

## Генерация и внедрение цифровых водяных знаков в видеофильмы

*Коноваленко Денис Анатольевич*

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема*

*преподаватель информатики*

*Бахрушин Александр Петрович*

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема*

*Кандидат технических наук, доцент*

### Аннотация

Раскрываются основные теоретические и практические методы генерации, внедрения и извлечения ЦВЗ из видеофайлов. Обоснована необходимость разработки новых методов и подходов использования ЦВЗ для защиты авторских прав видеопродукции. Дается теоретическое и практическое обоснование использования нового метода, который позволит встраивать информацию в видео файл в формате MPEG и извлекать информацию из видео файла в формате MPEG, скрыв сам факт встраивания, используя преобразования исходного изображения из пространственно-временной в частотно-спектральную область с помощью преобразование Уолша-Адамара.

**Ключевые слова:** Преобразование Уолша-Адамара, частотно-спектральная область, цифровой водяной знак, алгоритм преобразования, защита видеофильмов, несанкционированное извлечение.

## Generation and embedding of digital watermarks in video

*Konovalenko Denis Anatolievich*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University*

*lecturer of Computer Science*

*Bakhrushin Alexander Petrovich*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University*

*Candidate of Engineering Sciences, associate professor*

### Abstract

It describes the main theoretical and practical methods of generation, embedding and extraction digital watermarks from video files. This is justified the necessity of developing new methods and approaches for use digital watermarks to protect the copyright of video. It gives the theoretical and practical rationale for the use of a new method that you allow to embed information in the video file in MPEG format and extract information from a video file in MPEG, hiding the fact of embedding, using transformations of the original image from spatial-temporal frequency-spectral domain by using the transformation of the Walsh-Hadamard transform.

**Keywords:**

The Walsh-Hadamard transform, frequency-spectral domain, digital watermark, the transformation algorithm, video protection, unauthorized extraction.

В настоящий момент наблюдается постоянно растущий интерес к цифровым водяным знакам как к средству защиты информации. Данная технология стала особенно востребованной, когда в кинотеатрах началось использование цифровых технологий. Цифровые водяные знаки встраиваются в проектор или вещательный сервер и становятся невидимой частью транслируемого изображения, являющейся частью комплекса средств по борьбе с экранными копиями. Цифровые водяные знаки позволяют правообладателю определить, в каком кинотеатре и даже зале была произведена несанкционированная запись. На сегодняшний день цифровые водяные знаки используются практически во всех цифровых кинотеатрах мира. Данное требование правообладателей является обязательным для получения разрешения на демонстрацию качественной видеопродукции.

Рассмотрению различных аспектов внедрения ЦВЗ в видеоданные посвящены работы многих отечественных специалистов.

Е.С.Абазина [1] рассматривает алгоритмы внедрения двумерных нелинейных кодовых последовательностей в видеопоток. Р.И. Баженов, А.В. Таравков [2] исследовали основные методы внедрения цифровых водяных знаков в потоковое видео. В работах А.П. Бахрушина, Г.И. Бахрушиной, Р.И. Цой [3] анализируются технологии внедрения ЦВЗ в разнообразные стегоконтейнеры. Защитой информационного содержания цифровых фотографий методом многократной маркировки ЦВЗ занимались Ю.А. Белобокова и Э.С. Клышинский [4]. А.К. Григорьян, М.Ю. Литвинов [5] показали в своих исследованиях возможность использования вейвлет-преобразования для внедрения цифрового водяного знака в видеопоток в режиме реального времени. С.В. Радаев [7] занимался разработкой алгоритма встраивания цифрового водяного знака в файлы формата MPEG-4.

Зарубежные ученые также занимаются разработкой, изучением и усовершенствованием методов внедрения ЦВЗ в видео.

Ю.Хе и др. исследовали алгоритмы внедрения в потоковое видео. М.Джианг и др. рассматривали внедрение ЦВЗ в видео, закодированное кодеком MPEG-2. Внедрение цифровых изображений в визуальных моделях исследовали С.И.Подичук и В.Зенг. П.-С.Су и др. разрабатывали особенности использования ЦВЗ в цифровом видео для идентификации кадров.

Несмотря на то, что существует достаточное количество разработок как отечественных так и зарубежных специалистов, которые на практике доказали свою эффективность в области защиты видеопродукции с помощью цифровых водяных знаков, до реального выхода на рынок ни одна из них доведена не была.

Таким образом, в связи с недостаточной насыщенностью рынка технологий генерации и внедрения водяного знака, разработки в данном

направлении особенно актуальны.

Возможное решение проблемы защиты видеофильмов с помощью ЦВЗ мы видим в кодировании и встраивание цифрового водяного знака в частотной области.

