

Алексей С. Гераськин, София Ю. Стрельникова, Максим П. Завенягин
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского
ул. Астраханская, 83, г. Саратов, 410012, Россия
e-mail: gerascinas@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3118-1022>
e-mail: sofia_strelnikova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7200-0577>
e-mail: maximzombi@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8749-487X>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА
МЕТОДА КОЧА ДЛЯ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ
В ИЗОБРАЖЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2018.4.08>

Аннотация. В современном информационном обществе проблема контроля использования прав собственности на цифровые информационные ресурсы становится все более актуальной. Одним из наиболее эффективных способов решения этой проблемы является использование цифровых водяных знаков – цифровых меток, не видимых без специального программного обеспечения и секретного ключа. Цифровой водяной знак – технология, созданная для защиты авторских прав на мультимедийные файлы. Это может быть текст или логотип, однозначно идентифицирующий автора файла. Цифровые водяные знаки применяются в кодировании и декодировании акустической информации, в технологиях поиска и определения незаконных копий аудиоматериалов. В данной работе проводилось исследование алгоритмов встраивания цифровых водяных знаков именно в изображения. На практике чаще остальных для встраивания цифровых водяных знаков в изображения используют алгоритмы, основанные на дискретном косинусном преобразовании. В статье приводится исследование, которое позволяет заключить, что метод Коча (Koch) является наиболее эффективным для защиты авторских прав путем внедрения цифрового водяного знака в изображение. Проводится анализ недостатков метода. Вследствие двукратного применения дискретного косинусного преобразования к изображению при внедрении и извлечении цифрового водяного знака, а также применения обратного дискретного косинусного преобразования для возврата к целочисленным матрицам пикселей после внедрения соотношение коэффициентов частотной матрицы может нарушиться, а это недопустимо, так как от этого напрямую зависит результат работы алгоритма. Во избежание возникновения данной проблемы во время встраивания бита цифрового водяного знака предлагается проводить корректировку значений коэффициентов частотной матрицы. Приводится алгоритм реализации метода Коча и обосновывается его модернизация для встраивания цифровых водяных знаков. Описывается способ и алгоритм обратного преобразования. Приводятся результаты исследования на предмет зависимости значения коэффициента силы встраивания ϵ от яркости изображения-контейнера и размера встраиваемого цифрового водяного знака.

Ключевые слова: цифровой водяной знак, дискретное косинусное преобразование, метод Коча.

Для цитирования: ГЕРАСЬКИН, Алексей С.; СТРЕЛЬНИКОВА, София Ю.; ЗАВЕНЯГИН, Максим П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА МЕТОДА КОЧА ДЛЯ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯ. *Безопасность информационных технологий*, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 86-94, 2018. ISSN 2074-7136. Доступно на: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1166>>. Дата доступа: 22 nov. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/bit.2018.4.08>.

Aleksey S. Geraskin, Sofiiia Yu. Strelnikova, Maxim P. Zavenyagin
Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky
ul. Astrahanskaja, 83, g. Saratov, 410012, Russia
e-mail: gerascinas@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3118-1022>
e-mail: sofia_strelnikova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7200-0577>
e-mail: maximzombi@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8749-487X>

Research of possibility of improvement of realization of algorithm of method of koch for embedding of digital watermarks in images

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2018.4.08>

Abstract. In a modern information society the problem of the control of use of the property rights to digital information resources becomes more and more actual. One of the most effective ways of the

decision of this problem is use of digital watermarks - digital labels, not visible without the special software and a confidential key. A digital watermark - the technology created for protection of copyrights to multimedia files. It can be the text or a logo unequivocally identifying the author of a file. Digital watermarks are applied in coding and decoding of the acoustic information, in technologies of search and definition of illegal copies of audio materials. In the given work research of algorithms of embedding of digital watermarks in images was conducted. In practice more often the others for embedding of digital watermarks in images are used by the algorithms based on discrete cosine transformation. In article research which allows to conclude is resulted that the method of Koch is the most effective for protection of copyrights by introduction digital watermarks in the image. The analysis of lacks of a method is carried out. Owing to double application discrete cosine transformation to the image at introduction and extraction digital watermarks, and also applications of the return discrete cosine transformation for return to integer matrixes of pixels after introduction the parity of factors of a frequency matrix can be broken, and it is inadmissible, as the result of work of algorithm directly depends on it. Avoid occurrence of the given problem during embedding of bit digital watermarks it is offered to spend correction of values of factors of a frequency matrix. The algorithm of realization of a method of Koch is resulted and its modernization for embedding of digital watermarks is proved. The way and algorithm of return transformation is described. Results of research about dependence of value of factor of force of embedding ε from brightness of the image-container and built in digital watermark are resulted the size.

