

ВЫЯВЛЕНИЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВСТАВОК В ВИДЕОПОТОКЕ МЕТОДОМ РАНГОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

С. В. КУЛЕШОВ, А. А. ЗАЙЦЕВА, АЛЬ-РАШАЙДА ХАСАН

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<alexandr@iias.spb.su>

УДК 681.3

Кулешов С. В., Зайцева А. А., Аль-рашайда Хасан. **Выявление несанкционированных вставок в видеопотоке методом ранговых распределений** // Труды СПИИРАН. Вып. 3, т. 2. — СПб.: Наука, 2006.

Аннотация. В статье предлагается метод ранговых распределений, служащий для выявления признаков внедрения несанкционированных данных в изображение, входящее в видеопоток. Сравнение характеристик ранговых распределений для разных локальных областей и кадра (потока) в целом дает признаки наличия несанкционированных изменений. — Библ. 5 назв.

UDC 681.3

Kuleshov S. V., Zaitseva A. A., Al-Rashaideh Hasan. **Method of rank distributions for detection of unapproved insertions in video data stream** // SPIIRAS Proceedings. Issue 3, vol. 2. — SPb.: Nauka, 2006.

Abstract. The method of rank distributions for detection of unapproved insertions in image belonging to video data stream is suggested. The compare of attributes of rank distributions for different local areas of image and of the frames (streams) as a whole shows the signs of unapproved changes availability. — Bibl. 5 items.

1. Введение

При решении задач стегоанализа при выявлении несанкционированных вставок в изображениях и видеопотоке (в том числе в каналах телевизионного вещания) основное место занимают методы, основанные на статистическом анализе. К таким методам можно отнести гистограммный анализ, двойственные статистические методы, в том числе RS-анализ [1]. Эта группа методов стегоанализа обладает следующим общим недостатком: при использовании в реальном телевизионном канале методы оказываются практически не применимы из-за зашумленности младших бит в оцифрованном сигнале помехами тракта, что дает близкие статистические характеристики, как для исходных изображений, так и для изображений со вставкой. Это затрудняет поиск критерия для автоматического обнаружения стего-вставок и требует обязательного присутствия человека-эксперта для принятия решения о наличии вставки по результатам предварительной обработки. Кроме того, статистические методы работают лишь для обнаружения вставок, сделанных с помощью конкретного алгоритма сокрытия или его вариаций [2].

Недостатком метода «слепого» анализа, основанного на выявлении признаков в вейвлет-разложении [3] является высокая зависимость результата процедуры обнаружения вставки от набора примеров изображений в обучающей выборке. В случае попытки обнаружения методов вставки, на которых обучение не проводилось, а также на некотором классе стегоконтейнеров результаты работы метода совершенно непредсказуемы.

2. Описание метода ранговых распределений

Метод ранговых распределений служит для выявления признаков внедрения несанкционированных данных в изображение, входящее в видеопоток.

Идея метода заключается в обнаружении значительного изменения битового представления данных без изменений, которые фиксировались бы визуально.

Изменение битового представления данных определяется путем построения ранговых (рейтинговых) распределений пикселей с контролем их изменения между последовательными кадрами.

Ранговые распределения (упорядоченные гистограммы) яркости и других характеристик изображения были впервые использованы в работе [4] как нетрадиционный подход к представлению и обработке (в том числе — к сравнению) растровых изображений.

Обычно изображение в компьютере представляется двумерной матрицей отсчетов некоторой характеристики, которую называют яркостью. Элемент изображения в этом случае определяется парой координат с соответствующим яркостным значением [5].

Другим возможным представлением изображения является гистограммное. В этом случае каждой величине яркости сопоставляется подмножество элементов изображения, которые обладают данным значением яркости. Если информацию о координатах элементов не учитывать, а подсчитывать только количество элементов с соответствующим значением яркости, то получим обычную гистограмму яркости.