При синхронизации в частотной области каждый кадр изображения (или его часть) преобразуется из пространственной в частотную область, и выбор кадров для встраивания цифровых водяных знаков идет на основе частотных характеристик (например, средней частоты).

В своей работе, на основе проведенного сравнительного анализа рассмотренных методов (Линейного ортогональные преобразования; Преобразования Фурье; Дискретного косинусного преобразования; Преобразования Хаара; Преобразования Уолша) для преобразования исходного изображения из пространственно-временной в частотно-спектральную область было выбрано преобразование Уолша-Адамара, так как с его помощью можно достичь наибольшую скорость преобразования.

В качестве защиты от преднамеренного уничтожения или несанкционированного извлечения был разработан алгоритм внедрения цифрового водяного знака таким образом, чтобы не происходило встраивания в последовательные элементы, так как в данном случае встраивание легче всего обнаружить.

Таким образом, для внедрения ЦВЗ в видеофильмы был выбран комбинированный метод, состоящий из последовательного применения преобразования Уолша-Адамара и преобразования из десятичной в двоичную систему.

Алгоритм встраивания и извлечение цифрового водяного знака в исходное изображение в частотной области выглядит следующим образом

Для того, чтобы выбрать для встраивания элементы части исходного изображения преобразованной в частотную область  $A_w$  наиболее близкие к медиане, необходимо выстроить в ряд по убыванию все элементы области.

После данного преобразования получится вектор  $R$  длиной 64 элемента. Для встраивания необходимо выбрать элементы с 30 по 36.

Алгоритм данного преобразования представлен на рисунке 1.

Зеленым цветом на рисунке обозначены выбранные для встраивания элементы, а голубым цветом – предшествующий им элемент.

Для того, чтобы встраивание было незаметным, а также для того, чтобы алгоритм выбора элементов для встраивания можно было применять и как алгоритм выбора элементов для извлечения, исходные элементы не должны претерпевать сильных изменений. Под сильными изменениями мы подразумевали такие изменения, которые изменяли бы их положения в отсортированном по величине значения векторе.

Чтобы этого не происходило, величина исходного элемента не должна меняться (в сторону возрастания) на значение равное или превышающее разницу между предыдущим и данным элементом.

В качестве первоначальной точки для встраивания мы взяли элемент, предшествующий последовательности изменяемых элементов (элемент

номер 29).

Рассчитали разницу между этим элементом и элементом следующим за последовательностью изменяемых элементов (элемент номер 36, отмеченный красным цветом на рисунке) и раздели её на 14:

$$\Delta = \frac{R_{29} - R_{37}}{14}.$$

Значения изменяемых элементов будем рассчитывать по следующей формуле:

$$R_i = R_{i-1} - \Delta \cdot (V_{i-29} + 1),$$

где  $i = 30 \div 35$ , а  $V$  – вектор, соответствующий двоичному числу, встраиваемому в данную область.

Так как минимальное значение  $\Delta \cdot (V_{i-29} + 1)$  равно  $6\Delta$ , а максимальное  $12\Delta$ , то измененные элементы будут располагаться в том же порядке, что и до встраивания, между элементами с номерами 29 и 36 (рис.1).

При использовании данного алгоритма встраивания, принимающей стороне необходимо передать номер элемента, с которого начинается и которым заканчивается встраивание, и число отрезков, на которые разбивается разница между этими элементами (в данном случае 14).

Все остальные данные можно рассчитать на основе этих значений.

При извлечении цифрового водяного знака принимающая сторона должна выстроить в ряд по убыванию все элементы части исходного изображения в частотной области.

По известным значениям элементов с 29 по 35 рассчитываются элементы вектора, представляющего число в двоичной системе согласно следующей формуле:

$$V_i = (R_{i+28} - R_{i+29}) / \Delta - 1.$$

Алгоритм извлечения цифрового водяного знака представлен на рисунке 2.

Данный алгоритм устойчив к аддитивному шуму, не превышающему  $\pm\Delta/2$ , так как если значения элементов изменяются не более, чем на величину половины расстояния между соседними элементами, то их порядок не меняется.