Keywords: digital watermark, discrete cosine transformation, a method of Koch.

For citation: GERASKIN, Aleksey S.; STRELNIKOVA, Sofia Yu.; ZAVENYAGIN, Maxim P. Research of possibility of improvement of realization of algorithm of method of koch for embedding of digital watermarks in images. IT Security (Russia), [S.l.], v. 25, n. 4, p. 86-94, 2018. ISSN 2074-7136. Available at: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1166>>. Date accessed: 22 nov. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/bit.2018.4.08>.

Введение

В современном информационном обществе проблема контроля использования прав собственности на цифровые ресурсы становится все более актуальной, поскольку использование цифровых форматов мультимедиа стало повсеместным. Одним из наиболее эффективных способов решения этой проблемы является использование методов стеганографии, т.е. встраивания в мультимедийные данные так называемых цифровых водяных знаков (ЦВЗ) – цифровых меток, не видимых без специального программного обеспечения и секретного ключа. Цифровой водяной знак – технология, созданная для защиты авторских прав на мультимедийные файлы. Это может быть текст или логотип, однозначно идентифицирующий автора файла [1].

ЦВЗ применяется в кодировании, декодировании акустической информации, в уникализации и индивидуализации звуковых треков, в технологиях поиска и определения незаконных копий аудиоматериалов. В данной работе проводилось исследование алгоритмов встраивания цифровых водяных знаков в изображения. На практике чаще остальных используются алгоритмы встраивания ЦВЗ в изображения, основанные на тех же видах преобразований, что и алгоритмы сжатия.

Существует множество различных методов встраивания ЦВЗ в изображение, таких как:

- метод замены наименее значащего бита (LSB (Last Significant Bit) [2];
- метод случайного интервала [3];
- метод псевдослучайной перестановки (выбора) [4];
- метод блочного скрытия [5];
- методы встраивания в коэффициенты дискретного косинусного преобразования (ДКП) [6].

Следует отметить, что методы встраивания ЦВЗ, которые осуществляют изменение изображения, подчиняются Гауссовому закону распределения [7, 8]. Такие преобразования обнаружить достаточно сложно, так как в изображении присутствует множество независимых источников Гауссового шума с различными амплитудами, отделение которых затрудняется с увеличением количества изменений. К данной группе относятся методы, использующие дискретное косинусное преобразование [9].

ДКП используется в алгоритмах сжатия формата JPEG, а вейвлет-преобразование в алгоритмах сжатия формата JPEG 2000, который является улучшенной версией формата JPEG. Но так как формат JPEG является более распространенным, то и алгоритмы встраивания ЦВЗ, основанные на ДКП, на практике применяются чаще [10].

Методы встраивания в коэффициенты ДКП

Встраивание данных в коэффициенты дискретного косинусного преобразования (ДКП, англ. Discrete Cosine Transform (DCT)) – одно из ортогональных преобразований. Это преобразование тесно связано с дискретным преобразованием Фурье. Дискретное косинусное преобразование применяется в алгоритмах сжатия с потерями. В результате применения ДКП к файлу, например формата JPEG, производится сокращение избыточной информации, за счет чего и происходит сжатие [11].

Белобоковой Ю.С. был проведен анализ методов встраивания, основанных на дискретном косинусном преобразовании по критериям: тип ДКП (поблочное или всего изображения), тип ЦВЗ, допустимого для внедрения (последовательность бит или бинарное изображение), схема извлечения ЦВЗ (слепая или с использованием исходного изображения), использование детектора или декодера при поиске/извлечении ЦВЗ в изображении [6].

