

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТЕГАНОАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА, ОСНОВАННОГО НА АНАЛИЗЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ ЦИФРОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

А.В. Ахмаметьева

Одесский национальный политехнический университет,  
пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: anna-odessitka@mail.ru

В работе предложена адаптация стеганоаналитического метода, разработанного автором ранее, основанного на учете различий в изменении количества блоков с одинаковыми значениями яркости цветовых матриц последовательности изображений/кадров видеопоследовательности в результате первичного и повторного внедрения дополнительной информации, для контейнеров, хранимых в форматах с потерями. Предложенный стеганоаналитический метод осуществляет анализ цифровых контентов в пространственной области и направлен на выявление наличия вложения дополнительной информации методом модификации наименьшего значащего бита с незначительной скрытой пропускной способностью (не более 0.5 бит/пиксель). Приведены результаты вычислительного эксперимента.

**Ключевые слова:** стеганоаналитический метод, метод модификации наименьшего значащего бита, пространственная область контейнера, цифровое изображение, цифровая видеопоследовательность, формат хранения с потерями

## Введение

Постоянное развитие информационных, компьютерных технологий приводит к их проникновению во все сферы человеческой жизни, что, тем не менее, далеко не всегда благотворно для различных областей деятельности, в частности для безопасности государства, когда в антигосударственных целях могут применяться стеганографические системы, направленные на организацию скрытого канала связи, где обеспечивается сокрытие самого факта передачи секретной информации [1, 2]. В связи с этим чрезвычайно актуальным является развитие и усовершенствование стеганоанализа – составной части стеганографии, основной задачей которого является выявление факта присутствия или отсутствия в каком-либо цифровом контенте передаваемой скрытно информации [2, 3]. В настоящей работе в качестве контейнеров выступают цифровые изображения (ЦИ) и видеопоследовательности (ЦВ), результат внедрения дополнительной информации (ДИ) в контейнер далее называется стеганосообщением (СС).

Одним из наиболее распространенных стеганографических методов до настоящего момента остается метод модификации наименьшего значащего бита (LSB) [2], благодаря простоте реализации, возможности применения как в пространственной области, так и в области преобразований контейнера/СС, а также принципиальной возможности обеспечения высокой скрытой пропускной способности (СПС). Однако на сегодняшний момент с целью затруднения обнаружения пересылаемой скрыто информации метод LSB применяется и с малой СПС (не более 0.5 бит/пиксель). Большинство существующих стеганоаналитических комплексов, методов, алгоритмов

[1, 4-7] выполняют анализ цифровых контентов в области преобразования (частотной области, областях сингулярного/спектрального разложения соответствующих матриц и т.д.). Однако перевод цифрового контента в область преобразования естественным образом сопровождается накоплением вычислительной погрешности, что очевидно способствует снижению эффективности стеганоанализа, особенно при малой СПС стеганографического канала связи, что подтверждается на практике.

Анализ пространственной области цифровых контентов позволяет избежать как дополнительного накопления погрешностей вычисления, так и дополнительных временных затрат при переходе в область преобразований.

Таким образом, повышение эффективности стеганоанализа за счет обеспечения возможности его проведения в пространственной области при внедрении ДИ методом LSB с незначительной СПС в цифровые контейнеры (ЦИ, ЦВ) является актуальной задачей для современной стеганографии.

### Цель статьи и постановка задач

*Целью* работы является повышение эффективности стеганоанализа при выявлении наличия/отсутствия ДИ, погруженной методом LSB с незначительной СПС (не более 0.5 бит/пиксель) в последовательность ЦИ/кадров видеопоследовательности, хранимых в форматах с потерями, путем усовершенствования стеганоаналитического метода, разработанного в [8], основанного на анализе ЦИ (кадров ЦВ) в пространственной области.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Получить оценки относительных изменений количества блоков с одинаковыми значениями яркости размером  $4 \times 4$  матриц оригинальных ЦИ и СС;
2. Выявить отличия в оценках относительных изменений количества  $4 \times 4$ -блоков с одинаковыми значениями яркости, полученных для ЦИ (кадров ЦВ) в формате без потерь и в формате с потерями [8], определить значения порогов относительных изменений для формата с потерями.