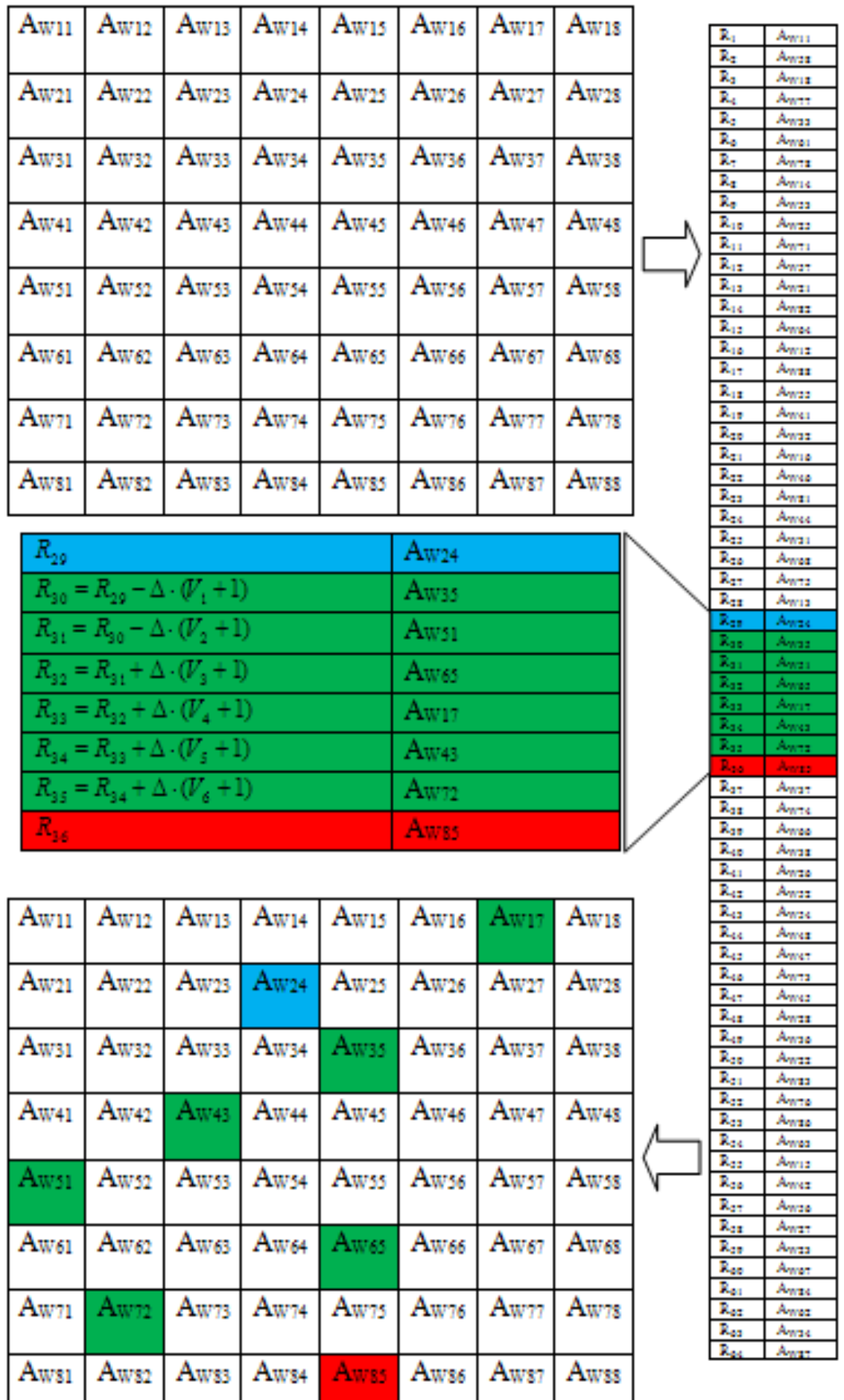


Рисунок 1 – Алгоритм встраивания одного элемента цифрового водяного знака

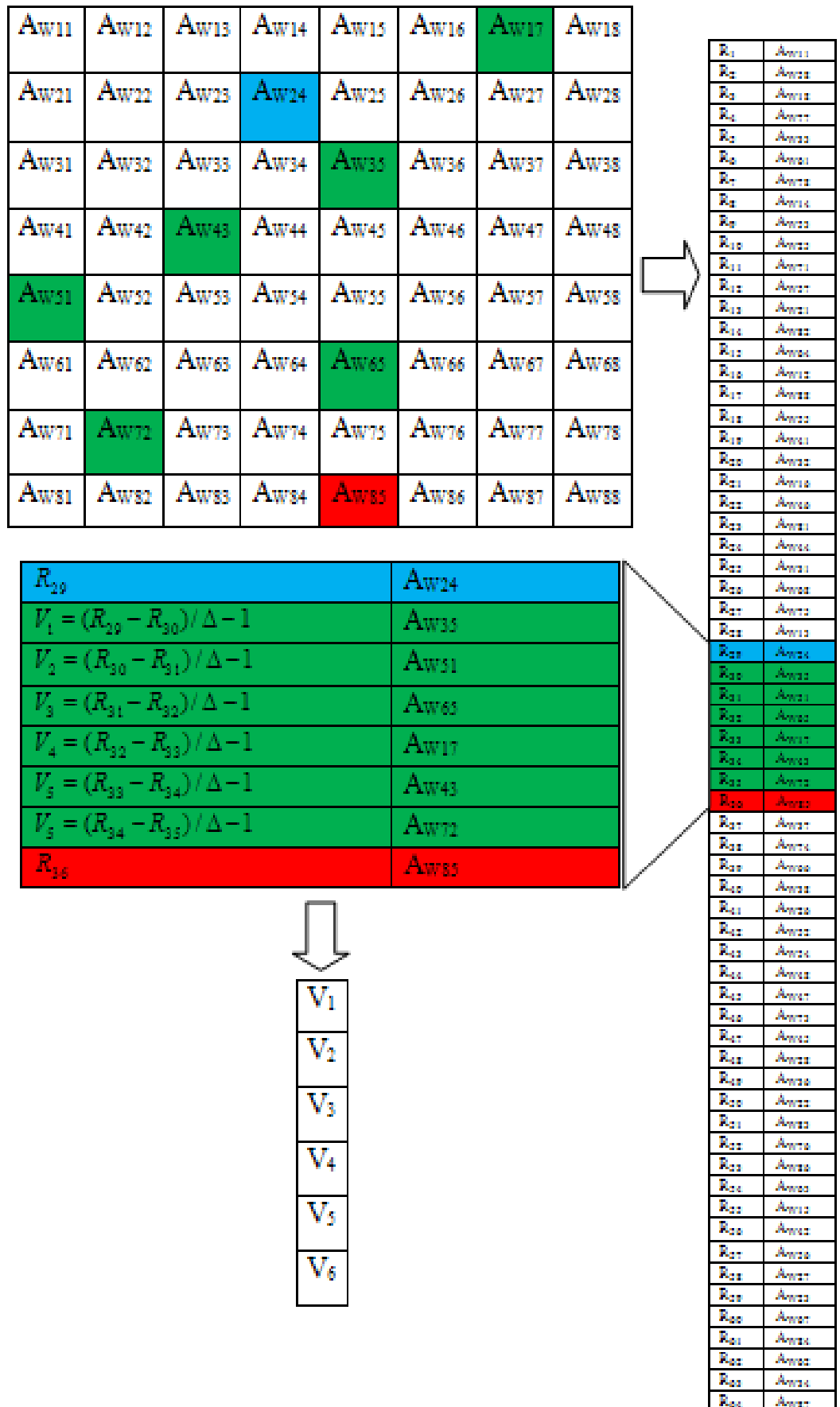


Рисунок 2 – Алгоритм извлечения одного элемента цифрового водяного знака

Тестирование программы проводилось для двух её версий: первая версия программы более надежная, но менее перспективная, а вторая – наоборот.

Тестирование алгоритма синхронизации процедур встраивания и извлечения цифрового водяного знака показало его безошибочную работу для любой из версий программы.

Результаты тестирования первой программы подтвердили её надежность, так как для всех изображений из видео файла извлеченный цифровой водяной знак полностью соответствовал исходному.

Результаты тестирования второй версии программы показали сильную зависимость результатов её работы от исходного изображения.

Наихудшие результаты работы получены для однотонных изображений в синей области спектра.

В целом, можно сделать вывод о том, что, несмотря на возникающие в процессе обработки ошибки, разработанная методика и на ее основе программа справляется со своей основной задачей – идентификацией извлеченного цифрового водяного знака, так как даже на самых зашумленных изображениях цифровой водяной знак можно определить без особого труда.