Ранговое представление отличается от гистограммного тем, что подмножества равнояркостных элементов изображения упорядочиваются не по величинам яркости, а по частоте встречаемости своих значений. В простейшем случае, когда зоны каждой из яркостей все отличаются одна от другой по количеству отсчетов, представление эквивалентно переупорядоченной яркостной гистограмме и названо ранговым распределением.

Важно подчеркнуть, что для построения рангового распределения может вместо яркости использоваться и любая другая характеристика изображения, например, цвет. Кроме того, одна яркостная характеристика может замещаться другой яркостной характеристикой путем отождествления между собой некоторых исходных яркостей, например, закруглением шкалы яркости (а цветовая — другой цветовой — слиянием нескольких цветов). Поточечные значения выбранной характеристики могут определяться с учетом значений яркостей (цветов) соседних элементов.

Основная цель использования ранговых распределений состоит в том, чтобы выделять на изображении и обрабатывать в первую очередь зоны наибольшей информативности (характерные точки, замкнутые области и т.д.). В качестве исходной посылки при этом выдвигается гипотеза, что зоны наибольшей информативности составляют, прежде всего, редко встречающиеся элементы (элементы с наименьшей частотой повторения), которые несут основную семантическую нагрузку и формируют адекватный зрительный образ при восприятии изображения человеком.

Описание алгоритма:

1. Из исходного изображения формируется структура данных, представляющая матрицу пикселей.

2. Строится ранговые распределения для цветовых компонентов пикселей в границах прямоугольных локальных областей заданного пользователем размера и положения в пределах кадра.
3. Сравнение характеристик ранговых распределений локальных областей последовательных кадров дает признак наличия несанкционированных изменений. Порог рангового распределения выбирается экспертно по устойчивому обнаружению вставок на обучающем наборе видеопоследовательностей.
4. Изменение визуального представления данных определяется критерием среднеквадратичного отклонения (СКО) по яркостной компоненте сигнала. Изменение ранговых характеристик, превосходящее заданный порог при малом изменении СКО является признаком начала фрагмента потока, содержащего несанкционированные данные. Изменение ранговых характеристик, превосходящее заданный порог при большом изменении СКО является признаком изменения сюжета и ничего не говорит о наличии вложенных несанкционированных данных.

Метод может применяться как в пределах всего кадра, так и в пределах прямоугольной области — «окна», заданного координатами левого верхнего угла (X, Y) и размерами (W, H) в пикселах. Размеры и положения окна в процессе обработки видеопоследовательности остаются постоянными (рис. 1).

Параметры порога рангового распределения и СКО задает чувствительность значения порога наличия несанкционированной вставки и значение порога смены сюжетного плана соответственно.

Для корректного обнаружения вставок, размещенных в нескольких последовательных кадрах, при наличии резкого изменения значения рейтинга, производится поиск кадра со значением рейтинга близкого к значению кадра, расположенного непосредственно перед точкой изменения в пределах N следующих кадров.

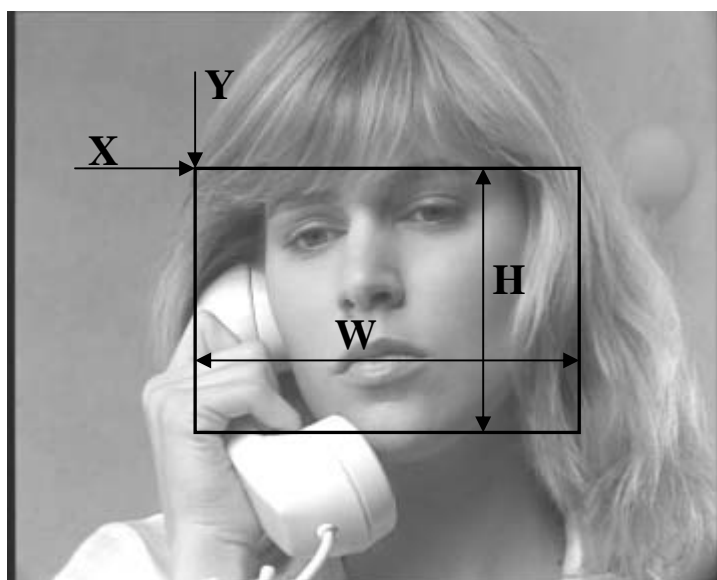


Рис. 1. Формирование «окна» в методе ранговых распределений.

