

УДК 621.391.82

ТЕСТОВЫЕ КАДРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЦВЕТНЫХ И ЧЕРНО-БЕЛЫХ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛАХ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

*д-р техн. наук, проф. В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, Е.Р. АДАМОВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)*

Предлагается метод оценки качества маскирования видеоизображений в технических каналах утечки информации в виде набора тестовых кадров с учетом критериев разборчивости мелкодетальной и крупноплановой информации, а также информации о цветах. Обосновываются решения, принятые при создании тестовых кадров и производится проверка их эффективности в качестве инструмента для оценки защищенности изображения в технических каналах утечки информации.

Ключевые слова: *технические каналы утечки, защищенность видеосигнала, маскирование видеосигналов, тестовый видеокадр.*

Введение. Видеодисплейные модули являются источником электромагнитного излучения, содержащего информационный сигнал, который может быть перехвачен и восстановлен. Источниками каналов утечки также могут быть накопители, принтеры, плоттеры, однако основным источником электромагнитного излучения является дисплей. Несмотря на то, что мониторы, созданные на базе электронно-лучевой трубки, повсеместно вытесняются жидкокристаллическими экранами, проблема не исчезает, и такие модули по-прежнему требуют разработки методов защиты. Излучаемый сигнал, соответствующий видеосигналу, выведенному на монитор, нуждается в маскировании, для того чтобы избежать его перехвата путем использования активного передатчика маскирующего сигнала. Передатчик может быть программно и аппаратно связан с источником информационного излучения для генерации синхронных адаптивных видеозумовых кадров.

Одной из проблем, связанных с защитой информации, являются способы качественной оценки произведенных действий, которые должны быть максимально универсальными и наиболее информативными в качестве инструментов разработчика и пользователя.

Различные способы и методы разрушения информации, содержащейся в видеоизображении, оказывают на него различное влияние, которое невозможно свести к строгой количественной оценке, поскольку графические объекты имеют множество параметров. Параметр отношения сигнал-шум не может служить объективной оценкой степени защищенности информации, а общая визуальная оценка отдельных изображений не способна обеспечить достаточную точность.

Формирование тестового видеокадра. Для оценки качества маскирования видеосигнала необходим эталон – тестовый кадр. Это сигнал, соответствующий одному видеокадру, содержащий графическую информацию, такую как различные линии, символы и фигуры различных размеров и цветов. Использование тестовых сигналов – важная составляющая систем обнаружения побочного излучения средств вычислительной техники [1], поскольку они обеспечивают воспроизводимость измерений – их качество, которые отражают близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в разное время, различными методами и средствами) [2].

Тестовые видеокадры созданы для различных целей: проверка мониторов на цветопередачу, битые пиксели, мерцание, резкость, яркость и контрастность, калибровка экрана и другие. Для оценки качества маскирования необходим специальный тестовый кадр, который в первую очередь будет учитывать именно необходимые для оценки параметры. В качестве таких параметров предлагаются различимость крупноплановых и мелкодетальных объектов, их цветопередача и различимость градиентных переходов.

Целесообразно рассматривать в первую очередь типы графической информации, которые наиболее широко используются в технике и научных исследованиях. Стандартный стиль ведения документации – это шрифт Times New Roman 9–14 размера черного цвета обычного написания и полужирный для заголовков. Для чертежей и технических текстов, согласно [3], используется шрифт, соответствующий шрифту ISOCPEUR в MS Word. Сами чертежи всегда содержат набор вертикальных и горизонтальных линий различной толщины в качестве элементов рамок, сносок, осей и обозначения самих элементов конструкции.

Мелкодетальная информация. В роли мелкодетальных объектов, как правило, используется текстовая и числовая информация в виде различных символов преимущественно русского и английского алфавита, а также знаки препинания. Линейные размеры элементов также определяются параметром физического разрешения видеодисплея, которое в современных мониторах превышает качество HD (1280×720 пикселей). Поэтому с учетом возможности масштабирования страницы в MS Word для повышения читаемости текста линейные размеры отдельных символов могут составлять 5–14 пикселей с наличием внутренней структуры, что и позволяет выделить их как мелкодетальную информацию.