Согласно данным, представленным в данном исследовании, можно сделать вывод о том, что метод Коча (Koch) является наиболее эффективным для защиты авторских прав путем внедрения ЦВЗ в изображение, так как он единственный сочетает в себе все следующие свойства:

- производится поблочное (8×8 пикселей) ДКП изображения, как и в алгоритмах сжатия JPEG, причем внедрение производится во все блоки, а не только в пригодные, как в алгоритме Бенхама (Benham) [12]. То есть можно внедрить ЦВЗ размером $\frac{3}{64}$ от размера изображения контейнера (в случае внедрения по биту в матрицы частот для R (red), G (green) и B (blue));
- возможность внедрения как битовой последовательности, так и бинарного изображения;
- слепая схема извлечения ЦВЗ (без исходного изображения), что делает обнаружение ЦВЗ практически невозможным;
- использование декодера при поиске ЦВЗ в изображении, то есть можно не просто сказать, что в данном изображении присутствует ЦВЗ, но и извлечь его [2].

Метод Коча (Koch)

Данный метод подразумевает встраивание бита ЦВЗ в блоки размером 8×8 пикселей. По определению ДКП для его реализации требуется два вложенных цикла. Значительно более эффективный вариант вычисления коэффициентов ДКП реализуется через перемножение матриц. Тогда для каждого блока производится дискретное косинусное преобразование по формуле:

$$DCT(i, j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{n}}, & i = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{n}} * \cos\left(\frac{(2j+1)i\pi}{2n}\right), & i > 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $DCT(i, j)$ – значения элементов матрицы частотных коэффициентов, n – количество столбцов/строк матрицы пикселей, (i, j) – позиция текущего элемента матрицы пикселей [13].

Для этого пиксели каждого блока можно раскладывать на компоненты R (red – красный), G (green – зеленый) и B (blue – синий), после чего матрица каждой из этих компонент умножается справа на транспонированную матрицу ДКП, а затем полученное значение умножается слева на матрицу ДКП. В итоге для каждого блока 8×8 пикселей

исходного изображения получают три матрицы частотных коэффициентов, в каждую из которых можно встроить один бит ЦВЗ [6].

Затем в матрице частотных коэффициентов псевдослучайно выбираются два коэффициента. Для передачи бита «0» разность абсолютных значений коэффициентов частотной матрицы должна быть больше некоторой положительной величины, а для передачи «1» меньше:

$$\begin{cases} |c_b(j_{i,1}, k_{i,1})| - |c_b(j_{i,2}, k_{i,2})| > \varepsilon, & \text{if } s_i = 0, \\ |c_b(j_{i,1}, k_{i,1})| - |c_b(j_{i,2}, k_{i,2})| < -\varepsilon, & \text{if } s_i = 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $c_b(j, k)$ – значения коэффициентов, b – номер блока, (j, k) – позиция коэффициента внутри блока, s_i – встраиваемый бит ЦВЗ. Для простоты можно обозначить коэффициенты $c_b(j, k)$ за $K1$ и $K2$. Позиции коэффициентов $K1$ и $K2$ одинаковы для всех частотных матриц и сохраняются для последующего изъятия ЦВЗ [14].

Встраивание производится в область средних частот. Схему внедрения можно увидеть на рис. 1.