3. Ранговый метод обнаружения межкадровых вставок

Обнаружение основано на наличии резкого отличия в содержимом соседних кадров с возобновлением исходного сюжета после окончания вставки.

Описание алгоритма: для последовательности кадров имеется буфер на N кадров, содержащий массивы рейтинговых характеристик для каждого кадра. В случае резкого изменения рейтинговых характеристик производится сравнение буферов для последнего и K предпоследних кадров. В случае установления близкого сходства (определяемого порогом) с одним из ранее запомненных кадров происходит уведомление о возможном наличии межкадровой вставки. В противном случае (когда ни один из кадров, находящихся в буфере не является близким к текущему) считается, что произошла смена сюжета и уведомление не выдается (рис. 2).

Предполагается, что в видеопоследовательности не используются сюжеты (близкие по содержанию кадры), состоящие менее чем из K кадров. В противном случае данный сюжет будет идентифицирован как межкадровые вставки.

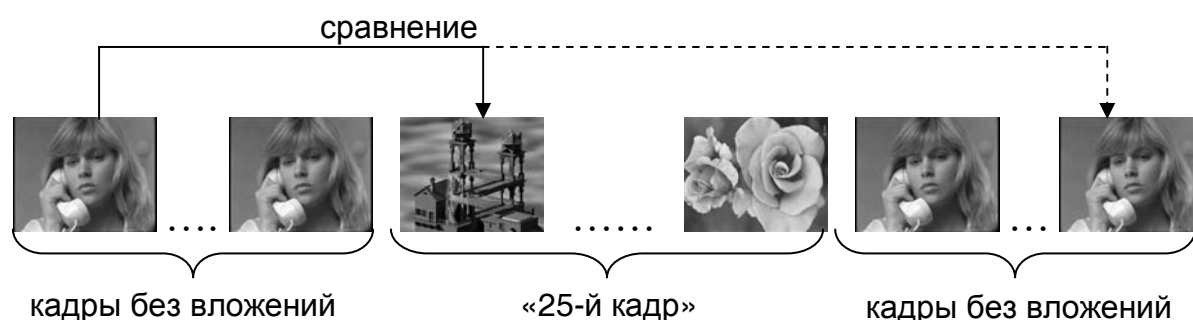


Рис. 2. Обнаружение межкадровых вставок методом ранговых распределений.

4. Экспериментальное исследование метода ранговых распределений пикселей в потоке

Для исследования эффективности разработанных методов использовались следующие тестовые последовательности:

- цифровая видеопоследовательность на цифровом носителе;
- различные телевизионные сигналы

Значение рейтинговых порогов для исследуемых тестовых видеопоследовательностей:

Тестовый сигнал 1. Цифровая последовательность на цифровом носителе:

Рейтинговый порог лежит в пределах от 20% до 27% при $СКО < 5$.

При вставке в видеопоследовательность кадров с несанкционированными вложениями, значение рейтингового порога резко увеличивается в 2–3 раза, в зависимости от размера встроенной информации.

На последовательностях такого типа метод работает очень стабильно, без сбоев. Нет необходимости тщательного «предварительного обучения».

Тестовый сигнал 2. Стандартный тестовый телевизионный сигнал.

Рейтинговый порог равен примерно 45–46% с $СКО < 3$. При внедрении несанкционированных вложений рейтинговый порог увеличивается до 49–50% при том же $СКО$, т.е. для правильного определения наличия несанкциониро-

ванных вложений необходимо четко задать начальные условия в программе — т.е. программа требует предварительной настройки.

Тестовый сигнал 3. Стандартный тестовый телевизионный сигнал №39 — «Календарь».

