



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2017, Том 8, № 2, С. 39 – 42

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 681.323(075)

© 2017 г. **А. П. Бахрушин**, канд. техн. наук,
(Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, Биробиджан),
Г. И. Бахрушина, канд. физ.-мат. наук
(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

КЛАССИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОГО МАРКИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В настоящее время маркирование широко применяется для защиты прав собственника на цифровую видеопродукцию, которую можно легко скопировать и распространить нелегальным образом. В статье производится обзор различных подходов к решению задачи маркирования изображений. Приводится классификация цифрового маркирования по различным критериям, с учетом которой можно осуществлять выбор алгоритма в конкретной ситуации.

Ключевые слова: цифровой водяной знак (ЦВЗ), цифровое маркирование изображения, дискретное косинусное преобразование (ДКП), дискретное вейвлет-преобразование (ДВТ).

A. P. Bahrushin, G. I. Bahrushina CLASSIFICATION OF DIGITAL IMAGES WATERMARK- ING ALGORITHMS

Watermarking is widely applied today for copyright of digital images, which can be easily and illegally copied and spread. This paper covers the different approaches for solving the problem of image watermarking. Classification of the digital watermarking algorithms by different criteria is given, taking into account that the choice of the algorithm in a concrete situation can be done.

Keywords: digital watermark, digital image watermarking, Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT).

С развитием информационных технологий и интернета существенно упростились доступ к документам, к изображениям, аудио и видеофайлам, а также возможность их модификации. Остро встала и ранее существовавшая проблема защиты информации от несанкционированного доступа и, соответственно, от незаконного использования. В связи с этим в сфере научных интересов исследователей многих стран появилась разработка методов, позволяющих эффективно осуществлять такую защиту. В частности, большое внимание в настоящее время уделяется так называемым методам цифрового маркирования. Под цифровым маркированием понимают внедрение в защищаемый объект стеганографических вставок – меток, несущих в себе идентификатор правообладателя, которые остаются незаметными для человека, но распознаются специализированным программным обеспечением. Такие метки называются цифровыми водяными знаками (ЦВЗ) [1,2].

Внедряемый в защищаемый объект ЦВЗ должен отвечать двум противоречащим друг другу требованиям – устойчивости к различным внешним воздействиям и незаметности (обеспечения наименьших искажений объекта с внедренным ЦВЗ по сравнению с оригиналом). Для проверки авторских прав на защищаемый цифровой объект (например, изображение) осуществляют извлечение встроенной информации, которое при недостаточной устойчивости ЦВЗ к атакам может стать невозможным. Именно это противоречие является основной проблемой при внедрении цифровых водяных знаков, что обуславливает необходимость разработки все новых и новых эффективных методов и алгоритмов цифрового маркирования, учитывающих самые разные ситуации.

Алгоритмы цифрового маркирования неподвижных изображений можно классифицировать по разным критериям – по степени восприятия ЦВЗ, по степени обратимости ЦВЗ, по способу и области встраивания ЦВЗ.

По степени восприятия ЦВЗ алгоритмы цифрового маркирования разбиваются на две группы – видимые и невидимые алгоритмы.

Видимые алгоритмы встраивают видимый водяной знак, невидимые алгоритмы встраивают, соответственно, невидимый водяной знак:

- видимые ЦВЗ представляют собой информационный текст или логотип, который идентифицирует автора;
- невидимые ЦВЗ внедряются в изображение таким образом, что пользователю трудно выявить метку, если он не знаком с ее форматом.

В свою очередь невидимые алгоритмы подразделяют в соответствии с типом невидимого водяного знака на стойкие (робастные), хрупкие и полухрупкие:

- робастные алгоритмы обеспечивают встраивание ЦВЗ, устойчивого к различным атакам, например, таким как аффинные преобразования, шумы различного типа, JPEG-сжатие и т.д. (такие водяные знаки обычно используются для определения авторства);
- хрупкие алгоритмы внедряют хрупкие ЦВЗ, которые нельзя обнаружить уже при малейшей их модификации (такие ЦВЗ используются для проверки целостности защищаемого объекта).
- полухрупкие алгоритмы внедряют полухрупкие водяные знаки, которые обладают избирательной стойкостью, то есть к некоторым атакам устойчивы, а к некоторым неустойчивы. Например, они могут хорошо переносить сжатие изображения, но плохо справляются с вырезкой из него или вставкой в него фрагмента (их обычно используют для аутентификации сигнала).

По степени обратимости алгоритмы цифрового маркирования разбиваются на две группы – обратимые и необратимые:

- обратимые алгоритмы позволяют извлечь водяной знак и полностью восстановить исходное изображение;

- необратимым называют такой метод встраивания ЦВЗ, при котором исходное изображение получает после извлечения ЦВЗ необратимые искажения.