### Основная часть

В качестве контейнеров будем рассматривать цветные ЦИ и ЦВ в формате с потерями, хранимые в соответствии с цветовой схемой RGB, которые представляются в виде совокупности трех двумерных матриц  $R$ ,  $G$ ,  $B$  – красной, зеленой и синей составляющих ЦИ соответственно.

В работе [8] были получены характерные особенности блоков матриц цифровых контентов, отвечающие конкретным выявленным возмущениям их сингулярных чисел (СНЧ) при погружении ДИ. Интерес для решения рассматриваемой задачи вызвали блоки вида:

$$A = \begin{pmatrix} a & a & \dots & a \\ a & a & \dots & a \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ a & a & \dots & a \end{pmatrix}, \quad a \in \{1, 2, 3, \dots, 255\}. \quad (1)$$

Для блоков вида (1) установлены и доказаны следующие свойства:

1. Единственное отличное от нуля СНЧ матрицы (1) принадлежит множеству  $N$  натуральных чисел;

2. Для  $n \times n$ -матрицы  $A$  вида (1) максимальное СНЧ определяется по формуле  $\lambda_1 = na \in \mathbb{N}$ , для остальных СНЧ справедливо равенство  $\lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_n = 0$ .

Установленные свойства имеют важное значение, поскольку внедрение ДИ методом LSB изменит значения яркости пикселей ЦИ, в результате чего сократится количество блоков вида (1), так как изменение хотя бы одного значения в матрице (1) приведет к увеличению ранга, и свойство 2 не будет выполнено.

На основе рассмотренных свойств в работе [8] был обоснован выбор  $4 \times 4$ -блока и проведен вычислительный эксперимент на базе последовательности ЦИ/кадров ЦВ в формате без потерь (TIFF), на основе которого были сформулированы основные шаги стеганоаналитического метода и определены пороговые значения относительных изменений количества блоков вида (1) при первичном и вторичном погружении ДИ, которые позволяют отделить контейнер от СС.

В настоящей работе исследования количественной оценки наличия  $4 \times 4$ -блоков вида (1) проводятся для ЦИ, хранимых в формате с потерями (JPG). В вычислительном эксперименте используется база изображений (БЦИ), включающая в себя 600 цветных ЦИ (схема RGB): 200 ЦИ из базы NRCS Photo Gallery [9] (группа 1), 200 высококачественных ЦИ, взятых из [10] (группа 2), 200 изображений, полученных непрофессиональными фотокамерами (группа 3). Из анализируемых групп ЦИ при пересылке по каналу общего пользования очевидно наименее привлекающими внимание будут изображения группы 3, как имеющие непосредственное отношение к отправителю/получателю, что делает такие ЦИ наиболее вероятными контейнерами при организации скрытого канала связи.

На первом шаге вычислительного эксперимента проводилась оценка количества блоков вида (1) в цветовых составляющих оригинальных ЦИ (контейнеров). Каждая цветовая компонента контейнера исследовалась отдельно. Результаты представлены в табл. 1. Было установлено, что в 2.2% от общего количества цветовых матриц (из  $600 \cdot 3 = 1800$  матриц) не содержится  $4 \times 4$ -блоков вида (1), тем не менее данный процент существенно ниже аналогичного количества для изображений в форматах без потерь [8], что вполне объясняется сжатием ЦИ: в результате частотных преобразований происходит округление коэффициентов ДКП до ближайшего целого, что приводит к унификации соседних близких по значению яркостей к их среднему значению. Отсутствие или незначительное количество  $4 \times 4$ -блоков вида (1) говорит о наличии большого количества мелких деталей и перепадов яркости близлежащих пикселей в изображении. Как видно из табл. 1, в ЦИ группы 3 вообще не наблюдалось матриц, не содержащих блоков с одинаковыми значениями яркости.

