



СТЕГАНОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ НЕРАВНОВЕСНОГО ПОЗИЦИОННОГО КОДИРОВАНИЯ

БАРАННИК В.В., БЕКИРОВ А.Э.,
БАРАННИК Д.В.

Рассматривается использование неравновесного позиционного кодирования в качестве функционального преобразования для числа с встроенной информацией. Разрабатывается метод стеганографического кодирования с маскированием структурной стеганографической избыточности. На основе сформулированного правила проектируется стеганографическая система для встраивания одного бита скрываемой информации на позицию старшего элемента неравновесного позиционного числа. На примере показывается процесс встраивания и извлечения встроенной информации с одновременной реконструкцией исходного неравновесного позиционного числа.

1. Введение

Одним из возможных путей повышения безопасности информационных ресурсов является использования стеганографических методов скрытия данных в изображении – контейнере.

Наиболее распространенными стеганографическими методами являются алгоритмы непосредственного встраивания информации в элементы пространственно-временного представления изображения - контейнера. Но такие системы имеют недостатки, обусловленные внесением значительных визуальных искажений в значения пространственно – временных элементов изображения – контейнера и низкой устойчивостью встроенных данных к активным атакам злоумышленника. В связи с этим наиболее актуальным является нахождение новых подходов для разработки альтернативных стеганографических алгоритмов непосредственного встраивания.

Возможным решением проблемы улучшения показателей визуальной устойчивости стеганограммы, а также стойкости к трансформации и атакам является разработка функционального преобразования для элемента с встроенными данными. В качестве кодообразующего функционала, соответствующего требованиям относительно процесса скрытия данных, предлагается использовать кодообразующую функцию для неравновесного позиционного числа. Отсюда **цель**

исследований состоит в разработке стеганографической системы на основе прямого и обратного функционального преобразования для неравновесного позиционного числа с имплантированным элементом.

2. Описание метода стеганографического кодирования с маскированием структурной стеганографической избыточности

В процессе реализации функционального преобразования на основе неравновесного позиционного кодирования область исходного изображения, содержащая совокупность видеопоследовательностей, рассматривается как множество неравновесных позиционных чисел $\{A(j)\}$. Здесь неравновесное позиционное число $A(j)$ без имплантации для j -го столбца массива видеоизображения состоит из m элементов, т.е. $A(j) = \{a_{1,j}; \dots; a_{i,j}; \dots; a_{m,j}\}$.

Имплантацию в число $A(j)$ предлагается проводить поэлементно, т.е. один элемент b_ξ на позицию γ -го разряда числа $A(j)$. Здесь b_ξ - ξ -й элемент встраиваемой последовательности $B = \{b_1; \dots; b_\xi; \dots; b_v\}$, $b_\xi \in [0; 255]$, $\xi = \overline{1, v}$. В этом случае имплантация задается следующей формулой:

$$A(j)' = A(j) \cup b_\xi, \quad b_\xi = a'_{\gamma,j}.$$

В результате имплантации число $A(j)'$ примет вид:

$$A(j)' = \{a_{1,j}; \dots; a'_{\gamma,j}; \dots; a_{i,j}; \dots; a_{m+1,j}\},$$

где $A(j)'$ – число с имплантированным элементом $a'_{\gamma,j}$ в γ -й разряд числа; $(m+1)$ – количество элементов в числе с имплантацией.

На следующем этапе число $A(j)'$ с имплантированным элементом кодируется. На этом этапе проводится встраивание скрываемой информации в код-контейнер. Значение кода-контейнера, содержащее скрываемую информацию, называется стеганокодом. Формирование стеганокода на основе кодирования неравновесного позиционного (НП) числа с имплантированным элементом скрываемого сообщения называется структурным стеганографическим кодированием в неравновесном позиционном базисе.