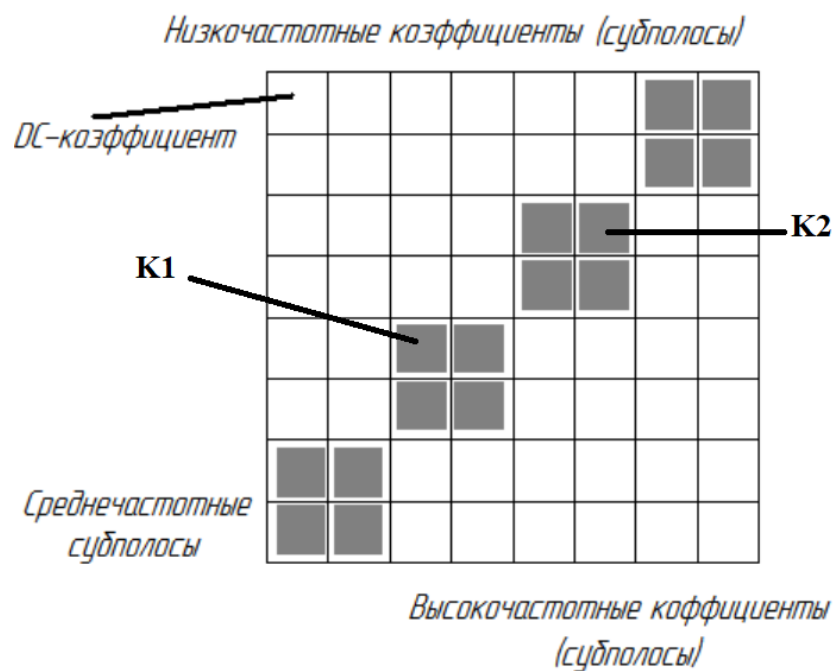


Рис. 1. Схема внедрения бита ЦВЗ в блок 8×8
 (Fig. 1. The scheme of introduction of bit of a digital watermark in the block 8×8)

Как уже было сказано ранее, для внедрения нулевого бита ЦВЗ разность модулей коэффициентов частотной матрицы должна быть больше некоторой константы ε , а для внедрения единицы – меньше $-\varepsilon$. Очевидно, что после встраивания бита ЦВЗ произойдет визуальное изменение изображения-контейнера. При чем чем больше значение ε , тем более заметным будет это изменение. В работе Земцова А.Н. «Робастный метод цифровой стеганографии на основе дискретного косинусного преобразования» описано влияние данного метода встраивания на искажение изображения-контейнера. В этой работе был сделан вывод о том, что для того, чтобы искажение изображения было наименее заметным, значение константы ε должно быть ≤ 5 [15].

После внедрения ЦВЗ для возврата к целочисленным матрицам пикселей применяется обратное дискретное косинусное преобразование посредством умножения матриц частотных коэффициентов справа на матрицу ДКП, а затем умножения полученных результатов слева на транспонированную матрицу ДКП. Далее производится переход от матриц интенсивностей R, G, B к матрице пикселей.

Для изъятия ЦВЗ к матрицам компонент пикселей (R, G, B) каждого блока изображения повторно применяется прямое ДКП, после чего выявляемый бит равен

«0», если $|K1'| > |K2'|$, а «1», если $|K1'| < |K2'|$ (позиции $K1$ и $K2$ известны), то есть функция изъятия является обратной к функции внедрения [2].

Модификация алгоритма

В алгоритме Коча (Koch) существует проблема. Вследствие двукратного применения ДКП к изображению при внедрении и извлечении ЦВЗ, а также применения обратного ДКП для возврата к целочисленным матрицам пикселей после внедрения соотношение коэффициентов частотной матрицы может нарушиться, а это недопустимо, так как от этого напрямую зависит результат работы алгоритма. Во избежание возникновения данной проблемы во время встраивания бита ЦВЗ необходимо производить принудительную корректировку значений коэффициентов частотной матрицы. Следует заметить, что такая модификация, согласно проведенному исследованию, не влечет за собой визуальных изменений изображения. Модифицированный алгоритм метода Коча (Koch) может быть представлен следующим образом:

- 1) изображение разбивается на блоки 8×8 пикселей;
- 2) в каждом блоке значения пикселей раскладываются на составляющие R, G и B, результат разложения записывается в три матрицы;
- 3) создается матрица ДКП тоже размером 8×8 , элементы которой получаются по формуле (1);

4) к матрицам интенсивностей каждого из цветов R, G и B применяется прямое ДКП посредством их умножения справа на транспонированную матрицу ДКП, а затем умножения полученных матриц слева на саму матрицу ДКП. На выходе получается по три матрицы частотных коэффициентов для каждого блока 8×8 пикселей исходного изображения. В каждую из них можно встроить по биту ЦВЗ;