**Таблица 1.**

Количество  $4 \times 4$ -блоков вида (1) в цветовых составляющих оригинальных ЦИ в формате с потерями (JPG) относительно общего числа блоков (%)

Цветовая составляющая ЦИ	Группа 1			Группа 2			Группа 3		
	Мин-е значение	Макс-е значение	Среднее значение	Мин-е значение	Макс-е значение	Среднее значение	Мин-е значение	Макс-е значение	Среднее значение
R	0	44.0162	5.9681	0	30.4347	1.8399	0.0015	27.7792	2.8137
G	0	44.2113	5.9398	0	28.4236	1.8371	0.0015	29.8941	2.8233
B	0	46.4097	5.9874	0	26.5523	2.0404	0.0005	31.3935	3.0729

Внедрение ДИ методом LSB приводит к изменению количества  $4 \times 4$ -блоков вида (1) в матрице ЦИ. Для установления количественной оценки этого изменения был проведен второй шаг вычислительного эксперимента, результаты которого приведены

в табл. 2, где СС сформированы на основе контейнеров из БЦИ при СПС 0.5, 0.25 и 0.1 бит/пиксель. В табл. 2 столбец, обозначенный I, соответствует используемому значению СПС (бит/пиксель); II – выбранной цветовой составляющей ЦИ; III<sub>1</sub>, III<sub>2</sub> и III<sub>3</sub> – среднему значению относительного (по отношению к общему количеству блоков в матрице цветовой компоненты ЦИ (%)) количества блоков с одинаковыми значениями яркости по СС из групп 1, 2 и 3 соответственно; IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub> и IV<sub>3</sub> – относительному изменению среднего значения количества блоков с одинаковыми значениями яркости в сформированных СС по сравнению с оригинальными ЦИ для групп 1, 2 и 3 соответственно (%).

Изменения среднего значения количества блоков вида (1)  $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$  соответственно для красной, зеленой и синей цветовой компоненты оригинального контейнера по сравнению с СС вычисляются по формулам:

$$\bar{R} = \frac{|r^{(C)} - r^{(S)}|}{r^{(C)}} \cdot 100\%, \quad \bar{G} = \frac{|g^{(C)} - g^{(S)}|}{g^{(C)}} \cdot 100\%, \quad \bar{B} = \frac{|b^{(C)} - b^{(S)}|}{b^{(C)}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $r^{(C)}, g^{(C)}, b^{(C)}$  – средние значения количества блоков в последовательности оригинальных ЦИ / кадрах ЦВ в красной, зеленой и синей компоненте соответственно;  
 $r^{(S)}, g^{(S)}, b^{(S)}$  – средние значения количества блоков в последовательности СС, сформированных погружением ДИ с одинаковой СПС в оригинальный контейнер, в красной, зеленой и синей компоненте соответственно.

**Таблица 2.**

Количество 4×4-блоков с одинаковыми значениями яркости в цветовых составляющих ЦИ-СС, сформированных для различных значений СПС, относительно общего числа блоков цветowych составляющих изображения (%)

I	II	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
		III <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>2</sub>	III <sub>3</sub>	IV <sub>3</sub>
0.5	R	0.5175	<b>91.3</b>	0.6693	<b>63.6</b>	0.5595	<b>80.1</b>
	G	0.4623	<b>92.2</b>	0.6871	<b>62.6</b>	0.6919	<b>75.5</b>
	B	0.5229	<b>91.2</b>	1.0485	<b>48.6</b>	0.8847	<b>71.2</b>
0.25	R	0.5139	<b>91.4</b>	0.6616	<b>64</b>	0.5545	<b>80.3</b>
	G	0.4594	<b>92.3</b>	0.6789	<b>63</b>	0.6882	<b>75.6</b>
	B	0.5202	<b>91.3</b>	1.0254	<b>49.7</b>	0.8759	<b>71.5</b>
0.1	R	0.7495	<b>87.4</b>	0.7008	<b>61.9</b>	0.6599	<b>76.5</b>
	G	0.6827	<b>88.5</b>	0.7407	<b>59.7</b>	0.7744	<b>72.6</b>
	B	0.8027	<b>86.6</b>	1.0711	<b>47.5</b>	0.9799	<b>68.1</b>

Наиболее информативной характеристикой при анализе количества 4×4-блоков вида (1) является относительное изменение их количества при внедрении ДИ по сравнению с оригинальным ЦИ, поскольку абсолютное изменение количества таких блоков может быть незначительным либо вообще отсутствовать, и точно отделить оригинальный контейнер от СС здесь не представляется возможным. Табл. 2 показывает, как изменяется количество 4×4-блоков вида (1) (IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub> и IV<sub>3</sub> в табл. 2) при внедрении ДИ с СПС 0.5, 0.25 и 0.1 бит/пиксель в зависимости от анализируемой группы. При этом, как и в формате без потерь [8], происходящие изменения различны для разных групп ЦИ. Вполне естественно, что наименьшие изменения будут в группе 2, так как в нее входят высококачественные профессиональные ЦИ, а в изображениях худшего качества изменения более заметны. Следует отметить, что относительные

изменения в форматах с потерями на порядок выше, чем при аналогичном вычислительном эксперименте ЦИ в формате без потерь [8], что объясняется особенностями сжатия изображений.