Значения стеганокода $N(j)'$ для НП числа с имплантацией определяется по следующей формуле:

$$N(j)' = \left(\sum_{i=1}^{\gamma-1} a_{i,j} V'_{i,j} \right) + a'_{\gamma,j} V'_{\gamma,j} + \sum_{i=\gamma+1}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j}.$$

Здесь $V'_{i,j}$ – весовой коэффициент элемента $a_{i,j}$; j – количество столбцов в массиве фрагмента видео-

изображения, $j = \overline{1, n}$; $V'_{\gamma, j}$ – весовой коэффициент имплантированного элемента $a'_{\gamma, j}$.

Данный коэффициент, равный накопленному произведению оснований старших элементов числа $A(j)'$, находится с помощью следующего выражения:

$$V'_{\gamma, j} = \prod_{\xi=\gamma+1}^{m+1} \Psi_{\xi, j}.$$

Значение весового коэффициента $V'_{i, j}$ для элемента $a_{i, j}$ определяется на основе выражения:

$$V_{i, j} = \begin{cases} \Psi'_{\gamma, j} \prod_{\xi=i+1}^{m+1} \Psi_{\xi, j}, & \rightarrow i = \overline{1, \gamma-1}; \\ \prod_{\xi=\gamma+1}^{m+1} \Psi_{\xi, j} & \rightarrow i = \gamma; \\ \prod_{\xi=i+1}^{m+1} \Psi_{\xi, j}, & \rightarrow i = \overline{\gamma+1, m+1}. \end{cases}$$

В случае такого встраивания фрагмент исходной видеопоследовательности рассматривается как позиционное число $A(j)' = \{a_{1, j}, \dots, a'_{\gamma, j}, \dots, a_{i, j}, \dots, a_{m+1, j}\}$ с имплантированным элементом $a'_{\gamma, j}$, $i = \overline{1, m+1}$. Для числа $A(j)'$ кодовое представление $C(A(j)')$ его стеганокда $N(j)'$ в неравновесном позиционном базисе формируется в два этапа.

Первый этап включает в себя вычисление стеганокда $N(j)'$, как взвешенного суммирования величин $a_{i, j} V'_{i, j}$ и $a'_{\gamma, j} V'_{\gamma, j}$. Кодограмма $C(A(j)')$ стеганокда формируется на втором этапе для величины $N(j)'$:

$$C(A(j)') = \{c_1, \dots, c_\tau, \dots, c_{q(j)'}\},$$

где $q(j)'$ – длина кодограммы $C(A(j)')$.

В результате стеганографического кодирования формируются кодовые комбинации, состоящие из двух частей: служебной $\Psi^{(1)}$ и информационной $N(j)'$ (значение стеганокда). Такую кодовую комбинацию будем называть стеганограммой.

Длина $q(j)'$ кодограммы стеганокда $N(j)'$ для числа $A(j)'$ с имплантацией определяется по формуле:

$$\begin{aligned} q(j)' &= |N(j)'|_2 = [\log_2 \Psi'_{\gamma, j} + \log_2 \prod_{i=1}^m \Psi_{i, j}] + 1 = \\ &= [\log_2 \Psi'_{\gamma, j} + \sum_{i=1}^m \log_2 \Psi_{i, j}] + 1, \end{aligned}$$

где $|N(j)'|_2$ – длина стеганокда $N(j)'$.

В то же время длина $q(j)$ кодограммы кода-контейнера $N(j)$ числа $A(j)$ без имплантированного элемента определяется на основе следующего выражения:

$$\begin{aligned} q(j) &= |C(A(j))| = [\log_2 \prod_{i=1}^m \Psi_{i, j}] + 1 = \\ &= [\sum_{i=1}^m \log_2 \Psi_{i, j}] + 1 \text{ (бит)}. \end{aligned}$$

Из сравнения выражений для $q(j)'$ и $q(j)$ можно заключить, что в процессе формирования стеганокда для числа $A(j)'$ с имплантированным элементом относительно варианта до встраивания вносится структурная стеганографическая избыточность, равная величине $(\log_2 \Psi'_{\gamma, j})$ бит.

Появление стеганографической избыточности негативно влияет на выявление факта встраивания информации. Неавторизированный пользователь на основе имеющейся в кодограмме системы оснований $\Psi^{(1)}$ может вычислить длину $q(j)$ кодограммы для кода контейнера $N(j)$. Это позволит злоумышленнику установить наличие встроенной информации.