Для оценки степени разрушения информации возможно также использование программ автоматического распознавания текста. Они способны дать более точный результат, но их эффективность быстро падает с увеличением амплитуды шума.

Крупноплановая информация. В роли крупноплановых объектов используются изображения, т.е. силуэты изображенных на них объектов с размером, значительно превосходящим размер единичного элемента, то есть пикселя. Такими объектами могут быть, например, контуры летательных аппаратов на фоне неба или кораблей на фоне воды. При наличии однородного заднего плана объект четко выделяется, что затрудняет его маскирование, поэтому именно такой случай необходимо учитывать при создании тестового кадра.

Наиболее оптимальным вариантом является совмещение крупноплановой и мелкодетальной информации в одном кадре, поскольку контур большого объекта в приближении может носить мелкодетальный характер. Примером является паттерн «шахматное поле», состоящий из черных чередующихся квадратов на белом фоне, в свою очередь состоящих из набора вертикальных, горизонтальных полос переменной толщины 1–4 пикселя, использованных в работе [5]. На реальных изображениях строго горизонтальные и вертикальные линии встречаются редко, чаще всего контуры объектов представлены сложными кривыми, которые в приближении могут быть рассмотрены как наклонные линии. Поэтому целесообразно внести в существующий паттерн соответствующие изменения (рисунок 3).

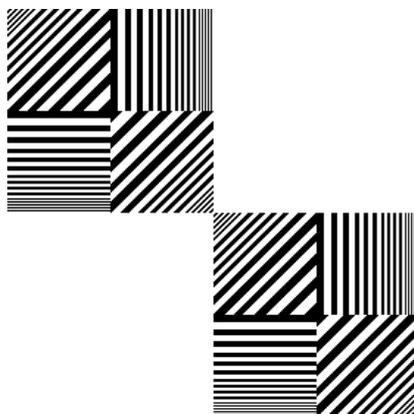


Рисунок 3. – Паттерн «шахматное поле» с диагональными линиями

Одна ячейка размером 140 на 140 пикселей содержит по 14 полос различных направлений. Этот тестовый кадр является упрощенным аналогом тестового кадра с текстовой информацией, но здесь в первую очередь проверяется эффективность маскирования прямых линий и в крупноплановой информации в целом.

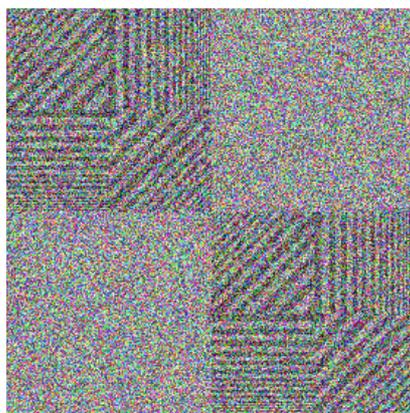


Рисунок 4. – Тестовый кадр «шахматное поле», смешанный с белым шумом (ОСШ = -10 дБ)

При ОСШ = -10 дБ происходит разрушение полос всех типов толщиной 1–2 пикселя, но при этом крупноплановые квадраты остаются визуально различимыми. Разрушение крупноплановой структуры при наложении цветного белого шума происходит лишь при ОСШ = -20 дБ. Для различных маскирую-

ших воздействий данные параметры будут отличаться, что и позволит установить эффективность их маскирования.

Цветовая информация. Информация о цвете также является важным параметром. Зачастую изображение возможно точно идентифицировать только при условии наличия информации о цветах, например, установить тип окружения или принадлежность военной техники какой-либо стране по опознавательным знакам. Все современные мониторы работают с 3 цветовыми компонентами: красным (R), зеленым (G), синим (B). Их всевозможные сочетания дополнительно формируют цветовое пространство RGB.