### **Библиографический список**

1. Абазина Е.С. Алгоритмы внедрения двумерных нелинейных кодовых последовательностей в видеопоток // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2013. № 1. С. 85-93.
2. Таравков А.В., Баженов Р.И. О методах внедрения цифровых водяных знаков в потоковое видео // Молодой ученый. 2014. №7. С. 73-75.
3. Бахрушин А.П., Бахрушина Г.И., Цой Р.И. Метод внедрения цифрового водяного знака в изображение при сохранении его высокого качества // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2014. № 2 (33). С. 27-36.
4. Белобокова Ю.А., Клышинский Э.С. Защита информационного содержания цифровых фотографий методом многократной маркировки цифровыми водяными знаками // Системный администратор. 2014. № 4. С. 70–73.
5. Григорьян А.К., Литвинов М.Ю. Применение вейвлет-преобразования для внедрения ЦВЗ в видеопоток в режиме реального времени // Информационно-управляющие системы. 2010. № 4. С. 53–56
6. Моденова О.В. Стеганография и стегоанализ в видеофайлах // Прикладная дискретная математика. Приложение. 2010. № 3. С. 37-39.
7. Радаев С.В., Кирюхин Д.А., Иванов И.В. Разработка алгоритма встраивания цифрового водяного знака в файлы формата MPEG-4 // Информационные системы и технологии. 2010. № 1. С. 13–17.