Поэтому для устранения влияния стеганографической избыточности на проведение атаки злоумышленником предлагается использовать маскирование структурной стеганографической избыточности.

Локализацию структурной стеганографической избыточности в процессе формирования стеганокда в неравновесном базисе предлагается осуществлять на основе коррекции длины кодограммы $C(A(j)')$ стеганокда $N(j)'$. Процесс коррекции предусматривает приведение длины кодограммы стеганокда $q(j)'$ к значению длины $q(j)$. В физическом плане реализация коррекции кодограммы заключается в отбрасывании $(\log_2 \Psi'_{\gamma, j})$ младших бит кодограммы $C(A(j)')$, т.е.

$$C_j'' = [N(j)'']_2 = [N(j)' / \Psi_{i, j}]_2,$$

где $N(j)''$ – значение стеганокда, скорректированное в процессе маскирования структурной стеганографической избыточности; $[N(j)'']_2$ – двоичное значение скорректированного стеганокда $N(j)''$; C_j'' – кодограмма кодового представления скорректированного стеганокда $N(j)''$.

Чтобы обеспечить появление минимального значения $R(j)_{\text{стег}}$ структурной стеганографической избыточности в процессе стеганографического кодирования предлагается встраивать элементы в двоичном представлении, т.е. $b_\xi \in [0; 1]$. В этом случае основание встроенного элемента будет равно $\Psi'_{\gamma, j} = 2$. Тогда количество $R(j)_{\text{стег}}$ структурной избыточности будет равно:

$$R(j)_{\text{стег}} = q(j)' - q(j) = 1 \text{ (бит)}.$$

Следовательно, встраивание двоичного элемента позволяет минимизировать степень несоответствия между значениями стеганокода и кода – контейнера. В этом случае правило локализации будет иметь вид:

$$C_j'' = [N(j)'']_2 = [N(j)' / 2]_2 .$$

После локализации стеганографической избыточности длина $q(j)''$ кодограммы скорректированного стеганокода $N(j)''$ будет вычисляться с помощью следующей формулы:

$$q(j)'' = \lceil (\sum_{i=1}^{m+1} \log_2 \psi_{i,j}) / 2 \rceil + 1 = q(j) .$$

Для повышения устойчивости встроенных данных предлагается размещать один бит скрываемой информации на позицию старшего элемента НП числа. В этом случае вес встраиваемого элемента $V'_{\gamma,j}$ в неравновесном позиционном числе будет наибольшим, т.е.

$$V'_{\gamma,j} = V'_{1,j} = \max_{1 \leq i \leq m+1} \{V'_{i,j}\} .$$

Следовательно, встраиваемый элемент будет более устойчив к преобразованиям со стеганокодом.

3. Основная часть

Рассмотрим этапы функционирования стеганографической системы с маскированием стеганографической избыточности (рис. 1). Данная система позволяет встроить бит скрываемого сообщения на старшую позицию НП числа в процессе стеганографического кодирования. Полученная в результате такого кодирования стеганограмма состоит из служебной и информационной частей. Реализация извлечения встроенных данных происходит по биполярному принципу: для авторизованного и неавторизованного пользователя.

Стеганографическая система включает в себя следующие базовые составляющие:

1. Стеганографическое кодирование с маскированием структурной стеганографической избыточности.

Рассмотрим процесс стеганографического кодирования. Данный этап включает в себя следующие действия:

1) Имплантацию элемента b_ξ на позицию старшего элемента числа $A(j)$. Здесь b_ξ - ξ -й элемент встраиваемой последовательности $B = \{b_1; \dots; b_\xi; \dots; b_v\}$, $b_\xi \in [0; 1]$, $\xi = \overline{1, v}$. Имплантация задается следующей формулой

$$A(j)' = A(j) \cup b_\xi, \quad b_\xi = a'_{1,j} \in [0, 1].$$

В результате имплантации, число $A(j)'$ примет следующий вид:

$$A(j)' = \{ a'_{1,j}; \dots; a_{i,j}; \dots; a_{m+1,j} \},$$

где $A(j)'$ – число с имплантированным на старшую позицию элементом $a'_{1,j}$.