С идентификацией цвета тесно связана различимость градиентов. Реальные изображения, как правило, содержат множество полутонов, сохранение информации о которых может снизить качество маскирования. Из-за плавности изменения уровней градиенты дают наибольший вклад в область средних частот видеосигнала.

В качестве основы для проверки можно взять цвета из палитры RGB, смешанные с градиентом белого и черного цвета (рисунок 5). Таким образом, получается новая цветовая карта. По оси x располагаются цвета, состоящие из всех возможных сочетаний трех основных цветовых компонент. По оси y изменяется насыщенность цвета от 0 (сверху и снизу изображения) до максимального значения (в центре изображения). При этом в верхней половине цвета смешиваются с черным цветом, а в нижней – с белым, которые являются крайними оттенками серого цвета.

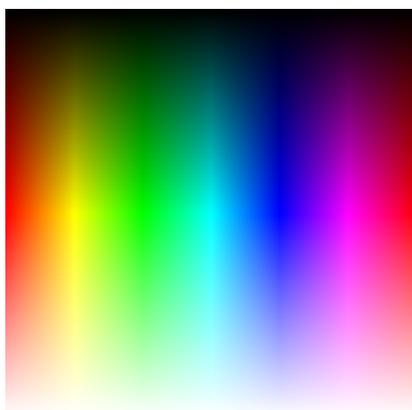


Рисунок 5. – Тестовый цветной кадр

На рисунке 6 представлен тестовый кадр с цветовой информацией, замаскированный цветным белым шумом с различными ОСШ.

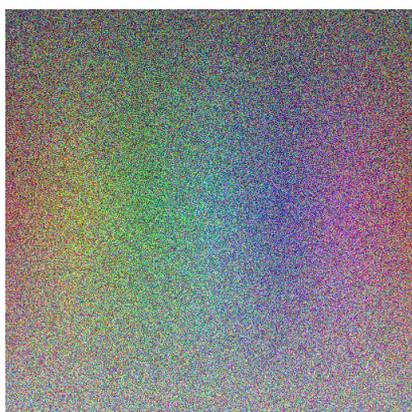
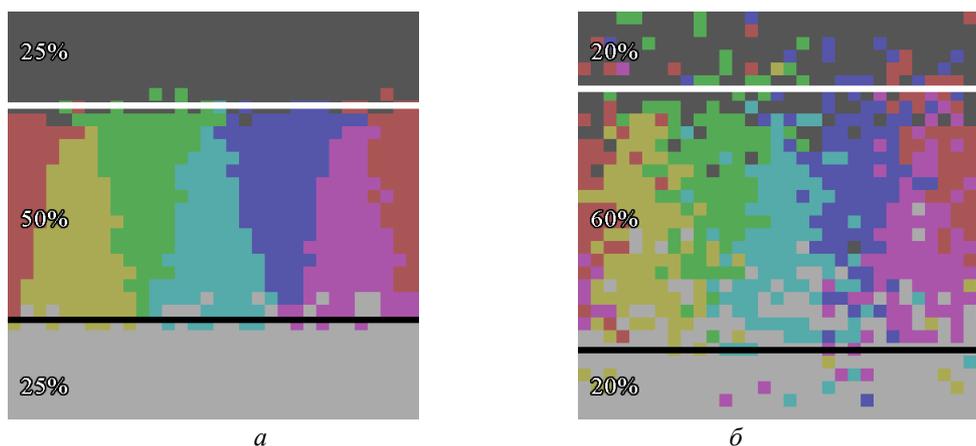


Рисунок 6. – Тестовый цветной кадр, смешанный с белым шумом (ОСШ = -10 дБ)

Из рисунка 6 видно, что при воздействии цветным белым шумом на цветовые и яркостные компоненты изображения в первую очередь разрушаются его участки, обладающие низкой насыщенностью. При этом в центре, где цвета в наименьшей степени смешаны с оттенками серого, информация о них сохраняется. Но при масштабировании изображения, что равнозначно уменьшению площади цветового компонента, становится сложнее определить исходный цвет.

