

МОДЕЛИ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА ВСТРАИВАНИЯ ЦВЗ В ПОЛИГРАФИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

В.А. Митекин¹, А.В. Сергеев², В.А. Федосеев¹, Д.М. Богомолов²
¹Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия,
²ФГУП «НТЦ» Министерства обороны РФ, Москва, Россия

Аннотация

В статье построена модификация формальной модели стегосистемы, адаптированная для класса систем, предназначенных для встраивания ЦВЗ в полиграфическую продукцию. На основе данной модифицированной модели построен алгоритм встраивания и извлечения ЦВЗ, являющийся обобщением известных эвристических алгоритмов встраивания ЦВЗ в полиграфическую продукцию. Также проведено исследование ряда эвристических алгоритмов стеганографического встраивания с целью определения их ключевых параметров с точки зрения построенной формальной модели таких, как область встраивания, параметры ключа встраивания, тип декодера и т. д.

Введение и постановка задачи

Задача встраивания ЦВЗ в образцы полиграфической продукции является одним из актуальных практических применений методов цифровой стеганографии [1, 2]. Вместе с тем, стоит отметить, что формальные модели и требования к стегосистемам, предполагающие исключительно цифровую форму представления информации [3], не могут быть напрямую применены для случая встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия. Это обусловлено тем фактом, что результатом встраивания (а также исходными данными для извлечения ЦВЗ) в данном случае является материальный носитель с нанесенным на него изображением.

Целью данной работы является модификация стандартной модели стегосистемы с целью учета специфичных условий, присущих встраиванию ЦВЗ в полиграфическую продукцию, а также более корректное с формальной точки зрения описание известных эвристических алгоритмов встраивания в терминах построенной модели.

Модифицированная модель стеганографической системы

Стеганографическим встраиванием называется процесс встраивания информации в произвольный естественный контейнер (в частности в изображение), при котором сам факт наличия встроенной информации не может быть обнаружен.

Схема модифицированной стегосистемы, предназначенной для встраивания ЦВЗ в цифровые изображения представлена на рис 1.

Составными частями данной системы являются:

- *контейнер* – произвольная информационная последовательность заданного типа (изображение, текст, аудио), в которую встраивается *скрытая информация (ЦВЗ)*;
- *цифровой водяной знак (ЦВЗ, стего, скрытая информация)* – информационная последовательность, которая встраивается в контейнер;
- *необязательный ключ K* – ключ, используемый для встраивания и извлечения скрытой информации.

Использование ключа для встраивания ЦВЗ в изображение предполагает, что для извлечения ЦВЗ также необходим данный ключ. Стеганографический ключ является некоторым аналогом криптографического ключа, но не заменяет его (стегосистема может позволять использовать оба типа ключа одновременно);

- *стегограмма* – контейнер с встроенным в него ЦВЗ.

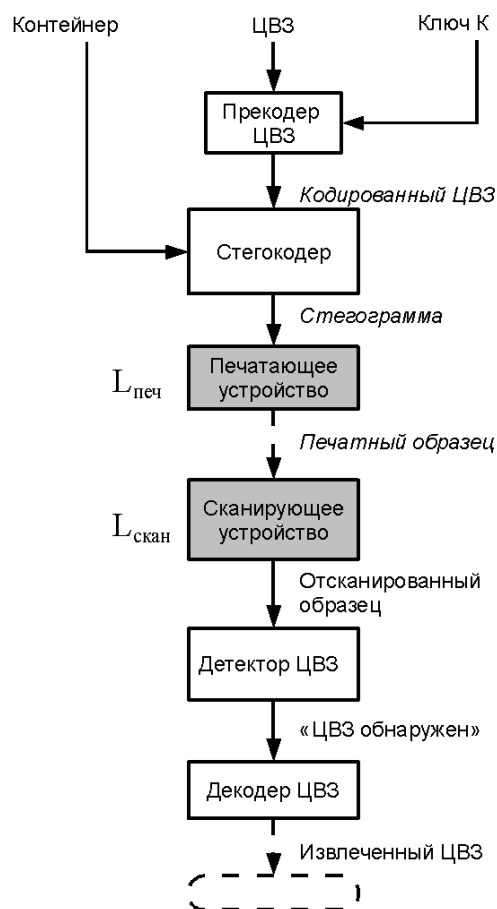


Рис. 1. Структурная схема системы стеганографического встраивания информации

Подсистема стеганографического встраивания информации состоит из следующих нижеперечисленных блоков:

- *прекодер ЦВЗ* – устройство, предназначенное для преобразования ЦВЗ к виду, пригодному для встраивания в сигнал-контейнер. Для повышения устойчивости ЦВЗ к вносимым искажениям в ряде случаев выполняют помехоустойчивое кодирование ЦВЗ;

- *стегакодер* – устройство, предназначенное для осуществления встраивания скрытого сообщения в другие данные с учетом свойств контейнера и кодированного ЦВЗ.