2) Формирование стеганокода $N(j)'$ для числа $A(j)'$ с имплантированным элементом $a'_{1,j}$. Учитывая механизм локализации количества структурной стеганографической избыточности, выражения для формирования стеганокода $N(j)'$ будет иметь вид:

$$N(j)' = a'_{1,j} V'_{1,j} + \sum_{i=2}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j}; \quad V'_{i,j} = \prod_{\xi=i+1}^{m+1} \psi_{\xi,j},$$

где $V'_{i,j}$ – весовой коэффициент элемента $a_{i,j}$; $V'_{1,j}$ – весовой коэффициент имплантированного элемента, равный накопленному произведению оснований всех элементов числа $A(j)'$, т.е.

$$V'_{1,j} = \prod_{i=2}^{m+1} \psi_{i,j},$$

здесь $\psi_{i,j}$ – основание $(i; j)$ -го элемента числа $A(j)'$ с имплантацией.

С учетом того, что $a'_{1,j} \in [0; 1]$, преобразуем выражение для стеганокода к следующему виду:

$$N(j)' = \begin{cases} \sum_{i=2}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j} = N(j), & \rightarrow a'_{1,j} = 0; \\ V'_{1,j} + \sum_{i=2}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j} = V'_{1,j} + N(j), & \rightarrow a'_{1,j} = 1, \end{cases}$$

или используя функцию sign, получим:

$$N(j)' = (1 - \text{sign}(1 - a_{1,j})) \cdot V'_{1,j} + \sum_{i=2}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j} .$$

3) Маскирование структурной стеганографической избыточности. Осуществление такого маскирования происходит путем коррекции стеганокода $N'(j)$, а именно уменьшением длины его двоичного представления на один бит. Для получения значения скорректированного стеганокода $N(j)''$ используется следующее выражение:

$$N(j)'' = N(j)' / 2$$

или

$$N(j)'' = ((1 - \text{sign}(1 - a_{1,j})) \cdot V'_{1,j} + \sum_{i=2}^{m+1} a_{i,j} V'_{i,j}) / 2 .$$

4) Формирование кодограммы C_j'' для кодового представления скорректированного стеганокода $N(j)''$:

$$C_j'' = \{c_1, \dots, c_\tau, \dots, c_{q(j)''}\},$$

где $q(j)''$ – длина кодограммы C_j'' , равная $q(j)'' = \lceil (\sum_{i=1}^{m+1} \log_2 \psi_{i,j}) / 2 \rceil + 1$.

На рис. 2 схематически отображены этапы стеганографического кодирования.

II. Процесс извлечения данных, содержащихся в стеганограмме.

Структурное стеганографическое декодирование позволяет на основе реконструированного стеганокода одновременно изъять бит скрываемой информации и восстановить исходное неравновесное позиционное число.

Процесс стеганографического декодирования в данном случае осуществляется по биполярному принципу для авторизованного пользователя и злоумышленника (неавторизованный пользователь).

В случае неавторизованного доступа, когда у злоумышленника нет информации о позиции стеганокода в сжатом представлении изображения и позиции встро-

енного элемента, процесс декодирования осуществляется на основе следующих этапов:

1) Извлечение из кодограммы C_j'' скорректированного стеганокода $N(j)''$ при помощи системы оснований $\Psi^{(1)}$.

2) Восстановление элементов исходной видеопоследовательности по формуле:

$$a_{i,j}'' = [N(j)'' / V_{i,j}] - [N(j)'' / (\psi_{i,j} V_{i,j})] \psi_{i,j},$$

где $a_{i,j}''$ – i -й элемент реконструируемого числа $A(j)''$, как составляющей реконструируемой j -й видеопоследовательности при неавторизованном доступе.

3) Оценка качества визуального восприятия реконструируемого изображения, т.е. проведение атаки относительно наличия встроенной информации.