Сигнал характеризуется постоянной сменой плана (приближение–удаление).

Рейтинговый порог равен примерно 59–60% при $СКО < 15$. Большое значение $СКО$ обусловлено постоянной сменой плана в кадре.

Рейтинговый порог при наличии несанкционированного вложения равен 62% (или чуть больше, в зависимости от размера вставки и метода встраивания).

Таким образом, разница между значениями рейтинговых порогов исходного видеоряда и видеоряда со вставками минимальна и требуется точная предварительная настройка программы как по уровню рейтингового порога, так и по значению $СКО$. Вероятность ошибки при обнаружении несанкционированных вставок при этом повышается.

Тестовый сигнал 4. Рисованный мультипликационный фильм, записанный из телевизионного канала.

Рейтинговый порог от 18 до 30% при $СКО < 17$. Наличие вставки характеризуется увеличением рейтингового порога до 35–40%.

При задании начальных условий необходимо учитывать большое значение $СКО$ из-за постоянной смены плана.

Преимущество данного метода состоит в том, что он производит автоматическое обнаружение несанкционированных вложений. Но при этом требуется предварительная настройка на ту или иную видеопоследовательность. Самые лучшие результаты метод показывает на цифровых видеопоследовательностях. Обработка видеорядов, полученных из телевизионного канала требует более тщательного задания начальных условий при меньшей вероятности правильного обнаружения несанкционированных вложений.

5. Выявление «25 кадра» в видеопоследовательности ранговым методом

Тестовые последовательности те же, что и в предыдущем эксперименте. Метод показал достаточно хорошие результаты для всех последовательностей. Для работы требуется предварительная настройка, такая же, как и в предыдущем случае. Метод дает неадекватный результат в случае наличия резкой и недолгой (всего несколько кадров) смены сюжета (плана).

6. Заключение

В задаче выявления несанкционированных вложений стандартные статистические методы и методы, основанные на особенностях конкретных форматов являются сильно зависимыми от методов вставки несанкционированных данных и конкретных параметров изображений контейнеров, что затрудняет поиск критерия для автоматического обнаружения стеговставок и требует присутствия человека-эксперта.

Метод поиска уникальных отпечатков [1] является эффективным только при наличии постоянно актуализируемой базы существующих методов вложения стегоданных.

Ранговые методы выявления несанкционированных вложений являются эффективными при использовании без эксперта при начальной экспертной установке параметров.

Для задачи выявления 25 кадра эффективными являются методы, основанные на сравнении параметров битового представления и критерия, указывающего на смену семантического содержания (смену плана). Начальная экспертная установка параметров позволяет использовать метод в автономном режиме.

Для поиска «25 кадра» ранговый метод дает приемлемые результаты и является автоматическим (после задания начальных условий нет необходимости в наличии оператора).

Для автоматического обнаружения факта микширования видеосигнала (например, обнаружение логотипа) целесообразно применять метод ранговых распределений пикселей в комбинации с другими известными методами. Такой комбинированный подход удобно применять для поиска рекламы в телевизионном сигнале.

Литература

1. *Farid H.* Detection Steganographic Message in Digital Images // Technical Report TR2001-412, Dartmouth College, Hanover, NH, 2001.
2. *Fridich J., Goljan M.* Practical Steganalysis of Digital Images — State of the Art // Proc. SPIE Photonics West. Vol. 4675. Electronic Imaging 2002, Security and Watermarking of Multimedia Contents. San Jose, California, January, 2002. P. 1–13.
3. *Westfeld A., Pfitzmann A.* Attacks on Steganographic Systems // Proc. 3rd Info. Hiding Workshop, Dresden, Germany, September 28–October 1, 1999. P. 61–75.
4. *Александров В. В., Харин М. В.* Представление изображений ранговыми распределениями. Л.: ЛИИАН, 1988. 47 с. (Препринт №61).
5. *Александров В. В., Горский Н. Д.* Представление и обработка изображений: рекурсивный подход. Л.: Наука, 1985. 190 с.