Подсистема извлечения встроенного сообщения (ЦВЗ) состоит из следующих блоков:

- *детектор* – устройство, предназначенное для определения наличия встроенного сообщения в контейнере. Возможны детекторы с жесткими («да»/«нет») или мягкими («с вероятностью P изображении находится ЦВЗ») решениями;

- *декодер* – устройство, извлекающее ЦВЗ из изображения-стегаграммы. Этот блок является обязательным.

Принципиальным отличием модифицированной системы от исходной [3] является наличие дополнительных блоков *печати* и *сканирования*, обладающих некоторым набором физических параметров. Далее рассмотрим, каким образом параметры и свойства данных блоков могут быть использованы при встраивании (стегакодер) и извлечении (стегадетектор и стегадекодер) ЦВЗ.

Пусть печатающее и сканирующее устройства обладают оптической разрешающей способностью, равной $L_{\text{печ}}$ и $L_{\text{скан}}$, соответственно, причем $L_{\text{скан}} > L_{\text{печ}}$. Известно [4], что зрительная система человека обладает конечной разрешающей способностью, т.е. существует некоторый линейный размер объекта $L_{\text{виз}}$, зависящий от условий наблюдения (контрастность, освещенность и т. д.), при котором объект визуально неразличим на однородном фоне. Исходя из данного факта, а также из предположения $L_{\text{виз}} < L_{\text{печ}}$, сформулируем общий принцип работы стегакодера (обобщенный алгоритм встраивания) модифицированной системы следующим образом:

1. Изображение-контейнер $I^{N_1 \times N_2}$ размером $N_1 \times N_2$ растровых точек, предназначенное для печати на устройстве с оптической разрешающей способностью $L_{\text{печ}}$, разбивается на непересекающиеся блоки размером $M \times M$, где $M = \frac{L_{\text{р}} \cdot \Delta z}{L_{\text{аэс}}}$ растровых точек. В случае если разрешающая способность печатающего устройства по горизонтальной (L_1) и вертикальной (L_2) осям различается, размер блока выбирается равным $M_1 \times M_2$ точек растра, где

$$M_1 = \frac{L_1}{L_{\text{аэс}}} \text{ и } M_2 = \frac{L_2}{L_{\text{аэс}}}.$$

В качестве визуально значимой информации принимается набор средних значений яркости \bar{I} , в каждом из полученных блоков образующий визуально значимое изображение $\bar{I}^{N_1' \times N_2'}$, где

$$N_1' = \frac{N_1}{M_1} \text{ и } N_2' = \frac{N_2}{M_2}.$$

В качестве визуально избыточной информации принимаются значения яркости отдельных точек растра в каждом из полученных блоков.

Встраивание ЦВЗ производится путем такого изменения яркости отдельных точек растра в блоке, при котором среднее значение яркости в данном блоке не изменяется. Конкретный способ кодирования ЦВЗ значениями яркости точек растра в блоке может быть выбран, исходя из требований к помехоустойчивости системы и физических особенностей устройств печати и сканирования.

Покажем, что наиболее распространенные из существующих эвристических алгоритмов стеганографического встраивания могут быть формализованы в рамках данной модифицированной модели, а также могут быть описаны как частный случай рассмотренного обобщенного алгоритма встраивания.

Для дальнейшего исследования из существующих эвристических алгоритмов встраивания были выбраны алгоритмы, удовлетворяющие следующим условиям:

1) Алгоритм предназначен для встраивания ЦВЗ с использованием стандартных средств печати и сканирования, т.е. не предполагает создание и использование специфичных для данного алгоритма аппаратных комплексов.

2) Встраивание ЦВЗ предполагает, что в дальнейшем он не может быть обнаружен *визуально*.