Наоборот, когда проводится стеганографическое декодирование авторизованным пользователем, то ему доступна следующая информация:

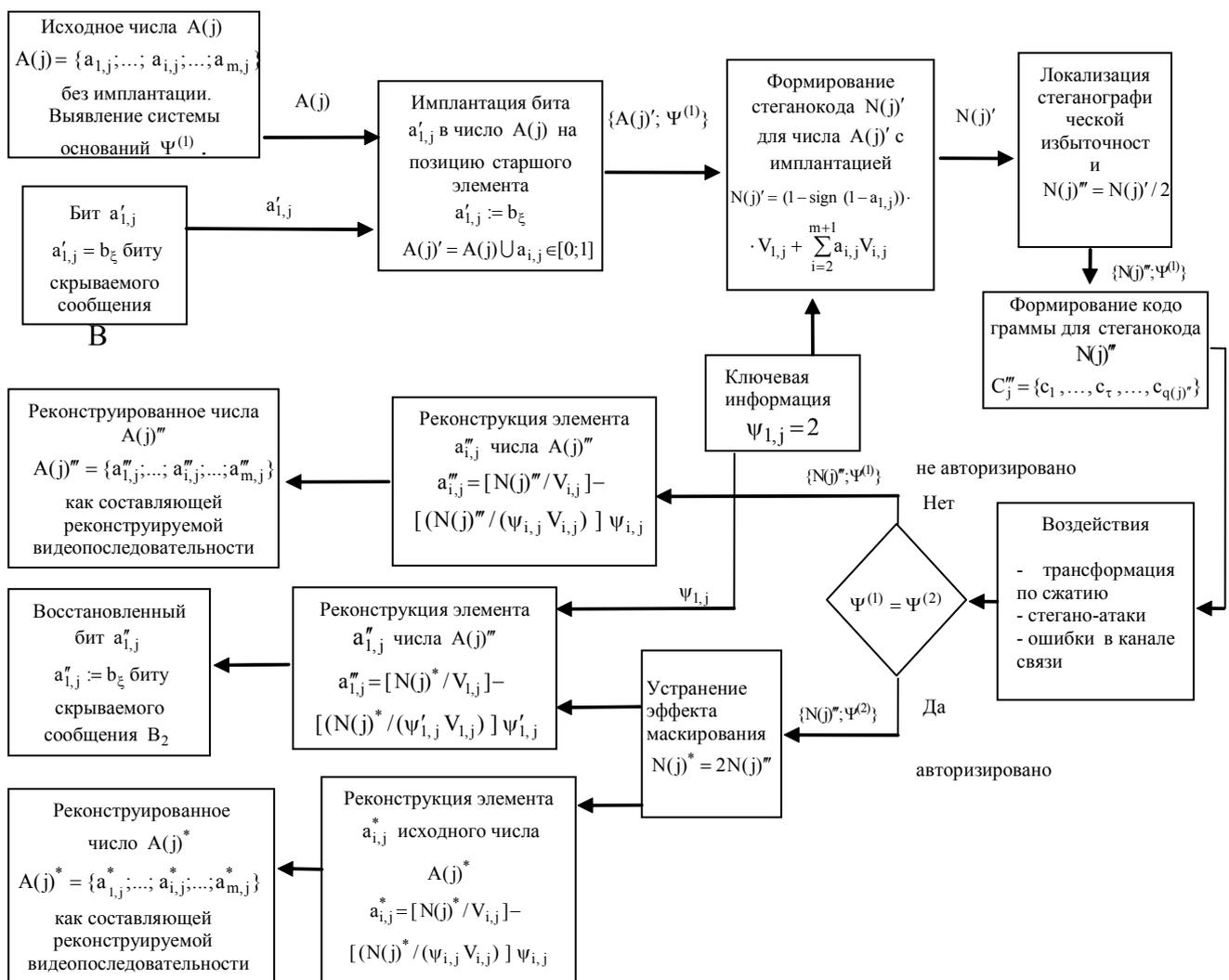


Рис. 1. Структурная схема стеганографической системы на основе имплантации скрываемого двоичного элемента на старшую позицию НПЧ с последующим кодированием и маскированием

а) позиция стеганокода в сжатом представлении изображения;

б) позиция встроенного элемента $a'_{1,j}$;

в) основание встроенного элемента.