5) начинается проход по матрицам частотных коэффициентов в области средних частот в поисках позиций коэффициентов $K1$ и $K2$ по горизонтали и вертикали и коэффициента силы встраивания ε , при которых внедренный и изъятый ЦВЗ совпадут. Значение коэффициента ε перебирается от 0 до 5 с шагом 0,1. Интервал значений ε от 0 до 5 был принят как пригодный для наименьшего искажения изображения вследствие встраивания. Алгоритм поиска прерывается, как только найдется первая такая пятерка, следовательно, внедрение будет произведено при минимальном возможном значении ε . Как только позиции коэффициентов $K1$ и $K2$ по горизонтали и вертикали и значение ε подобраны, производится внедрение ЦВЗ по формуле:

$$\begin{aligned}
 & \text{if } (s_i = 1) \\
 & \quad \text{if } (|K1| - |K2| < \varepsilon) \\
 & \quad \quad \text{if } (K1 \geq 0) \\
 & \quad \quad \quad K1' = |K2| + \varepsilon, \\
 & \quad \quad \text{else} \\
 & \quad \quad \quad K1' = -|K2| - \varepsilon; \\
 & \text{if } (s_i = 0) \\
 & \quad \text{if } (|K2| - |K1| < \varepsilon) \\
 & \quad \quad \text{if } (K2 \geq 0) \\
 & \quad \quad \quad K2' = |K1| + \varepsilon, \\
 & \quad \quad \text{else} \\
 & \quad \quad \quad K2' = -|K1| - \varepsilon, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где s_i – встраиваемый бит ЦВЗ.

В данном случае формула, предложенная Кочем (Koch), видоизменена, и добавлена модификация значений коэффициентов частотной матрицы $K1$ и $K2$ посредством прибавления или вычитания значения коэффициента силы встраивания ε . При этом смысл, вложенный автором, остается прежним, а соотношение коэффициентов $K1$ и $K2$

остается верным, несмотря на возможность изменения их значений вследствие применения обратного ДКП, а затем повторного применения прямого ДКП для изъятия ЦВЗ. При этом визуально такое изменение заметно не будет. Найденные позиции коэффициентов $K1$ и $K2$ сохраняются для последующего извлечения ЦВЗ;

6) после внедрения ЦВЗ для возврата к целочисленным матрицам пикселей применяется обратное преобразование посредством умножения матриц частотных коэффициентов справа на матрицу ДКП, а затем умножения полученных матриц слева на транспонированную матрицу ДКП;

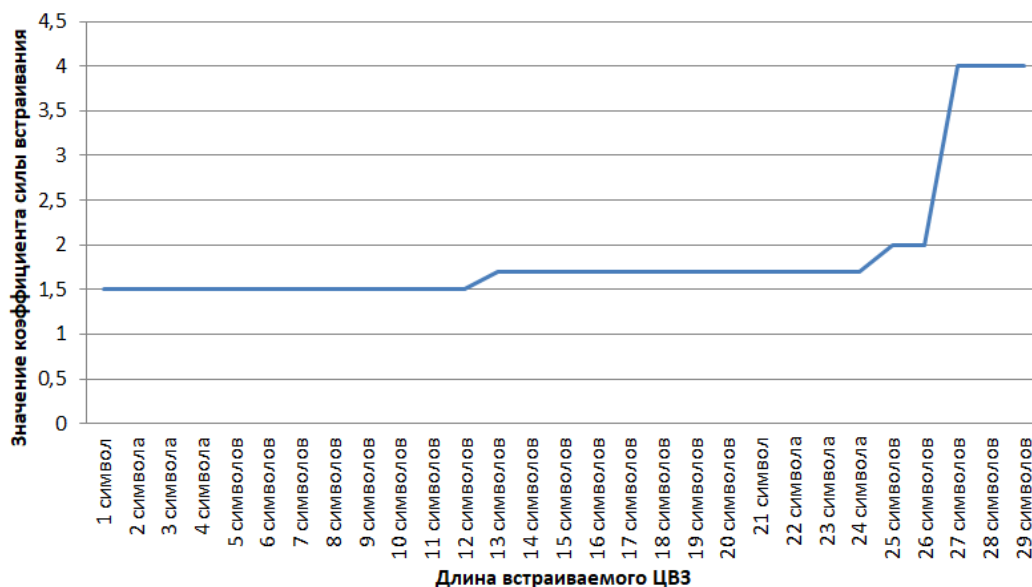
7) для изъятия ЦВЗ изображение повторно разбивается на блоки 8×8 пикселей, пиксели раскладываются на компоненты R, G и B, к матрицам R, G и B применяется прямое ДКП, после чего выявляемый бит равен единице, если $|K1'| > |K2'|$, и нулю в противном случае (позиции коэффициентов $K1'$ и $K2'$ известны).

