

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ВНЕДРЕНИЯ ВОДЯНОГО ЗНАКА В ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОБЛАСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Маутин И. В.

Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: mautin.ivan.3@gmail.com

Водяной знак – это некоторая информация, встраиваемая в объекты интеллектуальной собственности, такие как изображения, видео и аудио. Встраивание водяных знаков позволяет обеспечить авторство, защиту интеллектуальной собственности и предотвратить несанкционированное использование и распространение цифрового контента. Водяные знаки могут быть использованы для идентификации источника изображения, обнаружения плагиата и защиты авторских прав.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием интернета и цифровых технологий стало чрезвычайно легко копировать и распространять изображения без разрешения автора, что создает серьезные проблемы для защиты интеллектуальной собственности. Это делает критически важным разработку и использование эффективных методов защиты авторских прав на цифровой контент.

Одним из наиболее широко используемых методов защиты графических объектов являются водяные знаки и так называемые «отпечатки пальцев». Водяные знаки представляют собой информацию, встроенную в изображение, которая используется для идентификации правообладателя и защиты от несанкционированного использования. В простейшем случае, водяной знак может быть представлен в виде копирайт-строки, добавляемой автором на изображение. Такой метод позволяет не только подтвердить авторство, но и служит превентивной мерой против нелегального копирования.

I. Виды водяных знаков

Существует два основных типа водяных знаков: видимые и невидимые. Видимые водяные знаки – это текст или логотип, который четко виден на изображении и явно указывает на правообладателя. Невидимые водяные знаки, напротив, встроены в изображение таким образом, что они неразличимы для человеческого глаза, но могут быть обнаружены с помощью специальных алгоритмов.

«Отпечатки пальцев» представляют собой более сложную форму водяных знаков, которая не только определяет правообладателя, но и позволяет идентифицировать конкретного пользователя, которому легально предоставлено право на использование данного изображения [1]. Это особенно важно в случаях, когда необходимо отследить утечку контента или выявить источник несанкционированного распространения.

Разработка алгоритмов для создания и обнаружения водяных знаков и «отпечатков пальцев»

является активной областью исследований, направленной на улучшение надежности, устойчивости к атакам и сохранение качества оригинального изображения. Эти алгоритмы должны быть достаточно сложными, чтобы противостоять попыткам удаления или изменения водяных знаков, и в то же время эффективными для применения в реальных условиях.

II. ТРЕБОВАНИЯ К АЛГОРИТМАМ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Хороший алгоритм водяных знаков должен удовлетворять следующим требованиям:

- Устойчивость – добавленный водяной знак должен быть устойчив к искажению изображения. Он должен быть сложно удаляем без потери качества исходного объекта, а также предотвращать возможность добавления нового водяного знака, который перезапишет старый.
- Незаметность – водяные знаки должны быть интегрированы таким образом, чтобы они не влияли на визуальное восприятие изображения.
- Обратимость – в случае необходимости, алгоритм должен позволять извлекать и проверять водяной знак без потери информации.

III. АЛГОРИТМ PATCHWORK

Алгоритм Patchwork разработан в 1996 году и основан на псевдослучайности и статистической модели. Принцип работы алгоритма следующий:

1. С помощью генератора псевдослучайных чисел на основе ключа выбираются два пикселя изображения A_i и B_i с соответствующей яркостью a_i и b_i ;
2. Яркость одного из пикселей увеличивается на δ , а другого уменьшается на δ . Значение δ варьируется в диапазоне от 1 до 5 [2];
3. Шаги 1–2 повторяются n раз ($n \sim 10000$).

Тогда сумма разностей значений яркости пикселей:

$$S_n = \sum_{i=1}^n [(a_i + \delta) - (b_i - \delta)] = 2\delta n + \sum_{i=1}^n (a_i - b_i)$$

При больших n значение $\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)$ стремится к нулю, поэтому значение S_n будет примерно равно $2\delta n$. Значение S_n кодирует один бит информации: если $S_n > 0$, тогда значение принимается за 1, иначе 0.

