

Об оценке вносимых искажений методом маркирования в низкочастотной области вейвлет-спектра изображения

А.Н. Земцов, И.М. Аль-Макреби

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Рассматриваются вопросы оценки вносимых методом маркирования изображений цифровыми водяными знаками в низкочастотной области вейвлет-спектра. Приводятся результаты оценки искажений на основе меры пикового отношения уровня сигнала к уровню шума. Обосновано применение рассматриваемого метода маркирования для использования совместно с современными методами и форматами сжатия на основе вейвлет-преобразования.

Ключевые слова: защита информации, стеганография, скрывание данных, вейвлет-преобразование, кратномасштабный анализ, водяной знак, PSNR.

В последние годы в России наметился переход от традиционного документооборота к электронной форме представления документов, что позволило повысить производительность коммерческих предприятий и государственных учреждений [1,2]. Принятие ряда законов, касающихся обеспечения защищенного хранения и передачи электронных документов и речевых сообщений [3,4] является верным свидетельством серьезного отношения государства к этим вопросам [5,6]. С развитием коммуникационных решений, в условиях невозможности обеспечения абсолютного контроля каналов связи [7], защита информационных систем становится особенно актуальной [8].

Интенсивное развитие инструментов обработки мультимедийного контента имеет свою негативную сторону, поскольку упрощает процесс несанкционированного изменения мультимедийного контента со стороны третьих лиц [9]. Современные форматы кодирования аудиосигналов [10, 11, 4], изображений [12-15] и видео [6] основаны на ортогональных преобразованиях [16-18], причем актуальной является задача выбора оптимального базиса [19].

В аддитивном методе маркирования Корви [20] водяной знак представляет собой последовательность чисел ω длины K , которая внедряется в выбранное подмножество пикселей исходного изображения I . Основное выражение для встраивания информации в этом случае:

$$\hat{f}(m, n) = f(m, n) \cdot (1 + \alpha \cdot \omega_i) \quad (1)$$

где α – весовой коэффициент силы встраивания, $f(m, n), \hat{f}(m, n)$ – соответственно, исходное и полученное в результате обработки значение элемента документа, содержащее водяной знак, например, таким элементом может являться коэффициент спектрального преобразования [21].

Другой способ встраивания водяного знака был предложен И. Коксом [22]:

$$\hat{f}(m, n) = f(m, n) + \alpha \cdot \omega_i \quad (2)$$

М. Корви в [20] использовал аддитивное правило встраивания:

$$\hat{f}(m, n) = f_{mean} + (f(m, n) - f_{mean}) \cdot (1 + \alpha \omega_i) \quad (3)$$

А.Ю. Тропченков [23] предложил модификацию правила (3) относительно среднего значения f_{mean} :

$$\hat{f}(m, n) = f_{mean} + [(f(m, n) - f_{mean}) + (1 + \omega_i) \cdot \alpha] \quad (4)$$

Метод Корви предполагает встраивание в низкочастотную область вейвлет-спектра [24] изображения водяного знака, представляющего собой последовательность псевдослучайных чисел, имеющих нормальное распределение. Пример водяного знака показан на рис. 1.

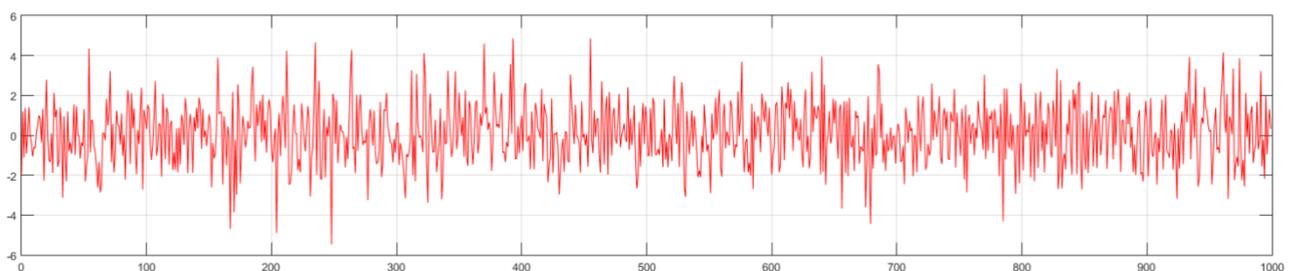


Рис. 1. – Встраиваемый водяной знак

Распределение значений водяного знака, а также результат расчета значений функции распределения плотности вероятностей для значений случайной величины ω методом непараметрического сглаживания по исходной выборке показано на рис. 2.