Проведено исследование описанного метода на предмет зависимости значения коэффициента силы встраивания ϵ от яркости изображения-контейнера и размера встраиваемого ЦВЗ. Результаты этого исследования представлены в табл. 1 и 2.

*Таблица 1. Исследование модифицированного алгоритма метода Коча (Koch) на предмет зависимости значения коэффициента силы встраивания ϵ от размера встраиваемого ЦВЗ
 (Table 1. Research of the modified algorithm of a method of Koch about dependence of value of factor of force of embedding ϵ on the size of a built in digital watermark)*

Длина ЦВЗ	Значение ϵ
1 – 12 символов	1.5
13 – 24 символов	1.7
25, 26 символов	2
27 – 29 символов	4

Результаты, представленные в табл. 1, можно изобразить в виде графика зависимости величины коэффициента силы встраивания ϵ от размера ЦВЗ, как показано на рис. 2.



*Рис. 2. График зависимости величины коэффициента силы встраивания ϵ от размера ЦВЗ
 (Fig. 2. The schedule of dependence of size of factor of force of embedding ϵ from the size of a digital watermark)*

Таблица 2. Исследование модифицированного алгоритма метода Коча (Koch) на предмет зависимости значения коэффициента силы встраивания ε от яркости изображения-контейнера
 Table 2. Research of the modified algorithm of a method of Koch about dependence of value of factor of force of embedding ε on brightness of the image-container

Длина ЦВЗ	Значение яркости изображения (из 255)	Значение ε
1 – 12 символов	40	2
1 – 12 символов	50	1.9
1 – 12 символов	60 – 70	1.9
1 – 12 символов	80 – 90	1.8
1 – 12 символов	100 – 120	2.1
1 – 12 символов	130	1.8
1 – 12 символов	140	1.4
1 – 12 символов	150	0.9
1 – 12 символов	160 – 210	0.5
1 – 12 символов	220	0.4
1 – 12 символов	230	0.1
1 – 12 символов	240	0

Результаты, представленные в табл. 2, можно изобразить в виде графика зависимости величины коэффициента силы встраивания ε от яркости изображения, как показано на рис. 3.

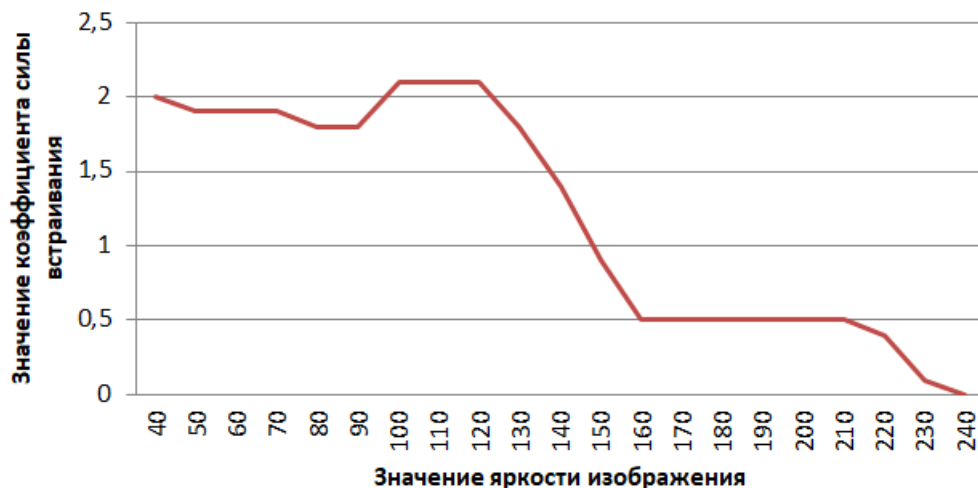


Рис. 3. График зависимости величины коэффициента силы встраивания ε от яркости изображения

(Fig. 3. The schedule of dependence of size of factor of force of embedding ε from brightness of the image)

Заключение

На основании вышеизложенного материала можно сделать вывод о том, что метод Коча (Koch) является наиболее подходящим для встраивания ЦВЗ, в частности в изображения, так как он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами. Единственной проблемой данного метода было то, что вследствие двукратного применения ДКП к изображению при внедрении и извлечении ЦВЗ, а также применения обратного ДКП для возврата к целочисленным матрицам пикселей после внедрения соотношение коэффициентов частотной матрицы может нарушиться, а это недопустимо,

