет нарушаться для большинства блоков, что является показателем нарушения целостности ЦИ, в частности, стеганопреобразования, и может использоваться как основа для разработки новых универсальных стеганоаналитических методов.

Полученные результаты могут быть использованы не только для разработки универсальных стеганоаналитических методов, на что в настоящий момент направлены усилия авторов, но и методов выявления нарушения целостности ЦИ, происходящего в результате любого возмущающего воздействия.

В результате проведенной работы сформированы основы принципиально нового подхода к разработке универсальных стеганоаналитических методов: с учетом того, что стеганопреобразование ЦИ нарушает целостность этого изображения, выявление нарушения целостности является показателем возможного стеганопреобразования. Такой принцип работы стеганоаналитического метода обеспечит его независимость от формата ЦИ-контейнера и ЦИ-стеганосообщения, а также от конкретного вида стеганографического алгоритма, использованного для погружения дополнительной информации.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Бобок, И.И., Кобозева А. А. Стеганоанализ как частный случай анализа информационной системы // Сучасна спеціальна техніка. — 2011. — № 2. — С. 21–34.
2. Natarajan V., Anitha R. Blind image steganalysis based on contourlet transform // International Journal on Cryptography & Information Security. — 2012. — Vol. 2, Iss. 3. — P. 77–87.
3. Fridrich J., Du R., Long M. Steganalysis of LSB encoding in color image // IEEE International Conference on Multimedia and Expo. — 2000. — Vol. 3. — P. 1279–1282.
4. Кобозева А. А. Основы общего подхода к разработке универсальных стеганоаналитических методов для цифровых изображений // Праці Одеського політехнічного університету. — 2014. — Вип. 2(44). — С.136–146.

A. A. Kobozeva, I. I. Bobok

#### **A basis of a new approach to the universal steganalysis for digital images.**

In this paper a new approach to the organization of steganalysis in digital images is developed. New features of formal parameters defining the image are identified, theoretically grounded and practically tested. For the first time characteristics of mutual disposition of the left and right singular vectors corresponding to the largest singular value of the matrix (block of matrix) of an image and the vector composed of the singular values obtained as a result of normal singular decomposition of the matrix (block matrix) are obtained. It is shown that for the majority of the blocks of the original image (regardless of the storage format — lossy, lossless) the angle between the left (right) singular vector and the vector composed of singular numbers is determined by the angle between the  $n$ -optimal vector and the standard space basis of the corresponding dimension. It is shown that the discovered feature is violated for the mentioned formal parameters in the disturbed image. This is an indicator of integrity violation, particularly steganotransformation, and it can be used to develop new universal steganalysis methods and algorithms. Their efficiency does not depend on the specifics of steganoalgorithm used for insertion of additional information.

Keywords: *digital image, matrix, singular value, singular vector, n-optimal vector, normal singular decomposition, image integrity, steganalysis method.*