Ниже приведены результаты выбора алгоритмов, удовлетворяющих данным условиям, а также формализация данных алгоритмов средствами построенной модели стеганографической системы. Кроме того, для каждого из рассмотренных алгоритмов определены ключевые параметры стегосистемы – типы декодера и ключа, требования к ЦВЗ и изображению-контейнеру.

Алгоритмы стеганографического встраивания в полиграфические изделия

Алгоритм 1

Эвристический алгоритм встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия предложен в [5]. Изображение-контейнер $I^{N_1 \times N_2}$ разбивается на k непересекающихся фрагментов $I_k^{M_1 \times M_2}$, каждый из которых задается координатами левого верхнего угла (n_{1k}, n_{2k}) на исходном изображении I , и размерами (M_1, M_2) . В качестве ЦВЗ выступает полутоновое (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $W^{N_1 \times N_2}$, размеры которого в пикселах равны размерам изображения-контейнера

(в случае, если размеры ЦВЗ меньше размеров контейнера, ЦВЗ дополняется до нужных размеров значениями, соответствующими фону ЦВЗ). В зависимости от среднего значения яркости фрагмента ЦВЗ $\bar{W}(n_{1k}, n_{2k})$ (в случае бинарного ЦВЗ фону ЦВЗ соответствует среднее значения яркости 0, ЦВЗ – значение 255) фрагмент $O_k^{M_1 \times M_2}$ с координатами (n_{1k}, n_{2k}) вычисляется следующим образом:

$$O_k = \begin{cases} I_k + \alpha \cdot P_{\delta ii}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) < 128, \\ I_k + \alpha \cdot P_{\delta \Delta \zeta}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) \geq 128, \end{cases}$$

где $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – бинарные шаблоны, соответствующие фону ЦВЗ и самому ЦВЗ, а $\alpha \in [0; 1]$ – коэффициент усиления. Изображение $O^{N_1 \times N_2}$, полученное путем композиции фрагментов O_k в соответствии с координатами фрагментов, является изображением-контейнером со встроенным ЦВЗ.

Синтез бинарных шаблонов $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ производится с учетом следующих условий:

$$\begin{cases} \bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2} \approx \bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2} \\ DF(P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}) \neq DF(P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}) \end{cases}$$

где $\bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $\bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – средние значения яркости выбранных шаблонов, $DF(P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2})$ и $DF(P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2})$ – средние значения локального поля направлений /6/ для выбранных шаблонов.

Пример изображения-стегограммы с ЦВЗ, встроенным с помощью алгоритма 1, приведен на рис. 2.

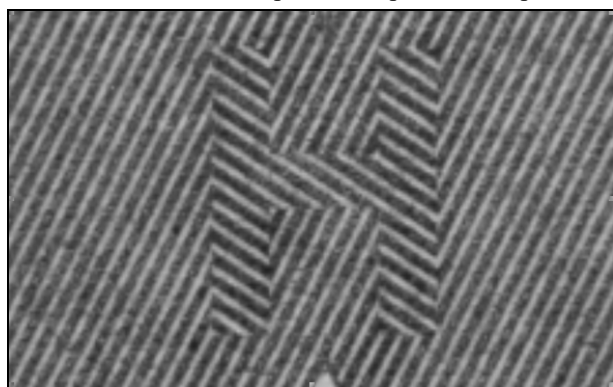


Рис. 2. Пример работы алгоритма встраивания 1 (фрагмент изображения-стегограммы при увеличении 1:10)

Алгоритм 2

Различные модификации данного алгоритма встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия предложены в [7, 8]. Изображение-контейнер $I^{N_1 \times N_2}$ разбивается на k непересекающихся фрагментов $I_k^{M_1 \times M_2}$, каждый из которых задается координатами

левого верхнего угла (n_{1k}, n_{2k}) на исходном изображении I и размерами (M_1, M_2) . В качестве ЦВЗ выступает полутонное (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $W^{N_1 \times N_2}$, размеры которого в пикселах равны размерам изображения-контейнера (в случае, если размеры ЦВЗ меньше размеров контейнера, ЦВЗ дополняется до нужных размеров значениями, соответствующими фону ЦВЗ). В зависимости от среднего значения яркости фрагмента ЦВЗ $\bar{W}(n_{1k}, n_{2k})$ (в случае бинарного ЦВЗ фону ЦВЗ соответствует среднее значения яркости 0, ЦВЗ – значение 255) фрагмент $O_k^{M_1 \times M_2}$ с координатами (n_{1k}, n_{2k}) вычисляется следующим образом:

$$O_k = \begin{cases} I_k + \alpha \cdot P_{\delta ii}, & \text{если } \bar{W}(u_{k1}, v_{k1}) < 128, \\ I_k + \alpha \cdot P_{\delta \Delta \zeta}, & \text{если } \bar{W}(u_{k1}, v_{k1}) \geq 128, \end{cases}$$