Тем не менее, в реальных условиях стеганоанализ проводится при отсутствии оригинального изображения-контейнера, поэтому выясним, как изменится количество блоков с одинаковыми значениями в ЦИ-СС при повторном внедрении ДИ методом LSB с различными значениями СПС. Результаты эксперимента приведены в табл. 3, где столбец с обозначением II соответствует цветовой составляющей ЦИ-СС; III<sub>1</sub>, III<sub>2</sub> и III<sub>3</sub> – среднему значению количества блоков с одинаковыми значениями яркости в СС, сформированных в результате повторного погружения ДИ методом LSB в ЦИ-СС из групп 1, 2 и 3 соответственно; IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub> и IV<sub>3</sub> – изменению среднего значения количества блоков с одинаковыми значениями яркости по сравнению с СС, сформированными в результате повторного погружения ДИ методом LSB в ЦИ-СС из групп 1, 2 и 3 соответственно (%). Здесь изменения среднего значения количества блоков вида (1)  $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$  соответственно для красной, зеленой и синей цветовой компоненты ЦИ-СС по сравнению с СС, сформированным повторным погружением ДИ, вычисляются по формулам:

$$\bar{R} = \frac{|r^{(s)} - r^{(\bar{s})}|}{r^{(s)}} \cdot 100\%, \quad \bar{G} = \frac{|g^{(s)} - g^{(\bar{s})}|}{g^{(s)}} \cdot 100\%, \quad \bar{B} = \frac{|b^{(s)} - b^{(\bar{s})}|}{b^{(s)}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $r^{(\bar{s})}, g^{(\bar{s})}, b^{(\bar{s})}$  – средние значения количества блоков в последовательности СС, сформированных вторичным погружением ДИ в ЦИ-СС, в красной, зеленой и синей компоненте соответственно.

Для наглядной иллюстрации различий между изменениями при первичном погружении ДИ в оригинальное изображение и при повторном внедрении ДИ в СС, сформированные на основе погружения ДИ в оригинальные ЦИ с разными СПС, построим графики зависимости относительного изменения количества блоков вида (1) для красной компоненты (выбрана для примера) по каждой анализируемой группе (рис. 1).

Полученные результаты позволяют отделить последовательность незаполненных изображений-контейнеров от заполненных СС, поскольку относительные изменения при первичном и вторичном погружении ДИ количественно значительно отличаются друг от друга. Притом отличия по ЦИ в формате с потерями настолько значительны, особенно при первичной СПС 0.5 и 0.25 бит/пиксель, даже по сравнению с аналогичным вычислительным экспериментом, проведенным по ЦИ в формате без потерь [8], что дает возможность дать ответ с большой вероятностью, есть ли в анализируемой последовательности вложенная ДИ или нет. Как видно из табл. 3, в целом значения относительного изменения сравнимы друг с другом для СПС 0.5 и 0.25. В случае СПС 0.1 эти значения несколько выше, что, тем не менее, не повлияет на заключение об отсутствии/наличии ДИ, так как даже такие значения намного ниже тех, которые получаются при первичном погружении ДИ.

Таблица 3.