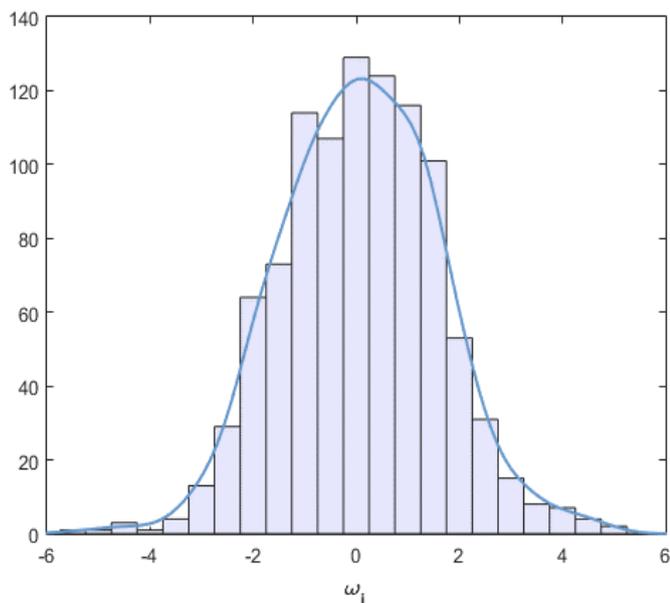


Рис. 2. –Распределение значений водяного знака

Для исследования устойчивости метода Корви были выполнены эксперименты по внедрению и извлечению водяного знака после внесения различных преднамеренных искажений.

Для количественной оценки величины искажения методом маркирования изображений цифровыми водяными знаками в низкочастотной области вейвлет-спектра предпочтительно воспользоваться пиковым отношением уровня сигнала к уровню шума [25], определяемое, как

$$PSNR = 10 \log_2 \frac{N \cdot 255^2}{\sum_{i=1}^N (I_i - \hat{I}_i)^2} \quad (5)$$

где N – число пикселей в изображении, а I, \hat{I} – исходное и обработанное изображения, соответственно. Вносимые искажения в изображение считаются приемлемыми, если $PSNR \geq 28 \div 30$ дБ. Для

изображения с внедренным водяным знаком при $\alpha = 0.1$, показанном на рис. 3, отношение уровня сигнала к уровню шума составило 37.65 дБ. При $\alpha \geq 0.5$ искажения маркированием исходного изображения становятся заметными визуально.



Изображение с внедренным водяным знаком при $\alpha = 0.1$

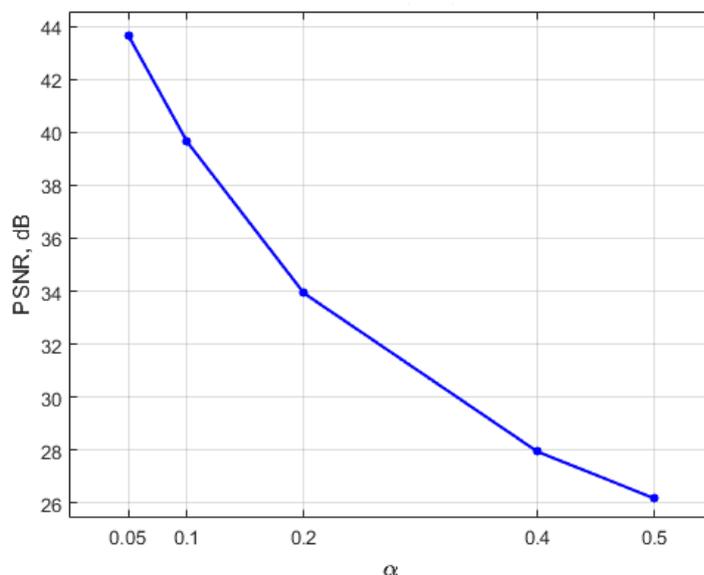


Рис. 3. – Зависимость PSNR от весового коэффициента силы встраивания

Для наглядности построим графики зависимости отношения уровня сигнала к уровню шума от интенсивности атаки мозаикой и шума. Из рис.3 и рис. 4 видно, что во всех приведенных случаях наблюдаются схожие зависимости.

