



УДК 621.397

О СУБПОЛОСНОМ ВНЕДРЕНИИ В ЦВЕТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ¹

Е.Г. ЖИЛЯКОВ
А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ
Е.В. БОЛГОВА
В.А. ГОЛОЩАПОВА

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет*

e-mail:
chernomorets@bsu.edu.ru

В работе исследован метод субполосного внедрения данных в различные цветовые компоненты изображения-контейнера в цветовом пространстве RGB.

Ключевые слова: субполосное внедрение, изображение, цветовая компонента, подобласть пространственных частот, погрешность восстановления

Защита передаваемой информации в настоящее время является важной задачей в процессе передачи сведений в информационно-телекоммуникационных системах. Для обеспечения такой защиты совместно с методами криптографии широко используются методы стеганографического внедрения информации, которые обеспечивают скрытие самого факта наличия защищаемых данных. Скрытое внедрение сведений в изображения основывается на психовизуальной избыточности графической информации, что позволяет осуществлять ее изменение без существенной потери визуального качества [1-2].

Авторами в работе [3] был разработан метод субполосного внедрения, обеспечивающий скрытое внедрение данных, например, ЦВЗ, в изображения-контейнеры «в оттенках серого», учитывая их свойства в отдельных подобластях пространственных частот (ПЧ).

В настоящее время передача изображений осуществляется в основном в цветном виде. Известно, что для восприятия цветных изображений достаточно иметь возможность регистрировать три основных цвета, например, красный, зеленый и синий. Высокореалистичные цветные изображения в цифровой форме получаются с помощью устройств смешения основных цветов [4].

В системе RGB цвета определяются как результат смешения красного, зеленого и синего цветов (3 цветовые компоненты). Типичными примерами использования системы RGB могут служить цветной монитор и цветной телевизор.

Интерес представляет исследование метода субполосного внедрения данных в отдельные цветовые компоненты цветных изображений, а также исследование погрешности внедрения и восстановления изображений, представленных в виде различных цветовых компонент.

Метод субполосного внедрения [3] основан на добавлении к стегоконтейнеру произведения матрицы, содержащей внедряемое изображение, и матрицы собственных векторов, соответствующих единичным собственным числам специальным образом вычисляемых субполосных матриц [5], что обеспечивает внедрение информации в отдельную подобласть пространственных частот контейнера.

В методе субполосного внедрения изображение-контейнер описывается матрицей $W_0 = (w_{ik})$, $i=1,2,\dots,N_1$, $k=1,2,\dots,N_2$, значения элементов которой совпадают со значениями яркостей соответствующих пикселей. Подобласть пространственных частот Ω , в которую осуществляется внедрение, представляется в следующем виде:

$$\Omega: \{(u, v) | (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [\beta_1, \beta_2]) \cup (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [\beta_1, \beta_2])\}, \quad (1)$$

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-07-01570а и при поддержке Государственного задания НИУ «БелГУ» (код проекта № 358)



где $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 \leq \pi$.

Элементы субполосных матриц $A=(a_{i_1 i_2})$ и $B=(b_{k_1 k_2})$, размерности $N_1 \times N_1$ и $N_2 \times N_2$, соответствующих заданной подобласти пространственных частот Ω , определяются на основании следующих выражений:

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \sin(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases} \quad b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\beta_2(k_1 - k_2)) - \sin(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (2)$$

В работе [6] было показано, что для внедрения некоторого изображения $Y=(y_{mn})$, $m=1,2,\dots,J_A$, $n=1,2,\dots,J_B$, в подобласть пространственных частот Ω изображения-контейнера W_0 следует выполнить следующее преобразование

$$W = W_0 - W_\Omega + k_0 W_Y,$$

где W_Ω – результат фильтрации изображения W_0 в подобласти ПЧ Ω ,

$$W_\Omega = A W_0 B,$$

k_0 – некоторый коэффициент, согласующий доли энергии частотных компонент W_Ω и W_Y ,

$$k_0 = K_{общ} \frac{E(W_\Omega)}{E(W_Y)}, \quad (3)$$

- $K_{общ}$ – общий коэффициент внедрения (коэффициент, обеспечивающий равномерность изменения энергии внедряемого изображения в различных ППЧ),

- $E(W_Y)$ – энергия изображения, преобразованного для внедрения в выбранную подобласть ПЧ,

$$E(W_Y) = \text{tr}(W_Y W_Y^T),$$

- $E(W_\Omega)$ – часть энергии контейнера в выбранной ППЧ [,

$$E(W_\Omega) = \text{tr}(W_\Omega W_\Omega^T),$$

W_Y – результат преобразования внедряемого изображения Y , обеспечивающего внедрение информации в заданную подобласть ПЧ,

$$W_Y = Q_{J_A} Y Q_{J_B}^T, \quad (4)$$

Q_{J_A} и Q_{J_B} – матрицы, столбцы которых являются собственными векторами \tilde{q}_i^A , $i=1,2,\dots,J_A$, и \tilde{q}_k^B , $k=1,2,\dots,J_B$, соответствующими J_A и J_B единичным собственным числам заданных субполосных матриц A и B .