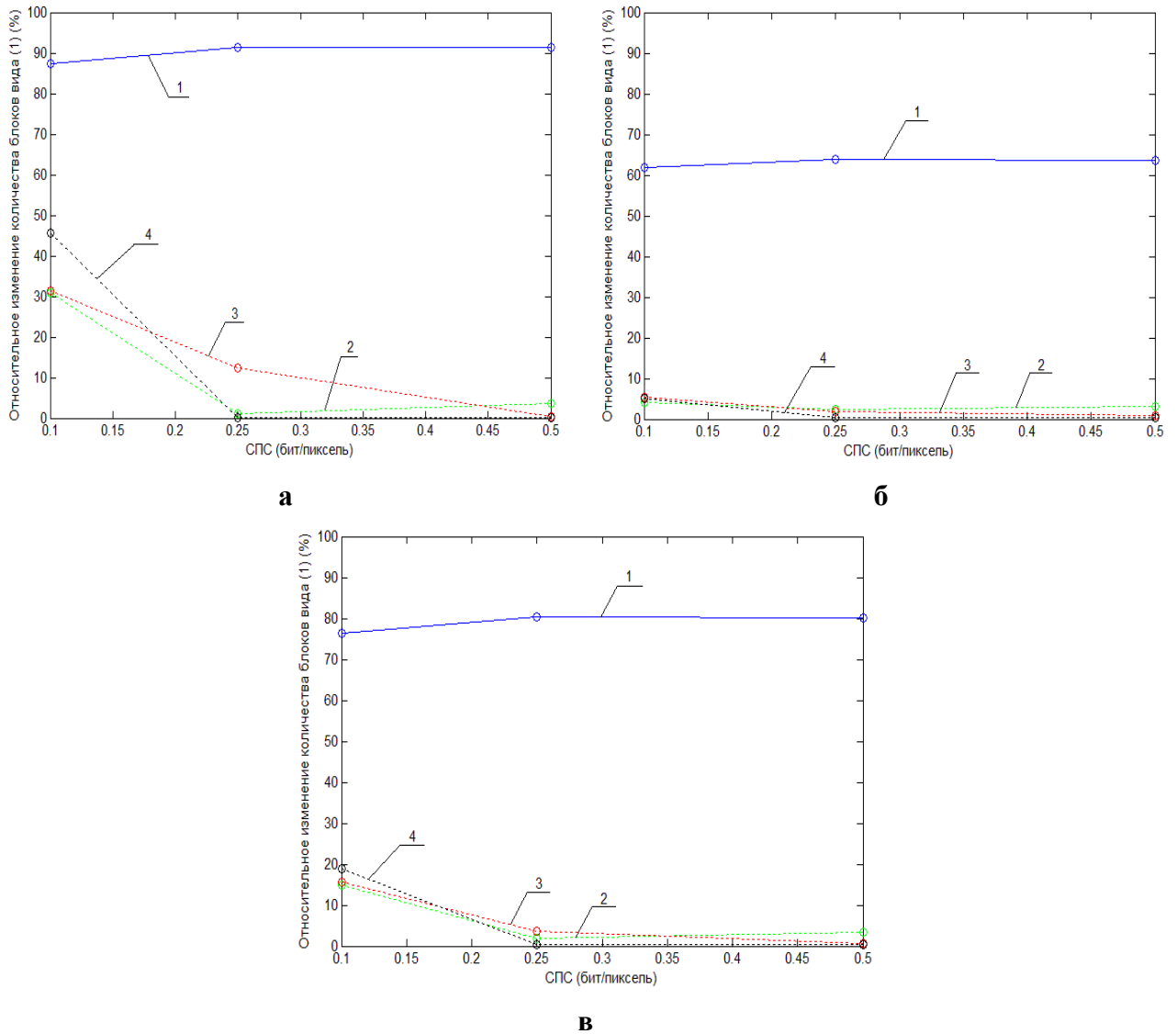
Оценки для абсолютного и относительного количества блоков с одинаковыми значениями яркости в цветовых составляющих ЦИ-СС, сформированных путем повторного внедрения ДИ в СС, полученные методом LSB для различных значений СПС, усредненные по всем изображениям из групп 1, 2 и 3 (%)