где $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – бинарные шаблоны, соответствующие фону ЦВЗ и ЦВЗ, а $\alpha \in [0; 1]$ – коэффициент усиления. Изображение $O^{N_1 \times N_2}$, полученное путем композиции фрагментов O_k в соответствии с координатами фрагментов, является изображением-контейнером со встроенным ЦВЗ.

Синтез бинарных шаблонов $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ производится с учетом следующих условий:

$$\begin{cases} \bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2} \approx \bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2} \\ P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2} \neq P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2} \end{cases}$$

где $\bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $\bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – средние значения яркости выбранных шаблонов.

Пример изображения-стегограммы с ЦВЗ, встроенным с помощью алгоритма 2, приведен на рис. 3.

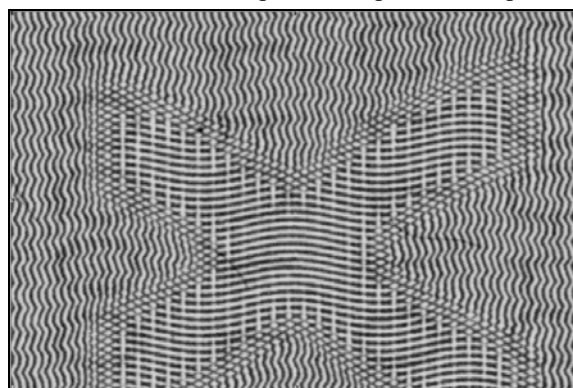


Рис. 3. Пример работы алгоритма встраивания 2 (фрагмент изображения-стегограммы при увеличении 1:10)

Алгоритм 3

Эвристический алгоритм встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия предложен в [9].

В качестве изображения-контейнера выступает полутоновое (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $I^{N_1 \times N_2}$. В качестве ЦВЗ выступает полутоновое (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $W^{N_1 \times N_2}$, размеры которого в пикселях равны размерам изображения контейнера (в случае, если размеры ЦВЗ меньше размеров контейнера, ЦВЗ дополняется до нужных размеров значениями, соответствующими фону ЦВЗ). На основе изображения-контейнера создается модифицированное изображение $I' = shift(I, T, \alpha)$, где $shift(I, T, \alpha)$ – операция циклического сдвига на T пикселей вдоль оси, задаваемой углом α с осью координат Ox . В зависимости от значения яркости пиксела ЦВЗ $W(n_1, n_2)$ (в случае бинарного ЦВЗ фону ЦВЗ соответствует среднее значения яркости 0, ЦВЗ – значение 255) каждый пиксел $O(n_1, n_2)$ изображения $O^{N_1 \times N_2}$ со встроенным ЦВЗ модифицируется следующим образом:

$$O(n_1, n_2) = \begin{cases} I'(n_1, n_2), & \text{если } W(n_1, n_2) > 128, \\ I(n_1, n_2), & \text{если } W(n_1, n_2) < 128. \end{cases}$$

Примечание. На параметры T, α накладывается дополнительное условие:

$$\begin{cases} T = \frac{1}{2} T_{\text{период}} \cdot \beta, \\ \alpha = \alpha_{\text{наклона}} \cdot \beta, \end{cases}$$

где $T_{\text{период}}$ и $\alpha_{\text{наклона}}$ – это параметры базовой структуры периодического изображения (см. п. 2.3.1 данного отчета), $\beta \in [0; 1]$ – коэффициент усиления ЦВЗ.

Стеганографическим ключом являются параметры $T_{\text{период}}$ и $\alpha_{\text{наклона}}$. Извлечение ЦВЗ производится путем умножения (либо, в случае бинарного изображения, логической операции «И») изображения-стегограммы на изображение-«решетку», синтезированное на основе известных параметров $T_{\text{период}}$ и $\alpha_{\text{наклона}}$.

