

УДК 004.056.5

**ВСТРАИВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В  
ИЗОБРАЖЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

студент 4 курса, 5КБ группы Коробкин А. И.

*Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.*

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Можно выделить две причины популярности исследований в области стеганографии в настоящее время: ограничение на использование крипто средств в ряде стран мира и появление проблемы защиты прав собственности на информацию, представленную в цифровом виде [1]. Первая причина повлекла за собой большое количество исследований в духе классической стеганографии (то есть скрытия факта передачи информации), вторая – еще более многочисленные работы в области так называемых водяных знаков.

Примерно 90% информации человек получает с помощью зрения и 9% с помощью слуха [1]. Поэтому, наиболее интересны методы защиты визуальной информации, в частности изображений.

Цифровой водяной знак (ЦВЗ) – специальная метка, незаметно внедряемая в изображение или другой сигнал с целью тем или иным образом контролировать его использование [3].

После рассмотрения алгоритмов, встраивающих водяные знаки в области ДКП, в качестве основы для разрабатываемой методики был выбран алгоритм Коха и Жао, имеющий ряд преимуществ, подходящих для решения поставленных задач [4]. К ним относятся:

- поблочное дискретное косинусное преобразование растрового изображения;
- нетребовательность к выбору вида водяных знаков (можно использовать как двумерное монохромное изображение, так и битовую последовательность);
- поиск бит внедренной информации по слепой схеме.

Для обеспечения робастности ЦВЗ, необходимо разместить в изображении множество копий встраиваемой информации. Для этого прекодер рассчитывает максимальное количество бит  $N_{bmax}$ , которое можно встроить в контейнер, по формуле 1.

$$N_{bmax} = \left\lfloor \frac{h}{8} \right\rfloor \cdot \left\lfloor \frac{w}{8} \right\rfloor \quad (1)$$

где

$h$  – высота изображения в пикселях;

$w$  – ширина изображения в пикселях;

$[x]$  – целая часть  $x$ .

Далее прекодер переводит строку из текстового представления в массив бит и рассчитывает длину сообщения в битах  $N_b$ . И повторяет его  $n$  раз, рассчитанное по формуле 2 для полного заполнения контейнера.

$$n = \left\lceil \frac{N_{bmax}}{N_b} \right\rceil \quad (2)$$

Полученную последовательность прекодер передает кодеру.

Восстановление встроенного сообщения происходит следующим образом.

Декодер должен знать исходную длину сообщения в битах  $N_b$ .

Декодер получает биты из изображения. Полученное количество бит  $N_{pl}$  кратно  $N_b$ , т. е. содержит  $N_{pl}/N_b = n$  повторений встроенного ЦВЗ. Декодер разбивает последовательность из  $N_{pl}$  бит на  $n$  последовательностей по  $N_b$  бит.

Выделенные биты могли быть изменены вследствие сжатия, или преднамеренной атаки, поэтому из  $n$  копий ЦВЗ декодер пытается восстановить исходное ЦВЗ следующим образом. Из выделенных  $n$  копий декодер формирует матрицу  $B$  с  $n$  строками и  $N_b$  столбцами, где в строках записаны повторения ЦВЗ. Тогда  $i$ -тый бит восстановленного ЦВЗ определяется как самый частый бит в  $i$ -том столбце матрицы повторений ЦВЗ т. е. по формуле 3.

$$b_i = \left\lceil \frac{\sum_{k=1}^n B_{k,i}}{n} \right\rceil \quad (3)$$

Где  $[x]$  – округление  $x$  к ближайшему целому.

Далее декодер восстанавливает текстовое сообщение из битовой последовательности. Извлеченное сообщение сравнивается с изначальным ЦВЗ. Если они полностью совпадают, выносится решение об обнаружении ЦВЗ.

Для объективной оценки искажающего воздействия встраивания ЦВЗ используется отношение уровня сигнала исходного изображения к уровню шума (PSNR).

Зависимость PNSR оригинального изображения и изображения со встроенным ЦВЗ от коэффициента силы встраивания показан на рисунке 1.

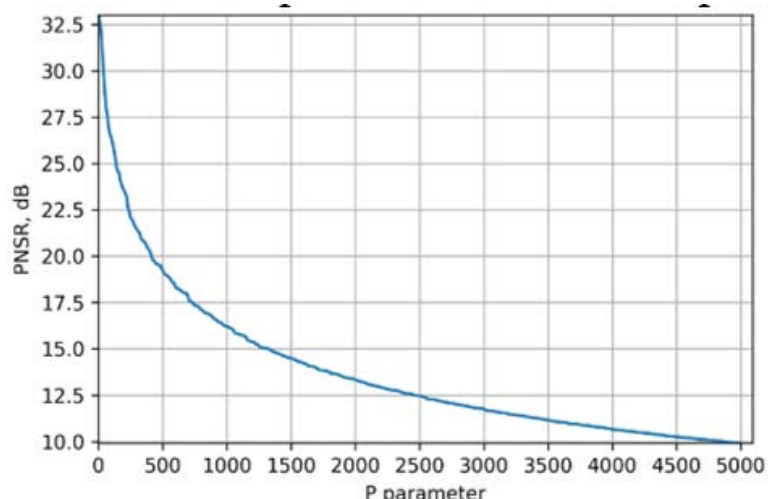


Рис 1. PSNR для оригинала и изображения со встроенным ЦВЗ с заданным коэффициентом силы

По рисунку 1 можно заметить, что с увеличением параметра  $P$  скорость падения PSNR уменьшается.