так как от этого напрямую зависит результат работы алгоритма. Во избежание возникновения данной проблемы алгоритм был модифицирован посредством принудительной корректировки значений коэффициентов частотной матрицы во время встраивания бита ЦВЗ. В ходе исследования был сделан вывод о том, что значение коэффициента силы встраивания ϵ прямо пропорционально длине встраиваемого текста и обратно пропорционально яркости изображения, в чем можно убедиться, ознакомившись с графиками на рис. 1 и 2. Причем, если в первом случае функция зависимости коэффициента силы встраивания от размера ЦВЗ явно возрастает, то в случае изменения яркости изображения могут происходить скачки значений коэффициента силы встраивания вверх, после чего снова наблюдается тенденция к снижению. Наряду с этим удалось установить, что при изображении размером 120 бит на 120 бит максимальная длина текста, который представляется возможным встроить, соответствует 29 символам. Параллельно был сделан вывод о том, что границы значения яркости изображения, пригодного для встраивания, соответствуют отрезку [40; 240]. Для изображений, яркость которых более 240 или менее 40, подбор коэффициента силы встраивания ϵ является сложной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сагайдак Д.А., Файзуллин Р.Т. Способ формирования цифрового водяного знака для физических и электронных документов//Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 1. С. 94 – 104.
2. Bender W., Gruhl D., Morimoto N. Techniques for Data Hiding. Proc. SPIE. – 1995. – Vol. 2420. – P. 40.
3. Moller, S. Computer Based Steganography: How It Works And Why Therefore Any Restriction On Cryptography Are Nonsense, At Best / S. Moller, A. Pfitzmann, I. Stirand // Information Hiding: First International Workshop «InfoHiding'96», Springer as Lecture Notes in Computing Science. – 1996. – Vol.1174. – P.7 - 21.
4. Aura, T. Practical Invisibility In Digital Communication / T. Aura // Information Hiding: First International Workshop «InfoHiding'96», Springer as Lecture Notes in Computing Science – 1996. – Vol.1174. – P. 265 - 278.
5. Хорошко, В.О. Основы компьютерной стеганографии: уч. пособие для студентов и аспирантов / В.О. Хорошко, О.Д. Азаров, М.Э. Шелест. – Винница: ВНТУ, 2003. – С. 143.
6. Белобокова, Ю. А. Модели и алгоритмы защитной маркировки для обеспечения аутентичности и целостности растровых изображений: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белобокова, Ю. А. URL: <http://mgup.ru/public/files/4596.pdf> (дата обращения: 29.05.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
7. Bloom J., Alonso R., Smart Search Steganalysisю. Proc. SPIE – 2003. Vol. – 5020. P. 167.
8. Fridrich J., Goljan. M. Practical Steganalysis of Digital Images State of the Art. Proc. SPIE – 2002. – Vol. 4675. – P.13.
9. Harmsena, J., Pearlmana W. Steganalysis of additive noise modelable information hiding. Proc. SPIE – 2003. – Vol. 5020. – P. 131 - 142.
10. Колобова, Алена К. Разработка алгоритмов внедрения и извлечения цифрового водяного знака, устойчивого к сжатию JPEG. Безопасность информационных технологий, [S.l.], v. 22, n. 1, may. 2015. ISSN 2074-7136. Доступно на: <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/198>. Дата доступа: 10 oct. 2018.
11. Иваненко, Виталий Г.; Ушаков, Никита В. Защита изображений формата jpeg при помощи цифровых водяных знаков. Безопасность информационных технологий, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 106 - 113, may 2018. ISSN 2074 - 7136. Доступно на: <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1117>. Дата доступа: 10 oct. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/BIT.2018.2.09>.
12. Pereira, S., Joseph, J., Deguillaume F. Template Based Recovery of FourierBased Watermarks Using Log-Polar and Log-Log Maps. IEEE Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems, 1999, P. 5 – 15.
13. Koch, E., Zhao, J. Towards robust and hidden image copyright labeling, Proceedings of the IEEE International Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, P. 452-455, 1995.
14. Волосатова Т.М., Чичварин Н.В. Исследование и разработка алгоритма защиты проектной документации в CAD/CAM/CAE от несанкционированного доступа. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 2. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1201.html> (дата обращения: 21.10.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
15. Земцов, А.Н. Робастный метод цифровой стеганографии на основе дискретного косинусного преобразования / Земцов, А.Н. Изд-во: ВолГТУ, 2011. URL: <https://viviophica.com/articles/apsciences/441379> (дата обращения: 29.05.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.