Для восстановления изображения Y , внедренного в подобласть ПЧ Ω контейнера W , следует выполнить следующее преобразование [3],

$$Y = Q_{J_A}^T W Q_{J_B}. \quad (5)$$

В ходе вычислительных экспериментов для определения погрешности представления результатов преобразований были вычислены среднеквадратические отклонения MSE представления одного изображения (матрицы) $\tilde{W}=(\tilde{w}_{ik})$, $i=1,2,\dots,N_1$, $i=1,2,\dots,N_2$, относительно другого изображения (матрицы) $W=(w_{ik})$ той же размерности,

$$MSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} (w_{ik} - \tilde{w}_{ik})^2 / \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} w_{ik}^2}. \quad (6)$$

Вычислительные эксперименты. Целью проведения вычислительных экспериментов является определение в какую цветовую компоненту изображения-контейнера необходимо скрыто внедрить информацию, чтобы обеспечить наименьшее среднеквадратическое отклонение (СКО) при внедрении и извлечении (восстановлении) данных.



В качестве исходных изображений-контейнеров использованы разнотипные изображения размерностью 512x512 пикселей, представленные на рисунке 1.



а



б



в

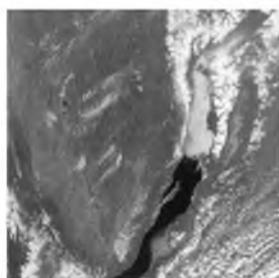


г

Рис. 1. Исходные изображения-контейнеры

Каждое исходное изображение-контейнер, представленное в цветовой модели RGB, было разбито на 3 цветовые компоненты. Поочередно в каждое изображение-контейнер был внедрен фрагмент изображения, размерностью 256x256, приведенный на рисунке 2а. Затем изображение было восстановлено.

Примеры изображений, содержащих данные, внедренные в различные цветовые компоненты, показаны на рисунке 2б, 2в и 2г.



а



б



в

г

Рис. 2.

а – внедряемое изображение, б – изображение после внедрения в цветовую компоненту В, в – изображение после внедрения в цветовую компоненту G, г – изображение после внедрения в цветовую компоненту R

В таблице приведены результаты вычислительных экспериментов, на основе которых проводилась оценка СКО в различных изображениях.

Таблица

Оценка СКО в различных изображениях

		СКО контейнера с внедренной информацией	Общее СКО	Среднее СКО
Контейнер				
1	Blue	0.063249	0.0023259	0.0018981
2	Green	0.068811	0.0021656	0.0017664
3	Red	0.070949	0.0021072	0.0017132
Контейнер				
1	Blue	0.057084	0.002834	0.0023069
2	Green	0.057068	0.0028368	0.0023165
3	Red	0.057033	0.002852	0.0023273
Контейнер				
1	Blue	0.05085	0.0028433	0.0023193
2	Green	0.049166	0.0028649	0.0023358
3	Red	0.042381	0.0032367	0.0026217
Контейнер				
1	Blue	0.029986	0.0026782	0.0022072
2	Green	0.03275	0.00262	0.0021661
3	Red	0.030964	0.0027493	0.0022716

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что однозначно определить, в какую цветовую компоненту необходимо внедрять данные для обеспечения минимальной погрешности при внедрении и восстановлении невозможно. Это обусловлено тем, что количество неинформационных подобластей одного и того же изображения в разных цветовых компонентах может быть различным.

Таким образом, при внедрении данных в цветные изображения необходимо анализировать цветовую компоненту каждого отдельного изображения, а затем выбирать цветовую компоненту для внедрения, которой соответствует наименьшее среднеквадратическое отклонение по сравнению с исходным.

Литература

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 265 с.
2. Конахович, Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 288 с.



3. Жилияков Е.Г. Исследование устойчивости стеганографии в изображениях / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Н.Н. Гахова // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2014. – № 1 (172). – Вып. 29/1. – С. 168-174.

4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.

5. Жилияков, Е.Г. Реализация алгоритма внедрения изображений на основе использования неинформационных частотных интервалов изображения-контейнера / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, В.А. Голощапова // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2011. – Вып. 1. – С. 96-104.

6. Черноморец, А.А. Метод разбиения частотных субинтервалов на классы в задачах частотного анализа изображений [Текст] / А.А. Черноморец // Информационные системы и технологии. – № 4 (66). – 2011. – С. 31-38.

ABOUT SUBBAND EMBEDDING IN COLORED IMAGES

E.G. ZHILYAKOV

A.A. CHERNOMORETS

E.V. BOLGOVA

V.A. GOLOSHCHAPOVA

*Belgorod State National
Research University*

e-mail:

chernomorets@bsu.edu.ru

The method subband data embedding into different colored components of the image container in the color space RGB is investigated in this paper.

Keywords: subband embedding, image, color component, subdomain of spatial frequencies, recovery error.