В этом случае стеганографическое декодирование будет содержать следующие этапы:

1. Извлечение из кодограммы C_j''' скорректированного стеганокода $N(j)'''$. Такое извлечение осуществляется на основе системы оснований $\Psi^{(1)}$, которая содержится в служебной части стеганограммы.

2. Проведение демаскирования стеганокода (устранение эффекта маскирования).

Для этого к двоичному представлению стеганокода $N(j)'''$, извлеченного из кодограммы C_j''' , добавляется один бит (ноль). Значение восстановленного стеганокода $N(j)^*$ определяется по формуле:

$$N(j)^* = N(j)''' \cdot 2.$$

3. Восстановление встроенного элемента $a'_{1,j}$. Данный этап реализуется на основе информации о позиции стеганокода в сжатом изображении, о позиции встроенного элемента и его основания $\Psi'_{1,j} = 2$. Для этого используется следующая формула:

$$a''_{1,j} = [N(j)^* / V'_{1,j}] - [N(j)^* / (\Psi'_{1,j} V'_{1,j})] \Psi'_{1,j}.$$

Здесь $a''_{1,j}$ – значение изъятого бита встроенной информации, $b_\xi := a''_{1,j}$.

4. Восстановление остальных элементов $a_{i,j}^*$ исходной видеопоследовательности проводится на основе использования системы оснований $\Psi^{(1)}$. При этом применяется выражение:

$$a_{i,j}^* = [N(j)^* / V'_{i,j}] - [N(j)^* / (\Psi_{i,j} V'_{i,j})] \Psi_{i,j},$$

где $a_{i,j}^* - i$ -й элемент числа $A(j)^*$, как составляющей реконструируемой исходной j -й видеопоследовательности при авторизированном доступе.

Рассмотрим пример, когда в число $A(j) = (3; 5; 2; 6)$ с неравновесным базисом оснований $\Psi^{(1)} = (7, 6, 6, 8)$ имплантируется бит $a'_{1,j} = 1$ на позицию старшего элемента. Тогда число $A'(j)$ с имплантацией примет вид: $A(j)' = (1; 3; 5; 2; 6)$.

В таблице отображены промежуточные значения величин, которые использовались для получения результирующей кодограммы $C'_j = C(A(j)')$ стеганокода $N(j)'$ для числа $A(j)'$ с имплантированным элементом. Она определяется по формуле:

$$C'_j = \{2016\}_2 + \{864\}_2 + \{1240\}_2 + \{16\}_2 + \{6\}_2 = \{3142\}_2$$

Промежуточные значения величин, которые используются при получении кодограммы C'_j

i	$a_{i,j}$	$V_{i,j}$	$a_{i,j} V_{i,j}$	$C'_{i,j}$	$\lceil \log_2 a_{i,j} V_{i,j} \rceil + 1$	C'_j
1	1	2016	2016	111111 00000	11	3142
2	3	288	864	110110 0000	10	
3	5	48	240	111100 00	8	
4	2	8	16	10000	5	
5	6	1	6	110	3	