Пример изображения-стегограммы с ЦВЗ, встроенным с помощью алгоритма 3, приведен на рис. 4



Рис. 4. Пример работы алгоритма встраивания 3 (фрагмент изображения-стегограммы при увеличении 1:10)

Алгоритм 4

Эвристический алгоритм встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия предложен в [9]. Изображение-контейнер $I^{N_1 \times N_2}$ разбивается на k непересекающихся фрагментов $I_k^{M_1 \times M_2}$, каждый из которых задается координатами левого верхнего угла (n_{1k}, n_{2k}) на исходном изображении I и размерами (M_1, M_2) . В качестве ЦВЗ выступает полутоновое (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $W^{N_1 \times N_2}$, размеры которого в пикселях равны размерам изображения контейнера (в случае, если размеры ЦВЗ меньше размеров контейнера, ЦВЗ дополняется до нужных размеров значениями, соответствующими фону ЦВЗ). В зависимости от среднего значения яркости фрагмента ЦВЗ $\bar{W}(n_{1k}, n_{2k})$ (в случае бинарного ЦВЗ фону ЦВЗ соответствует среднее значения яркости 0, ЦВЗ – значение 255) фрагмент $O_k^{M_1 \times M_2}$ с координатами (n_{1k}, n_{2k}) вычисляется следующим образом:

$$O_k = \begin{cases} I_k + \alpha \cdot P_{\text{диф}}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) < 128, \\ I_k + \alpha \cdot P_{\text{отл}}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) \geq 128, \end{cases}$$

где $P_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2}$ – бинарные шаблоны, соответствующие фону ЦВЗ и ЦВЗ, а $\alpha \in [0; 1]$ – коэффициент усиления. Изображение $O^{N_1 \times N_2}$, полученное путем композиции фрагментов O_k в соответствии с координатами фрагментов, является изображением-контейнером со встроенным ЦВЗ.

Синтез бинарных шаблонов $P_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2}$ производится с учетом следующих условий:

$$\begin{cases} \bar{P}_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2} \approx \bar{P}_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2}, \\ \text{Lin}(P_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2}) = \text{Lin}(P_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2}), \end{cases}$$

где $\bar{P}_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2}$ и $\bar{P}_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2}$ – средние значения яркости выбранных шаблонов, $\text{Lin}(P_{\text{диф}}^{M_1 \times M_2})$ и $\text{Lin}(P_{\text{отл}}^{M_1 \times M_2})$ – усредненный линейный размер точки растра на данном шаблоне. Пример шаблонов, синтезированных с учетом данных требований, приведен на рис. 5.

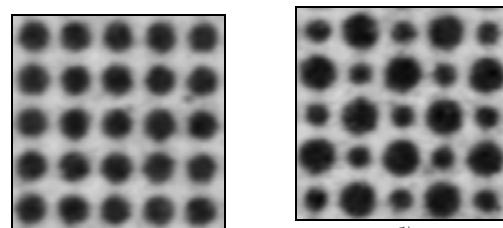


Рис. 5. Примеры шаблонов текстур, используемых для встраивания ЦВЗ алгоритмом 4

Пример изображения-стегограммы с ЦВЗ, встроенным с помощью алгоритма 4, приведен на рис. 6.

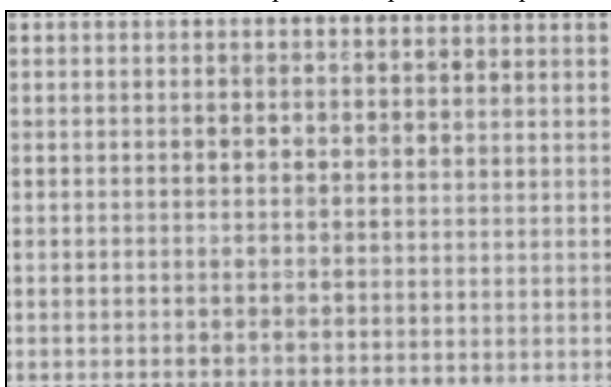


Рис. 6. Пример работы алгоритма встраивания 4 (фрагмент изображения-стегограммы при увеличении 1:10)