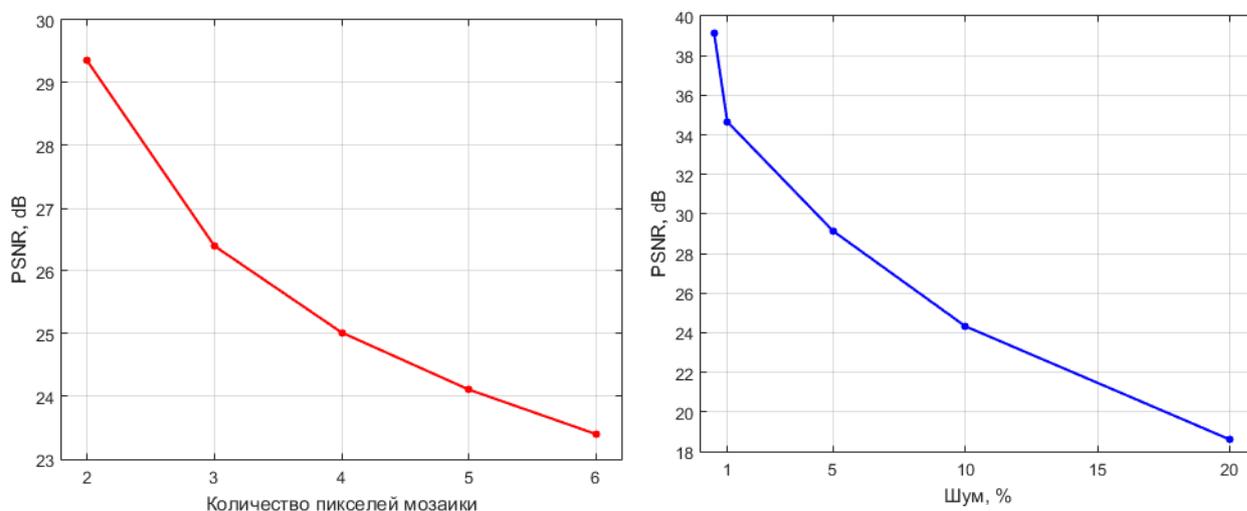


Рис. 4. – Зависимости PSNR от параметров атак

Для повышения робастности к различным атакам в методе Корви предлагается производить встраивание ω в коэффициенты низкочастотной области вейвлет-спектра изображения, вносящие основной вклад при реконструкции изображения с помощью обратного вейвлет-преобразования. Современные методы сжатия изображений используют области высоких и средних частот для квантования [21, 17, 18].

Для снижения вносимых искажений, многие методы защиты изображений используют для внедрения ω высокочастотные области вейвлет-спектра изображения, имеющие шумовую природу.

Метод Корви контролирует искажение компоненты DC путем введения в (3) среднего значения f_{mean} коэффициентов низкочастотной области, что позволяет снизить вносимые в коэффициенты низкочастотной области вейвлет-спектра искажения, благодаря чему метод может быть адаптирован к совместному применению с методами сжатия изображений.

Литература

1. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий// Инженерный вестник Дона, 2014, № 2.URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360.
2. Лавриченко, О.В. Управление инновационными системами промышленных предприятий и разработка модели их классификации / Лавриченко О.В. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, 2014. Т. 14. № 4. С. 10.

3. Земцов А.Н., Палашевский А.В. Прогрессивная передача аудиосигналов в компьютерных сетях// Известия Волгоградского государственного технического университета, 2006. № 4. С. 12-15.
 4. Zemtsov A.N. Robust audio stream protection method based on higher bits embedding // Naukaistudia. Przemysl (Poland), 2015.NR3 (134).pp. 37-43.
 5. Земцов А.Н. Методы цифровой стеганографии для защиты авторских прав. LAP AcademicPublishing, 2012. 148 с.
 6. Земцов А.Н. Алгоритмы распознавания лиц, и их применение в системах биометрического контроля доступа. LAP Academic Publishing, 2011. 128 с.
 7. Сперанский В.С., Клинцов О.И. Методы технического закрытия речевых сообщений // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2011. Т. 5. № 9. С. 127-129.
 8. Шапошников, Д.Е. Применение принципа гарантированного результата для учёта качественной информации о предпочтениях при комплексной оценке качества функционирования телекоммуникационных сетей // Инженерный вестник Дона, 2014, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2574.
 9. Земцов А.Н. Защита мультимедийной информации в дистанционном обучении // Инновационные информационные технологии, 2012. № 1. С. 22-24.
 10. Земцов А.Н. Робастный метод стеганографической защиты звуковых данных // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2011. Т. 12. № 11 (84). С. 138-140.
 11. Земцов А.Н., Рахман С.М. Метод встраивания данных в аудиопоток на основе модификации фазовой составляющей// Известия Волгоградского государственного технического университета, 2009. Т. 6. № 6 (54). С. 137-139.
-



12. Земцов А.Н. Стеганографические алгоритмы в электронном обучении // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации, 2012. Т. 2. № 2. С. 112-118.
13. Земцов А.Н. Защита медицинских изображений методами цифровой стеганографии // Инновационные информационные технологии, 2012. № 1. С. 244-245.
14. Земцов А.Н. Робастный метод цифровой стеганографии на основе дискретного косинусного преобразования // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2011. Т. 12. № 11 (84). С. 141-144.
15. Земцов А.Н., Рахман С.М. Защита авторских прав с помощью дискретного вейвлет-преобразования // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2009. Т. 6. № 6 (54). С. 134-136.
16. Земцов А.Н. Об эффективности разложения сигналов с помощью ортогональных преобразований // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации, 2012. Т. 2. № 2. С. 129-135.
17. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика, 2011. № 5. С. 77-84.
18. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика, 2011. № 4. С. 90-104.
19. Земцов А.Н. О выборе оптимального вейвлет-базиса в задаче компрессии триангуляционных моделей рельефа поверхности //