Первичная СПС СС (бит/пиксель)	СПС для повторного погружения ДИ в СС (бит/пиксель)	II	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
			III <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>2</sub>	III <sub>3</sub>	IV <sub>3</sub>
0.5	0.5	R	0.5365	<b>3.7</b>	0.6900	<b>3.1</b>	0.5778	<b>3.3</b>
		G	0.4804	<b>3.9</b>	0.7099	<b>3.3</b>	0.7049	<b>1.9</b>
		B	0.5417	<b>3.6</b>	1.1030	<b>5.2</b>	0.9046	<b>2.2</b>
	0.25	R	0.5199	<b>0.5</b>	0.6760	<b>1</b>	0.5635	<b>0.7</b>
		G	0.4640	<b>0.4</b>	0.6947	<b>1.1</b>	0.6958	<b>0.6</b>
		B	0.5250	<b>0.4</b>	1.0685	<b>1.9</b>	0.8930	<b>0.9</b>
	0.1	R	0.5184	<b>0.2</b>	0.6721	<b>0.4</b>	0.5614	<b>0.3</b>
		G	0.4628	<b>0.1</b>	0.6901	<b>0.4</b>	0.6934	<b>0.2</b>
		B	0.5241	<b>0.2</b>	1.0567	<b>0.8</b>	0.8885	<b>0.4</b>
0.25	0.5	R	0.5200	<b>1.2</b>	0.6769	<b>2.3</b>	0.5645	<b>1.8</b>
		G	0.4638	<b>1</b>	0.6947	<b>2.3</b>	0.6959	<b>1.1</b>
		B	0.5254	<b>1</b>	1.0699	<b>4.3</b>	0.8944	<b>2.1</b>
	0.25	R	0.5777	<b>12.4</b>	0.6741	<b>1.9</b>	0.5749	<b>3.7</b>
		G	0.4875	<b>6.1</b>	0.6984	<b>2.9</b>	0.7066	<b>2.7</b>
		B	0.5803	<b>11.6</b>	1.0501	<b>2.4</b>	0.8946	<b>2.1</b>
	0.1	R	0.5150	<b>0.2</b>	0.6643	<b>0.4</b>	0.5562	<b>0.3</b>
		G	0.4602	<b>0.2</b>	0.6816	<b>0.4</b>	0.6896	<b>0.2</b>
		B	0.5212	<b>0.2</b>	1.0333	<b>0.8</b>	0.8794	<b>0.4</b>
0.1	0.5	R	0.5186	<b>30.8</b>	0.6724	<b>4.1</b>	0.5612	<b>15</b>
		G	0.4625	<b>32.3</b>	0.6907	<b>6.8</b>	0.6934	<b>10.5</b>
		B	0.5243	<b>34.7</b>	1.0579	<b>1.2</b>	0.8877	<b>9.4</b>
	0.25	R	0.5148	<b>31.3</b>	0.6640	<b>5.3</b>	0.5560	<b>15.7</b>
		G	0.4601	<b>32.6</b>	0.6814	<b>8</b>	0.6900	<b>10.9</b>
		B	0.5211	<b>35.1</b>	1.0337	<b>3.5</b>	0.8782	<b>10.4</b>
	0.1	R	1.0912	<b>45.6</b>	0.7364	<b>5.1</b>	0.7839	<b>18.8</b>
		G	1.1485	<b>68.2</b>	0.7823	<b>5.6</b>	0.8281	<b>6.9</b>
		B	1.1111	<b>38.4</b>	1.1345	<b>5.9</b>	1.0726	<b>9.5</b>

На основе полученных результатов основные шаги стеганоаналитического метода, направленного на выявление наличия/отсутствия вложения ДИ в последовательности из  $P$  ЦИ  $C_1, C_2, \dots, C_P$  с цветовыми составляющими  $R_i^{(C)}, G_i^{(C)}, B_i^{(C)}$  (или видеопоследовательности из  $P$  кадров  $C_1, C_2, \dots, C_P$ ), следующие:

1. Для каждого  $C_i, i = \overline{1, P}$  вычислить  $r_i^{(C)}, g_i^{(C)}, b_i^{(C)}$  – относительное количество  $4 \times 4$ -блоков в  $R_i^{(C)}, G_i^{(C)}, B_i^{(C)}$  по отношению к общему количеству  $4 \times 4$ -блоков в матрице цветовой составляющей (в %) соответственно.

2. Внедрить в  $R_i^{(C)}, G_i^{(C)}, B_i^{(C)}$  методом LSB некоторую ДИ – случайно сформированную бинарную последовательность с СПС  $T$  бит/пиксель. Результат –  $S_i$  с цветовыми составляющими  $R_i^{(S)}, G_i^{(S)}, B_i^{(S)}$ .