Алгоритм 5

Эвристический алгоритм встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия предложен в [10]. Изображение-контейнер $I^{N_1 \times N_2}$ разбивается на k непересекающихся фрагментов $I_k^{M_1 \times M_2}$, каждый из которых задается координатами левого верхнего угла (n_{1k}, n_{2k}) на исходном изображении I и размерами (M_1, M_2) . В качестве ЦВЗ выступает полутоновое (с диапазоном значения яркости [0..255]) или бинарное изображение $W^{N_1 \times N_2}$, размеры которого в пикселях равны размерам изображения-контейнера (в случае, если размеры ЦВЗ меньше размеров контейнера, ЦВЗ дополняется до нужных размеров значениями, соответствующими фону ЦВЗ). В зависимости от среднего значения яркости фрагмента ЦВЗ $\bar{W}(n_{1k}, n_{2k})$ (в случае бинарного ЦВЗ фону ЦВЗ соответствует среднее значения яркости 0, ЦВЗ – значение 255) фрагмент $O_k^{M_1 \times M_2}$ с координатами (n_{1k}, n_{2k}) вычисляется следующим образом:

$$O_k = \begin{cases} I_k + \alpha \cdot P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) < 128, \\ I_k + \alpha \cdot P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}, & \text{если } \bar{W}(n_{1k}, n_{2k}) \geq 128, \end{cases}$$

где $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – бинарные шаблоны, соответствующие фону ЦВЗ и ЦВЗ, а $\alpha \in [0; 1]$ – коэффициент усиления. Изображение $O_k^{N_1 \times N_2}$, полученное путем композиции фрагментов O_k в соответствии с координатами фрагментов, является изображением-контейнером со встроенным ЦВЗ.

Синтез бинарных шаблонов $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ производится с учетом следующих условий:

$$\begin{cases} \bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2} \approx \bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}, \\ \text{Lin}(P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}) \neq \text{Lin}(P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}), \end{cases}$$

где $\bar{P}_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $\bar{P}_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$ – средние значения яркости выбранных шаблонов, $\text{Lin}(P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2})$ и $\text{Lin}(P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2})$ – усредненный линейный размер точки растра на данном шаблоне.

Пример изображения-стегограммы с ЦВЗ, встроенным с помощью алгоритма 5, приведен на рис. 7.

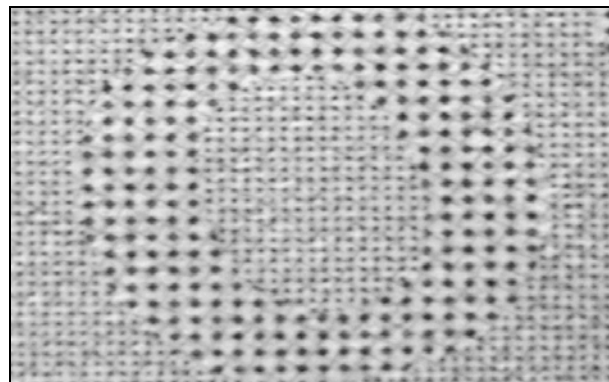


Рис. 7. Пример работы алгоритма встраивания 5 (фрагмент изображения-стегограммы при увеличении 1:10)

Во всех рассмотренных алгоритмах (за исключением алгоритма 3) стеганографическим ключом является набор шаблонов $\{P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}, P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}\}$. Извлечение ЦВЗ производится путем нахождения корреляционного поля для каждого из известных шаблонов $P_{\delta ii}^{M_1 \times M_2}$ и $P_{\delta \Delta \zeta}^{M_1 \times M_2}$.

Заключение

Представленные в работе модель стегосистемы и обобщенный алгоритм встраивания позволили формализовать известные эвристические алгоритмы, а также определить ключевые параметры соответствующей им стегосистемы – типы декодера и ключа, требования к ЦВЗ и изображению-контейнеру. Кроме того, важным преимуществом предложенной модели является возможность использования известных методов анализа стеганографических систем для дальнейшего исследования свойств существующих эвристических алгоритмов (таких как безопасность, устойчивость, пропускная способность и т. д.).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке
 - РФФИ (грант № 07-07-97610-р_офи);
 - российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» («BRNE», CRDF Project RUX0-014-SA-06);
 - в рамках программы фундаментальных научных исследований ОИТВС РАН «Новые физические и структурные решения в инфотелекоммуникациях» (проект «Разработка новых методов и алгоритмов кодирования изображений в инфотелекоммуникационных системах реального времени»).