REFERENCES:

- [1] Sagaidak D.A., Fayzullin R. T. Way of formation of a digital watermark for physical and electronic documents. Computer optics. 2014. Vol. 38. № 1. P. 94 - 104.
- [2] Bender W., Gruhl D., Morimoto N. Techniques for Data Hiding. Proc. SPIE. – 1995. – Vol. 2420. – P. 40.
- [3] Moller, S. Computer Based Steganography: How It Works And Why Therefore Any Restriction On Cryptography Are Nonsense, At Best S. Moller, A. Pfitzmann, I. Stirand Information Hiding: First International Workshop «InfoHiding'96», Springer as Lecture Notes in Computing Science. – 1996. – Vol. 1174. – P.7 - 21.
- [4] Aura, T. Practical Invisibility In Digital Communication T. Aura. Information Hiding: First International Workshop «InfoHiding'96», Springer as Lecture Notes in Computing Scienceю – 1996. – Vol. 1174. – P. 265 - 278.
- [5] Khoroshko, V.O. Basics of computer steganography: the manual for students and post-graduate students. V. O. Khoroshko, O.D. Azarov, M.E. Shelest. – Vinnitsa: VNTU, 2003. – P. 143.
- [6] Belobokova, J. A. Models and algorithms of protective marks for maintenance of authenticity and integrity of raster images [the Electronic resource]: thesis for the degree of candidate of technical Sciences [the Electronic resource] Belobokova, J.A. URL: <http://mgup.ru/public/files/4596.pdf> (date of recourse: 29.05.2018). The title from the screen. (in Russian).
- [7] Bloom J., Alonso R., Smart Search Steganalysisю. Proc. SPIE – 2003. Vol. – 5020. P. 167.
- [8] Fridrich J., Goljan. M. Practical Steganalysis of Digital Images State of the Art. Proc. SPIE – 2002. – Vol. 4675. – P.13.
- [9] Harmsena, J., Pearlmana W. Steganalysis of additive noise modeable information hiding. Proc. SPIE – 2003. – Vol. 5020. – P.131 - 142.
- [10] Kolobova, Alena K. The Development of Algorithms of Embedding and Extraction of Resistant to JPEG Compression Digital Watermark. IT Security (Russia), [S.I.], v. 22, n. 1, mar. 2015. ISSN 2074-7136. Available at: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/198>>. Date accessed: 10 oct. 2018.
- [11] Ivanenko, Vitaliy G.; Ushakov, Nikita V.. JPEG digital watermarking for copyright protection. IT Security (Russia), [S.I.], v. 25, n. 2, p. 106 - 113, may 2018. ISSN 2074-7136. Available at: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1117>>. Date accessed: 10 oct. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/BIT.2018.2.09>.
- [12] Pereira, S., Joseph, J., Deguillaume F. Template Based Recovery of FourierBased Watermarks Using Log-Polar and Log-Log Maps. IEEE Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems, 1999, P. 5 – 15.
- [13] Koch, E., Zhao, J. Towards robust and hidden image copyright labeling, Proceedings of the IEEE International Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, P. 452 - 455, 1995.
- [14] Volosatova T.M., Chichvarin N.V. Research and working out of algorithm of protection of the design documentation in CAD/CAM/CAE from unapproved access. Engineering magazine: a science and innovations, 2014, Release 2. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1201.html> (date of recourse: 21.10.2018). The title from the screen. (in Russian).
- [15] Zemtsov, A.N. The robust digital steganography method based on discrete cosine transformation Zemtsov, A.N. Publishing house: ВолгГТУ, 2011. URL: <https://vivliophica.com/articles/apsciences/441379> (date of recourse: 29.05.2018). The title from the screen. (in Russian).

*Поступила в редакцию - 16 октября 2018 г. Окончательный вариант – 07 ноября 2018 г.
Received – October 16, 2018. The final version – November 07, 2018.*