По способу встраивания ЦВЗ в настоящее время различают линейные, нелинейные и использующие фрактальное кодирование алгоритмы цифрового маркирования:

- линейные алгоритмы при внедрении ЦВЗ выполняют линейную модификацию исходного изображения, а при извлечении используют корреляционный метод;

- нелинейные алгоритмы базируются на скалярном или векторном квантовании, где под квантованием понимается процесс сопоставления большого (возможно, и бесконечного) множества значений с некоторым конечным множеством чисел;

- особенностью использования фрактального кодирования является поиск последовательности аффинных преобразований (сдвиг, поворот, масштабирование), позволяющих аппроксимировать блоки изображения малого размера (ранговые) блоками большего размера (доменами) [3].

По области встраивания ЦВЗ различают пространственные методы и методы, основанные на преобразовании изображения, которые, в свою очередь, подразделяются на частотные методы и методы, основанные на моментах изображения. Каждая разновидность указанных методов обладает как преимуществами, так и недостатками.

Пространственные алгоритмы внедряют ЦВЗ в области исходного изображения. Главным преимуществом пространственных алгоритмов является то, что для внедрения ЦВЗ нет необходимости выполнять громоздкие в вычислительном отношении линейные преобразования изображений. ЦВЗ внедряется за счет цветовых составляющих или манипуляций с яркостью изображения. Однако данные алгоритмы обладают довольно слабой стойкостью к общим операциям обработки изображения и другим атакам. В последнее время для преодоления данного недостатка стали применять сингулярное разложение матрицы пикселей изображения.

Большой стойкостью обладают алгоритмы, использующие преобразование изображения, которые в свою очередь разбиваются на две группы - частотные методы и методы, основанные на моментах изображения.

Частотные методы встраивают ЦВЗ в частотную область изображения, используя ортогональные преобразования для декомпозиции исходного изображения и перераспределения его энергии. После декомпозиции ЦВЗ встраивается в определенные спектральные коэффициенты контейнера. В результате применения соответствующего преобразования наибольшая энергия изображения концентрируется в низкочастотной области, а наименьшая – в высокочастотной. Поэтому алгоритмы сжатия с потерями стараются избегать внедрения ЦВЗ в высокочастотную область изображения, поскольку встроенный водяной знак, скорее всего, будет уничтожен сжатием. Встраивать ЦВЗ необходимо в среднечастотные и низкочастотные области преобразования контейнера.

Сложность возникает при внедрении ЦВЗ в низкочастотную область, содержащую большую часть энергии изображения, потому что неоптимальное внедрение может привести к значительному искажению контейнера.

В качестве преобразований могут быть использованы:

- дискретное косинусное преобразование (ДКТ);
- дискретное вейвлет-преобразование (ДВП);
- дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и так далее.

Наибольшую популярность получило ДКП, которое применяется в JPEG-сжатии, а также ДВП, которое применяется в сжатии JPEG2000[4]. Преобразование может применяться как к изображению в целом, так и к какой-то его части.

В алгоритмах, основанных на моментах изображения, ЦВЗ встраивается в моменты изображения. Обычно такие методы используются в алгоритмах цифрового маркирования для обеспечения устойчивости водяного знака к геометрическим преобразованиям, приводящим к десинхронизации водяного знака с контейнером и, как следствие, к невозможности обнаружения ЦВЗ детектором.

Моменты подразделяются на две категории:

- ортогональные моменты (моменты Цернике, Лежандра, Чебышева);
- неортогональные (геометрические моменты).

Ортогональные моменты в сравнении с неортогональными не так чувствительны к шуму и незаменимы при линейных преобразованиях.

Главными недостатками существующих алгоритмов, основанных на моментах, являются: небольшой объем скрываемых данных, низкий уровень безопасности, низкая точность локализации фальсификации изображения.

И, наконец, дополнительно алгоритмы цифрового маркирования можно разбить на две группы **в зависимости от потребности в наличии исходного изображения в процессе извлечения ЦВЗ** - группу слепых и группу неслепых алгоритмов. Алгоритм, в котором при извлечении не требуется исходное изображение для сравнения с маркированным, называется слепым. В противном случае алгоритм является неслепым.

В заключение необходимо отметить, что приведенная выше классификация поможет в конкретной ситуации (с учетом типа и размеров исходного изображения, типа и размеров ЦВЗ, вероятных атак, которым будет подвергаться изображение, требований к качеству внедрения и извлечения ЦВЗ) обосновать выбор наиболее подходящего алгоритма цифрового маркирования из уже существующих, возможно, после его некоторой модификации, либо будет стимулировать разработку нового алгоритма, который позволил бы решить поставленную задачу.

Список литературы

- [1] Грибунин В. Г. Цифровая стеганография/ И. Н. Оков Туринцев, И. В. - Солон-Пресс, 2002 — 265 с.
- [2] Конахович Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. – МК-Пресс, 2006. – 288 с.
- [3] Бахрушина Г. И. Моделирование геометрических атак на основе аффинных преобразований. – М.: Электронное научное издание 2013, -Т 4, -№ 4, - С. 1291 – 1297.
- [4] Гришин М.В., Тропченко А.Ю., Ван Цзянь. Маркирование цифровых изображений путем спектральных преобразований//Известия Вузов. Приборостроение, 2010, Т.53, №10, с. 6 – 9.

E-mail:

Бахрушин А. П. – stripylife@yahoo.com

Бахрушина Г. И. – gal_bah@mail.ru