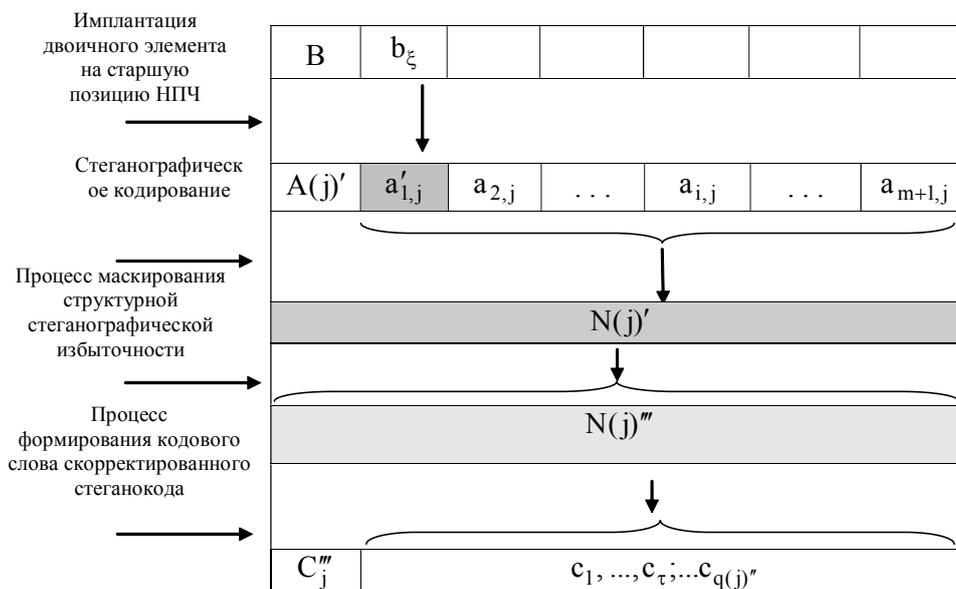


Рис. 2. Структурная схема построения кодограммы скорректированного стеганокода для числа $A'(j)$ с имплантацией

Первая строка таблицы содержит значения для встраиваемого элемента $a'_{1,j} = 1$. Значения для элементов числа $A(j)$ исходной видеопоследовательности содержатся в остальных строках таблицы.

Длина $q(j)'$ кодового представления стеганокода $N(j)'$ числа $A(j)'$ с имплантированным элементом $a'_{1,j} = 1$ определяется на основе следующего выражения:

$$q(j)' = [\log_2 \psi'_{1,j} \cdot \log_2 (\prod_{i=2}^{m+1} \psi_{i,j})] + 1 = 12 \text{ (бит)}.$$

Величина $R_{\text{стег}}$ стеганографической избыточности кодограммы стеганокода $N(j)'$ числа $A(j)'$ относительно кода-контейнера составляет:

$$R_{\text{стег}} = q(j)' - q(j) = 12 - 11 = 1 \text{ (бит)}.$$

Здесь локализация количества $R_{\text{стег}}$ стеганографической избыточности будет заключаться в приведении длины кодограммы C'_j стеганокода $N(j)'$ к значению $q(j)$. Для этого необходимо отбросить младший бит информационной части кодограммы C''_j . При этом длина $q(j)'$ будет отличаться от длины $q(j)$ на один бит. Поэтому необходимо провести локализацию структурной стеганографической избыточности.

Процесс локализации структурной стеганографической избыточности задается формулой:

$$N(j)''' = N(j)' / 2 = 3142 / 2 = 1571.$$

Здесь $N(j)'''$ – значение скорректированного стеганокода.

В результате локализации структурной стеганографической избыточности значения $N(j)'''$ и $N(j)$ будут различными, т.е. $N(j)''' = 1571 \neq N(j)' = 3142$.

Значение кодограммы C''_j после применения локализации будет иметь следующий вид:

$$C''_j = \{111100010011\}.$$

Рассмотрим процесс стеганографического декодирования с демаскированием стеганокода $N(j)'''$. Для этого к двоичному представлению стеганокода $N(j)'''$ добавляется бит (ноль). Значение демаскированного стеганокода $N(j)^*$ определяется по формуле:

$$N(j)^* = N(j)''' \cdot 2 = 1571 \cdot 2 = 3142.$$

Встроенный элемент $a''_{1,j}$ восстанавливается путем извлечения из кодограммы стеганокода $N(j)^*$. Здесь используется служебная информация, а именно сис-

тема оснований $\Psi^{(1)}$. Извлечение проводится по формуле:

$$a''_{1,j} = [N(j)^* / V'_{1,j}] - [N(j)^* / (\psi'_{1,j} V'_{1,j})] \psi'_{1,j} = \\ = [3142 / 2016] - [3142 / (2 \cdot 2016)] \cdot 2 = 1.$$

Отсюда можно заключить, что встроенный бит изымается в процессе реконструкции без ошибок, т.е.