- Известия Волгоградского государственного технического университета, 2006. № 4. С. 144-147.
20. Corvi M., Nicchiotti G. Wavelet-based image watermarking for copyright protection // Scandinavian Conference on Image Analysis, 1997. pp. 157-163.
21. Земцов А.Н. Спектральные методы компрессии триангуляционных моделей. LAP Academic Publishing, 2011. 152 с.
22. Cox I.J., Kilian J., Leighton T., Shamoon T.G. Secure spread spectrum watermarking for multimedia // Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, 1997. Vol. 6. pp. 1673-1687.
23. Гришин М.В., Тропченко А.Ю., Цзянь В. Маркирование цифровых изображений путем спектральных преобразований // Известия высших учебных заведений. Приборостроение, 2010. Т. 53. № 10. С. 5-9.
24. Орлов Д.В., Махов В.Е., Кацан И.Ф. Диагностика вибраций узлов транспортных средств методом вейвлет анализа границ сфокусированного оптического изображения // Инженерный вестник Дона, 2014, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2465.
25. Земцов А.Н. Сравнительный анализ методов компрессии на основе ортогональных разложений // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации, 2012. Т. 2. № 2. С. 160-164.

References

1. Zemtsov A.N., Bolgov N.V., Bozhko S.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014. Т. 29. №2. pp. 47. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360.
2. Lavrichenko O.V. Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Komp'yuternye tehnologii, upravlenie, radiojelektronika, 2014. Т. 14. № 4. pp. 10.



3. Zemtsov A.N., Palashevskij A.V. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2006. № 4. pp. 12-15.
 4. Zemtsov A.N. Naukaistudia. Przemysl (Poland), 2015. NR3 (134). pp. 37-43.
 5. Zemtsov A.N. Metody cifrovoj steganografii dlja zashhity avtorskih prav. LAP Academic Publishing, 2012. 148p.
 6. Zemtsov A.N. Algoritmy raspoznavanija lic, I ih primenenie v sistemah biometričeskogo kontrolja dostupa. LAP Academic Publishing, 2011. 128p.
 7. Speranskij V.S., Klincov O.I. T-Comm: Telekommunikaciii transport, 2011. T. 5. № 9. pp. 127-129.
 8. Shaposhnikov, D.E. Inzhenernyj vestnik Dona(Rus), 2014, № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2574.
 9. Zemtsov A.N. Innovacionnye informacionnye tehnologii, 2012. № 1. pp. 22-24.
 10. Zemtsov A.N. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2011. T. 12. № 11 (84). pp. 138-140.
 11. Zemtsov A.N., Rahman S.M. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2009. T. 6. № 6 (54). pp. 137-139.
 12. Zemtsov A.N., Rahman S.M. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2009. T. 6. № 6 (54). pp. 137-139.
 13. Zemtsov A.N. Innovacionnye informacionnye tehnologii, 2012. № 1. pp. 244-245.
 14. Zemtsov A.N. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2011. T. 12. № 11 (84). pp. 141-144.
 15. Zemtsov A.N., Rahman S.M. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2009. T. 6. № 6 (54). pp. 134-136.
 16. Zemtsov A.N. Informacionnye tehnologii. Radioelektronika. Telekommunikacii, 2012. T. 2. № 2. pp. 129-135.
 17. Zemtsov A.N. Prikladnaja informatika, 2011. № 5. pp. 77-84.
 18. Zemtsov A.N. Prikladnaja informatika, 2011. № 4. pp. 90-104.
-



19. Zemtsov A.N. Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2006. № 4. pp. 144-147.
20. Corvi M., Nicchiotti G. Scandinavian Conference on Image Analysis, 1997. pp. 157-163.
21. Zemtsov A.N. Spektral'nye metody kompressii trianguljacionnyh modelej. LAP Academic Publishing, 2011. 152 p.
22. Cox I.J., Kilian J., Leighton T., Shamon T.G. 7 Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, 1997. Vol. 6. pp. 1673-1687.
23. Grishin M.V., Tropchenko A.Ju., Czjan' V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie, 2010. T. 53. № 10. pp. 5-9.
24. Orlov D.V., Mahov V.E., Kacan I.F. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2465.
25. Zemtsov A.N. Informacionnye tehnologii. Radioelektronika. Telekommunikacii, 2012. T. 2. № 2. pp. 160-164.