Как видно из рисунка 2, при встраивании на изображении появляются искажения в виде чередующихся желтых и синих прямоугольников, выраженность которых увеличиваются с увеличением параметра силы встраивания.

Чтобы лучше рассмотреть искажения выделим синий канал изображения, результат показан на рисунке 3.



Рис. 2. Сравнение изображений с различной силой встраивания

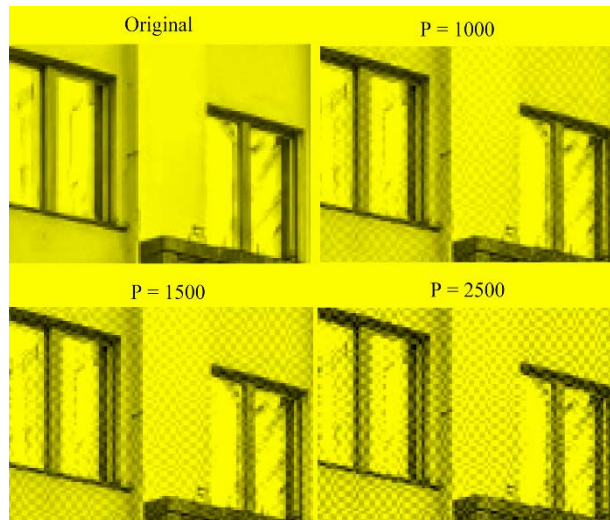


Рис. 3. Синий канал рисунка

Исследуем насколько сильное сжатие JPEG может выдержать ЦВЗ с коэффициентом силы встраивания  $P$ . Результат исследования представлен на рисунке 4.

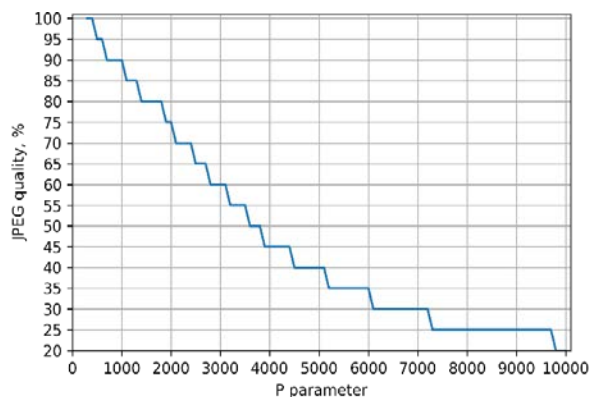


Рис. 4. Зависимость минимального качества JPEG сжатия, которое может выдержать ЦВЗ от коэффициента силы встраивания  $P$ .

При значениях  $P < 300$ , ЦВЗ не было возможно обнаружить даже в сжатых изображениях с качеством 100%. Поскольку, JPEG даже с качеством 100% производит сжатие с потерями информации [2].

Для обнаружения ЦВЗ из контейнера, сжатого с качеством 90%, нужно использовать параметр  $P$  не меньше 700. Пример контейнера со встроенным ЦВЗ с  $P = 700$  и сжатого с качеством 90% показан на рисунке 5. Искажения не заметны даже в однотонных областях.



Рис. 5. Встраивание в контейнер, сжатый с качеством 90%

Для обнаружения ЦВЗ из контейнера, сжатого с качеством 80%, нужно использовать параметр  $P$  не меньше 1500. Сравнение изображения, с встроенным ЦВЗ с  $P = 1500$  и сжатое в JPEG с качеством 80% представлено на рисунке 6.



Рис. 6. Встраивание в изображение, с  $P = 1500$ , сжатое в JPEG с качеством 80%

На рисунке 6 отчетливо видны искажения в модифицированном контейнере в виде серых прямоугольников. Таким образом незаметно встроить ЦВЗ, которое выдержит сжатие с качеством 80% разработанным методом не выйдет.

На практике при сжатии JPEG в основном используется параметр качества в диапазоне от 75% до 100% [2], что дает хорошее качество с хорошим сжатием. Разработанным методом не удалось незаметно встроить ЦВЗ, которое выдержит сжатие 80%, что говорит о недостаточной устойчивости метода для использования на практике.

Возможные способы улучшения устойчивости к сжатию:

**Использование помехоустойчивого кодирования** в комбинации с множественным встраиванием. С помощью помехоустойчивого кодирования можно отбросить поврежденную последовательность бит или

исправить ошибку, тогда для извлечения будет достаточно меньшей силы встраивания  $P$ , что также повысит незаметность.

**Выбор блоков для встраивания.** Встраивание наиболее заметно на монотонных участках, следовательно, можно их пропускать. В менее монотонные блоки можно незаметно встроить с большей силой встраивания  $P$ .

### *Литература*

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография: учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 264 с.
2. Какой выбрать уровень сжатия JPEG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spp-photo.ru/2015/12/11/kakoj-vybrat-uroven-szhatiya-jpeg-v-photoshop-i-lightroom/>. – Дата доступа: 18.12.2021.
3. Коробкин, А. И. Требования к цифровым водяным знакам для защиты цифровых изображений / А. И. Коробкин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы Шестой междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. / Ин-т приклад. физ. проблем Белорус. гос. ун-та ; редкол.: В. И. Попечиц [и др.]. – Минск, 2021. – с. 131–133.
4. Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 123-132.