**Рис. 1.** Зависимость относительного изменения количества блоков вида (1) в матрицах ЦИ от СПС метода LSB, использованного для стеганопреобразования: 1 – для СС при внедрении ДИ в оригинальное ЦИ; 2 – для СС, полученного путем повторного внедрения ДИ в СС, сформированное методом LSB с СПС 0.5 бит/пиксель; 3 – для СС, полученного путем повторного внедрения ДИ в СС, сформированное методом LSB с СПС 0.25 бит/пиксель; 4 – для СС, полученного путем повторного внедрения ДИ в СС, сформированное методом LSB с СПС 0.1 бит/пиксель; а – ЦИ из группы 1; б – ЦИ из группы 2; в – ЦИ из группы 3

3. Для каждого  $S_i, i = \overline{1, P}$  вычислить  $r_i^{(S)}, g_i^{(S)}, b_i^{(S)}$  – относительное количество  $4 \times 4$ -блоков в  $R_i^{(S)}, G_i^{(S)}, B_i^{(S)}$  по отношению к общему количеству  $4 \times 4$ -блоков в матрице цветовой составляющей (в %) соответственно.

4. Определить средний процент  $4 \times 4$ -блоков вида (1) по анализируемой последовательности  $C_1, C_2, \dots, C_P$  и сформированной последовательности  $S_1, S_2, \dots, S_P$  по формулам:

$$r^{(C)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P r_i^{(C)}, \quad g^{(C)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P g_i^{(C)}, \quad b^{(C)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P b_i^{(C)};$$

$$r^{(S)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P r_i^{(S)}, \quad g^{(S)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P g_i^{(S)}, \quad b^{(S)} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P b_i^{(S)}.$$

5. Вычислить относительное изменение количества  $4 \times 4$ -блоков вида (1) каждой цветовой составляющей  $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$  анализируемой последовательности  $C_1, C_2, \dots, C_P$  по отношению к среднему значению количества  $4 \times 4$ -блоков вида (1) последовательности  $S_1, S_2, \dots, S_P$  по формуле (2).

6. Детектирование вложения ДИ:

Если  $\bar{R} < T_R$ , то  $C_1, C_2, \dots, C_P$  содержит вложенную ДИ в красной цветовой составляющей;

Если  $\bar{G} < T_G$ , то  $C_1, C_2, \dots, C_P$  содержит вложенную ДИ в зеленой цветовой составляющей;

Если  $\bar{B} < T_B$ , то  $C_1, C_2, \dots, C_P$  содержит вложенную ДИ в синей цветовой составляющей,

где  $T_R, T_G, T_B$  – пороговые значения для каждой цветовой составляющей.

По результатам проведенного эксперимента в качестве пороговых значений относительного изменения количества блоков вида (1) в матрицах оригинальных ЦИ по сравнению с СС для формата с потерями предлагается принять  $T_R = 32$ ,  $T_G = 33$ ,  $T_B = 35.5$  (для красной, зеленой, синей составляющих ЦИ соответственно). Если в качестве контейнеров при организации скрытого канала связи использовать ЦИ группы 3, то можно предполагать эффективность предложенного метода.

## Выводы

В работе усовершенствован разработанный в [8] стеганоаналитический метод, направленный на выявление результатов вложения ДИ методом LSB с незначительной СПС (не более 0.5 бит/пиксель) для контейнеров, хранимых в формате без потерь, путем расширения данного метода на контейнеры, хранимые в формате с потерями.

В качестве контейнеров разработанный метод анализирует последовательности ЦИ или последовательные кадры видеопоследовательности в случае организации скрытого канала связи. Метод основан на учете различий относительных изменений количества блоков с одинаковыми значениями яркости цветовой составляющей ЦИ/кадра видеопоследовательности в результате первичного и повторного погружения ДИ. Данные различия отлично проявляются для контейнеров, хранимых в формате с потерями, особенно для тех из них, которые получены непрофессиональными фото и видеокамерами.

В настоящее время автором проводится уточнение количественных порогов  $T_R$ ,  $T_G$ ,  $T_B$  для контейнеров, хранимых в формате с потерями, что в дальнейшем позволит разработать эффективный стеганоаналитический алгоритм, реализованный на основе усовершенствованного метода.