Для проверки наличия водяного знака алгоритм запускается заново и рассчитывает S_n , и если рассчитанное значение оказалось сильно больше нуля, тогда считается, что наличие водяного знака подтверждено.

IV. АЛГОРИТМ КУТТЕРА

Данный алгоритм применяется к изображениям, имеющим RGB-кодировку. Встраивание информации происходит в синий канал, так как к синему цвету человеческий глаз наименее чувствителен. Данный алгоритм также как и предыдущий использует генераторы псевдослучайных чисел для получения позиций, в которые встраиваются данные.

Пусть s_i это встраиваемый бит, $p = (x, y)$ – псевдослучайная позиция, в которую выполняется встраивание. Тогда секретный бит передается через синий канал согласно следующей формуле:

$$b^i(p) = \left\{ \begin{array}{l} b(p) + ql(p), s_i = 0, \\ b(p) - ql(p), s_i = 1. \end{array} \right\},$$

где $l(p) = 0.299r(p) + 0.587g(p) + 0.114b(p)$ – яркость пикселя, $r(p), b(p), g(p)$ – яркость соответствующего канала пикселя, а q – некоторая константа.

Величина q представляет энергию встраиваемого сигнала, а ее значение обычно находится в диапазоне от 0.02 до 0.25. Чем больше значение q , тем выше устойчивость водяного знака, но тем больше будет и его заметность (то есть данный пиксель будет сильнее выделяться из изображения) [3].

При извлечении водяного знака дается оценка синей составляющей $\hat{b}(p)$ пикселя на основании его соседей. Наиболее часто используется «крест» (пиксели, расположенные в той же строке и том же столбце) размером $n \times n$. Тогда оценка $\hat{b}(p)$ выражается как:

$$\hat{b}(p) = \frac{1}{4n} \left(\sum_{i=-n}^n b(x+i, y) + \sum_{k=-n}^n b(x, y+k) \right)$$

Если в процессе встраивания водяного знака каждый бит стегосообщения был повторен m раз, то при извлечении мы получим m разных оценок

одного бита. Для нахождения секретного бита производится усреднение разности оценки пикселя и его реального (полученного из имеющейся части изображения) значения:

$$\delta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{b}_i(p) - b_i(p)$$

Если полученное значение δ положительное, значение бита принимается за 0, иначе за 1.

V. СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ

Оба алгоритма не нуждаются в исходном изображении для извлечения информации о водяном знаке, а также являются невидимыми.

Алгоритм Patchwork основан на статистических свойствах изображения и устойчив к многим видам обработки изображений, таким как сжатие, фильтрация. Однако он менее устойчив к различного рода геометрическим искажениям изображения. Важный недостаток данного алгоритма заключается в малой вместимости, ведь обычно он способен встроить около одного бита на 10000 пикселей.

Алгоритм Куттера является устойчивым ко многим атакам на цифровые знаки, например, к низкочастотной фильтрации изображения, его сжатию с помощью алгоритма JPEG, обрезанию краев. Также вместимость данного алгоритма составляет порядка одного бита на 100 пикселей, что делает его куда более предпочтительным вариантом, чем Patchwork. Главный недостаток алгоритма Куттера в том, что он не гарантирует абсолютную надежность определения значения секретного послания, так как процедура извлечения сообщения не является обратной для процедуры его встраивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ показал, что рассмотренные методы соответствуют требованиям к алгоритмам водяных знаков и обладают хорошей устойчивостью, однако каждый обладает своими недостатками. Приведенные методы встраивают водяные знаки в пространственные области изображения, что является простым и эффективным способом защиты авторского права.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярмолик В. Н. Криптография, стеганография и охрана авторского права / В. Н. Ярмолик, С. С. Портянко, С. В. Ярмолик – 2007. – С. 142-143
2. Семёнов К. П. Алгоритмы встраивания цифровых водяных знаков в растровые изображения / К. П. Семёнов, П. В. Зайцев // Информационная безопасность регионов : научно-практический журнал. – 2011. – №1. – С. 46–50
3. Гоибуниин В. Г. Цифровая стеганография / В. Г. Гоибуниин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев: Изд-во Москва СОЛОН-ПРЕСС. – 2009 – 264 с