Литература

1. **Anan, T., Kuraki, K., Nakagata, S.** Watermarking Technologies for Security-Enhanced Printed Documents // Magazine FUJITSU (vol. 58, No.3), Abstracts of Research and Development special issue, 2007.
2. **Masahiko, S., Masayuki** a watermark embedding and extracting method for printed documents // Transactions of the institute of electronics, information and communication engineers, 2004. - no.6. - Pp.778-786
3. Грибунин, В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография // - М.: Солон-Пресс, 2002.
4. **Roorda, A.** Human Visual System - Image Formation // Vol. 1 of The Encyclopedia of Imaging Science and Technology, John Wiley & Sons:New York,2002, pp 539-557
5. Watermarked image generator and method of embedding watermarks into an input image - US Patent 7,006,256
6. Методы компьютерной обработки изображений // Под ред. В. А. Сойфера. – М.: Физматлит,2001.
7. Digital watermarking system for making a digital watermark with few colors of input image - US Patent 6,268,866
8. Halftone patterns for trusted printing - US Patent 5,946,103
9. Anti-counterfeiting method and apparatus using digital screening - US Patent 6,104,812
10. Protected document bearing watermark and method of making - US Patent 4,210,346

MODELS OF STEGANOGRAPHIC SYSTEM AND GENERALIZED DIGITAL WATERMARKING ALGORITHM FOR PRINTED PRODUCTS

V.A. Mitekin¹, A.V. Sergeev², V.A. Fedoseev¹, D.M. Bogomolov²

¹Image Processing Systems Institute of the RAS, Samara, Russia,

²Federal State Unitary Enterprise "Research and Development Center" of the RF Ministry of Defence, Moscow, Russia

Abstract:

The paper presents a modified formal model of a stegosystem, being adapted for a class of systems designed for embedding the digital watermarks (DWM) in printed products. Based on this modified model, the DWM embedding and extraction algorithm has been constructed, which is an integration of known heuristic DWM embedding algorithms in printed products. Besides, a study of a number of heuristic steganographic embedding algorithms has been undertaken to determine their key parameters in terms of the constructed formal model such as the region of embedding, embedding key parameters, a decoder type, etc.

Keywords: model of a stegosystem, digital watermarks, embedding algorithms, heuristic steganographic algorithm

Citation: Mitekin VA, Sergeev AV, Fedoseev VA, Bogomolov DM. Models of steganographic system and generalized digital watermarking algorithm for printed products [In Russian]. Computer Optics 2007; 31(4): 95-100.

Acknowledgement: The work was supported by:

- the Russian Foundation for Basic Research – RFBR (grant No. 07-07-97610-r_ofi);
- the Russian-American Basic Research and Higher Education Program – BRHE (CRDF Project RUX0-014-SA-06);
- under the Fundamental Scientific Research Program of the Department of Nanotechnologies and Information Technologies of the RAS "New physical and architectural solutions in information telecommunications" (the project "Development of new image-encoding methods and algorithms in on-line information telecommunication systems").

References:

- [1] Anan T, Kuraki K, Nakagata S. Watermarking Technologies for Security-Enhanced Printed Documents. // Journal FUJITSU. Abstracts of Research and Development special issue 2007; 58(3).
- [2] Masahiko S. Masayuki a watermark embedding and extracting method for printed documents. Transactions of the institute of electronics, information and communication engineers 2004; 6: 778-786.
- [3] Gribunin VG, Okov IN, Turintsev IV. Digital steganography [In Russian]. Moscow: Solon-Press, 2002.
- [4] Roorda, A. Human Visual System - Image Formation. The Encyclopedia of Imaging Science and Technology. John Wiley & Sons:New York, 2002; 1: 539-557.
- [5] Watermarked image generator and method of embedding watermarks into an input image. US Patent 7,006,256.
- [6] Soifer VA, ed. Methods of Computer Optics [In Russian]. Moscow: "Fizmatlit" Publisher, 2001.
- [7] Digital watermarking system for making a digital watermark with few colors of input image. US Patent 6,268,866.
- [8] Halftone patterns for trusted printing. US Patent 5,946,103.
- [9] Anti-counterfeiting method and apparatus using digital screening. US Patent 6,104,812.
- [10] Protected document bearing watermark and method of making. US Patent 4,210,346.