$$a''_{1,j} = a'_{1,j}.$$

Восстановление остальных элементов, $i = \overline{2, m+1}$ для кода-контейнера осуществляется с помощью выражения:

$$a^*_{i,j} = [N(j)^* / V'_{i,j}] - [N(j)^* / (\psi_{i,j} V'_{i,j})] \psi_{i,j}.$$

Для $i = 2$ значение элемента $a^*_{i,j}$ будет равно:

$$a^*_{2,j} = [3142 / 288] - [3142 / (7 \cdot 288)] \cdot 7 = 3.$$

Для $i = 3$ значение элемента $a^*_{i,j}$ будет равно:

$$a^*_{3,j} = [3142 / 48] - [3142 / (6 \cdot 48)] \cdot 6 = 5.$$

Для $i = 4$ значение элемента $a^*_{i,j}$ будет равно:

$$a^*_{4,j} = [3142 / 8] - [3142 / (6 \cdot 8)] \cdot 6 = 2.$$

Для $i = 5$ значение элемента $a^*_{i,j}$ будет равно:

$$a^*_{i,j} = [3142 / 1] - [3142 / (8 \cdot 1)] \cdot 8 = 6.$$

В результате демаскирующего стеганографического декодирования значения элементов $i = \overline{2, m+1}$ реконструированного числа $A(j)^*$ восстановлены без ошибок.

4. Выводы

Разработана стеганографическая система на основе прямого и обратного функционального преобразования для НП числа с имплантированным элементом, обеспечивающая встраивание и изъятие скрываемой информации на основе соответственно структурного стеганографического кодирования и декодирования.

Разработано структурное стеганографическое кодирование с маскированием, базирующееся на следующих этапах:

- формирование неравновесного позиционного базиса для фрагмента изображения;
- структурное стеганографическое кодирование в неравновесном базисе оснований;
- маскирование структурной стеганографической избыточности путем ее локализации на основе коррекции длины стеганограммы.

Разработано демаскирующее стеганографическое декодирование для извлечения имплантированного на старшую позицию бита с одновременной реконструкцией элементов исходного НП числа. Механизм демаскирующего стеганографического декодирования предусматривает:

- 1) восстановление исходной длины для скорректированного в процессе маскирования стеганокода;
- 2) структурное стеганографическое декодирование, обеспечивающее восстановление неравновесного позиционного числа с имплантированным элементом;
- 3) изъятие элемента скрываемого сообщения со старшей позиции неравновесного позиционного числа.

Научная новизна. Впервые разработана стеганографическая система, реализующая стеганографическое кодирование с маскированием, и демаскирующее стеганографическое декодирование. В отличие от существующих систем разработанная система обеспечивает встраивание скрываемой информации в процессе НП кодирования с последующей локализацией стеганографической избыточности. При этом изъятие скрываемой информации и восстановление неравновесного позиционного числа проводится на основе реконструкции стеганокода по биполярному принципу с демаскированием стеганографической избыточности.

Литература: 1. Грибунин В. Г. Цифровая стеганография / В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев. М.: Солон-Пресс, 2002. 272 с. 2. Конахович Г. Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г. Ф. Конахович, А. Ю. Пузыренко. К.: МК-Пресс, 2006. 288 с. 3. Тарасов Д. О. Класифікація та аналіз безкоштовних програмних засобів стеганографії / Д. О. Тарасов, А. С. Мельник, М. М. Голобородько // Інформаційні системи та мережі: Вісник НУ "Львівська політехніка". №673. Львів, 2010. С. 365-374. 4. Соколов А. В. Защита от компьютерного терроризма. Справочное пособие / А. В. Соколов, О. М. Степанюк. СПб.: БВХ-Петрбург; Арлит, 2002. 496 с. 5. Баранник В. В. Технология неравновесного позиционного кодирования для функционального преобразования чисел со встроенной информацией / В. В. Баранник, Ю. Н. Рябуха, А. Э. Бекиров // Радиотехнические компьютерные системы. 2014. №4. С. 23-32.

Поступила в редколлегию 12.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В. М.

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации автоматизированных систем управления, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Бекиров Али Энверович, соискатель ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Ленина, 14.

Баранник Дмитрий Владимирович, студент первого курса факультета КИУ ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Ленина, 14.