Для различных методов разрушения информации степень разрушения слабонасыщенных цветных участков будет различна, что позволит установить их эффективность.

Без дополнительных инструментов затруднительно точно определить степень разрушения информации, поскольку человеческая зрительная система неспособна в таком случае провести четкую границу. Для этого предлагается использовать связку инструментов «Пикселизация + Постеризация». Первый этап позволяет усреднять цвет на равных произвольных участках изображения, а второй этап уменьшает количество оттенков; на практике это приводит к тому, что слабонасыщенные участки становятся серыми. Процент серых областей точно показывает, насколько сильно воздействует маскирующий сигнал на тестовый кадр (рисунок 7).



a – ОСШ = -10 дБ; *б* – ОСШ = -20 дБ

Рисунок 7. – Обработанные тестовые цветные кадры, смешанные с белым шумом

Из рисунка 7 следует, что при наложении белого цветного шума при ОСШ до -10 дБ ненасыщенная область сохраняется в пределах 50%. При этом границы цветов выглядят относительно ровными. Это связано с тем, что инструмент «Постеризация» в данном случае делает серыми участки с насыщенностью меньше половины от максимального значения. С дальнейшим уменьшением ОСШ границы цветов становятся менее четкими, а ненасыщенная область уменьшается. При этом отдельные цветные участки в верхней и нижней границах изображения не будут соответствовать цветам, которые присутствовали в этой области в оригинальном изображении. Это вызвано тем, что в слабонасыщенных областях все сильнее сказывается влияние случайных цветовых компонент. В итоге оценка степени разрушения информации о цветах сведется к определению степени разрушения характерного цветового паттерна небольшого разрешения.

На реальных изображениях цвет сам по себе, без формы, которая ограничивает фигуру, может нести незначительное количество информации. Возможным компромиссом является сочетание двух тестовых кадров – градиентного поля и паттерна «шахматное поле» (рисунок 8).

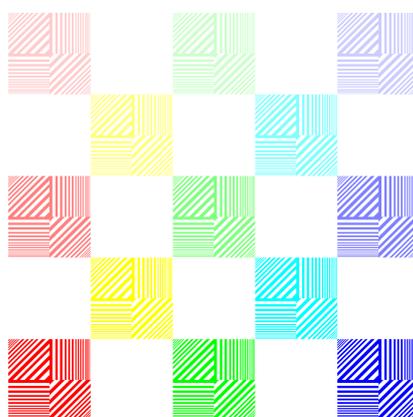


Рисунок 8. – Тестовый цветной кадр «шахматное поле»

Рисунок 8 представляет тестовый кадр «шахматное поле», где квадраты раскрашены в цвета из палитры RGB, при этом существует градация насыщенности, т.е. цвет объектов плавно смешивается с цветом фона по вертикальной шкале. Таким образом, в этом тестовом кадре сочетаются крупноплановые и мелкодетальные объекты, а также информация о цветах.

Рисунок 9 подтверждает, что объекты с низкой насыщенностью цвета разрушаются сильнее всего, причем это утверждение справедливо как для мелкодетальных, так и для крупноплановых объектов. Например, для ОСШ = -8 дБ мелкодетальная информация частично сохраняется лишь в квадратах базовых цветов наибольшей насыщенности, но крупноплановая информация разрушается лишь для самых слабонасыщенных квадратов, при этом синий и красный компоненты изменяются в меньшей степени, чем зеленый, что связано с особенностями человеческой зрительной системы.

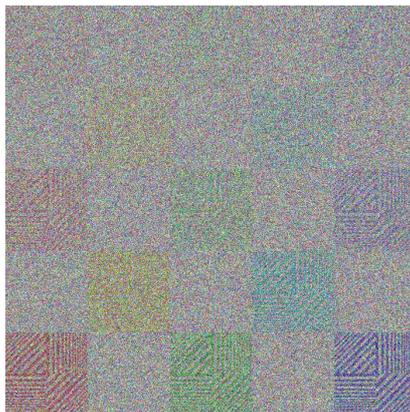


Рисунок 9. – Тестовый цветной кадр «шахматное поле», смешанный с белым шумом (ОСШ = -8 дБ)

Рисунок 10 показывает, что при ОСШ = -8 дБ в крупноплановая и цветовая информация не сохраняется лишь для самых слабонасыщенных участков.