## Список литературы

1. Бобок, И.И. Стеганоаналитический метод для цифрового сигнала-контейнера, хранящегося в формате с потерями / И.И. Бобок // Сучасний захист інформації. – 2011. – №2. – С. 50-60.
2. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ : [монография] / А.В. Аграновский, А.В. Балакин, В.Г. Грибунин, С.А. Сапожников. – М.: Вузовская книга, 2009. – 220 с.
3. Bohme, R. Advanced statistical steganalysis / R. Bohme. – Springer, 2010. – 302 p.
4. Alimoradi, D. The effect of correlogram properties on blind steganalysis in JPEG images / D. Alimoradi, M. Hasanzadeh // Journal of computing and security. – 2014. – Vol. 1. – No.1. – Pp. 39-46.



5. Visavalia, S.R. Improving blind image steganalysis using genetic algorithm and fusion technique / Sarita R. Visavalia, Amit Ganatra // Journal of computer science. – 2014. – Vol. 1. – Pp. 40-46.
6. Yamini, B. Blind steganalysis: to analyse the detection rate of stego images using different steganalytic techniques with support vector machine classifier / B. Yamini, R. Sabitha // International journal of computer applications. – 2014. – No. 2. – Pp. 22-25.
7. Manjunath, C. Added and subtracted feature level video steganalysis in neighbor adaptive embedded / C. Manjunath, Mis.B. Sowjanya // International journal of professional engineering studies. – 2015. – Vol. 5. – Issue 2. – Pp. 308-316.
8. Кобозева, А.А. Стеганоаналитический метод для цифровых контейнеров, хранящихся в формате без потерь / А.А. Кобозева, А.В. Ахматетьева, А.А. Ефименко // Інформаційна безпека. – 2014. – №1(13). – С. 31-42.
9. NRCS Photo Gallery: [Електронний ресурс] // United States Department of Agriculture. Washington, USA. Режим доступа: <http://photogallery.nrcs.usda.gov> (Дата обращения: 26.07.2012).
10. WallpapersCraft: [Електронний ресурс] // Широкоформатные обои на рабочий стол, картинки, фото. Режим доступа: <http://wallpaperscraft.ru/> (Дата обращения: 21.11.2014).

### УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕГАНОАНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ, ЗАСНОВАНОГО НА АНАЛІЗІ ПРОСТОРОВОЇ ОБЛАСТІ ЦИФРОВИХ КОНТЕЙНЕРІВ

Г.В. Ахматетьєва

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: [anna-odessitka@mail.ru](mailto:anna-odessitka@mail.ru)

У роботі запропоновано адаптацію стеганоаналітичного методу, розробленого автором раніше, заснованого на врахуванні розходжень у зміні кількості блоків з однаковими значеннями яскравості кольорних матриць послідовності зображень/кадрів відео послідовності в результаті первинної й повторної вбудови додаткової інформації, для контейнерів, збережених у форматах з втратами. Запропонований стеганоаналітичний метод здійснює аналіз цифрових контентів у просторовій області та направлений на виявлення наявності вкладення додаткової інформації методом модифікації найменшого значущого біта з незначною прихованою пропускнуною спроможністю (не більше 0.5 біт/піксель). Наведені результати обчислювального експерименту.

**Ключові слова:** стеганоаналітичний метод, метод модифікації найменшого значущого біта, просторова область контейнера, цифрове зображення, цифрова відеопослідовність, формат зберігання з втратами

### IMPROVEMENT OF THE STEGANALYTIC METHOD, BASED ON THE ANALYSIS OF THE SPATIAL DOMAIN OF DIGITAL CONTAINERS

A. V. Akhmet'ieva

Odessa National Polytechnic University,  
1, Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: [anna-odessitka@mail.ru](mailto:anna-odessitka@mail.ru)

The paper presents the adaptation of steganalytic method developed earlier by the author, based on the accounting of differences in the change of the number of blocks with the equal color brightness values of color matrices of sequence of images / frames of a video sequence as a result of primary and repeated insertion of additional information for containers in losses formats. The proposed steganalytic method analyzes digital content in the spatial domain and is aimed to detect the presence of the embedding of additional information by modification of the least significant bits with a small hidden capacity (not more than 0.5 bit / pixel). Results of computational experiment are shown.

**Keywords:** Steganalytic method, method of the modification of the least significant bit, the spatial domain of the container, a digital image, a digital video sequence, losses format