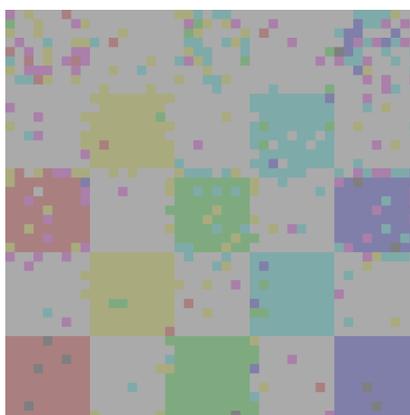


Рисунок 10. – Обработанный тестовый цветной кадр «шахматное поле», смешанный с белым шумом (ОСШ = -8 дБ)

Для оценки разрушения цветовой информации и также информации о крупномасштабных объектах применим тот же метод, что был описан с помощью рисунка 7 (рисунок 10).

Вывод. Для наиболее полной оценки качества маскирования изображения необходимо учитывать такие параметры, как степень разрушения мелкодетальной и крупномасштабной, а также цветовой информации. Предложены варианты тестовых кадров: набор текстовых символов различного размера и написания в качестве мелкодетальной информации и паттерн «шахматное поле», содержащий крупные формы в виде квадратов, состоящих из набора горизонтальных, вертикальных и диагональных линий различных цветов с различной степенью яркости.

В отличие от имеющихся средств оценки маскирования изображения, которые подразумевают работу в спектральной области [6], предложенные методы рассчитаны на графическое непосредствен-

ное представление информации и визуальный анализ. Преимуществами являются возможность точно установить степень разрушения информации за счет наличия в тестовых кадрах градаций параметров подвергаемых маскированию объектов и учет множества параметров, которыми обладает графическая информация.

Комплексный подход к проблеме оценки качества маскирования видеоинформации позволил найти различные решения в виде создания и обоснования использования тестовых кадров, позволяющих дать визуальную оценку степени защищенности изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование алгоритма обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров : материал 4-й междунар. конф. и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применения», Москва, февр. 2002 г. – М., 2002. – С. 326 – 329.
2. Защита информации от утечки по техническим каналам : учеб. пособие / В. К. Железняк;. – СПб. : ГУАП, 2006. – 188 с.
3. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные: ГОСТ 2.304-81 – 1982.
4. The Distant Origins of Sub-Pixel Font Rendering. – Mode of access: <https://www.grc.com/ctwho.html>. – Date of access: 11.03.2018.
5. Барков, А.В. Маскирование RGB-видеокадров синхронными адаптивным шумовым RGB-видеокадром / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С, Фундаментальные науки. – 2013. – № 12. – С. 2–6.
6. Тупота, В.И. Применение многофункционального комплекса АРК-ДІТІ для оценивания защищенности информации от утечки по каналу ПЭМИН / В.И. Тупота, В.А. Козьмин, А.Б. Токарев // Специальная техника. – 2006. – № 1. – С. 38–46.

Поступила 02.03.2018

TEST STAFF FOR EVALUATING THE PROTECTION OF COLOR AND BLACK-WHITE VIDEO IMAGES IN TECHNICAL LEAKAGE CHANNELS

V. ZHELEZNYAK, E. ADAMOVSKIY

A method is proposed for assessing the quality of masking video images in technical channels of information leakage in the form of a set of test frames, taking into account the criteria for legibility of small-scale and large-scale information, as well as information on colors. The decisions made during the creation of test frames are substantiated and their effectiveness is checked as a tool for evaluating the image security of technical information leakage channels.

Keywords: technical leak channels, video signal security, video masking, test video frame.