ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ

Е. П. Мацкевич

Стеганография решает такие остро стоящие вопросы как электронная цифровая подпись, скрытое хранение и передача секретной информации по открытым каналам передачи данных. Математические аспекты этой проблемы на сегодняшний день разработаны недостаточно и данное исследование в определенной степени восполняет этот пробел [1]. Способы и методы скрытия секретных сообщений известны давно, причем, данная сфера человеческой деятельности получила название *стеганография* [2].

В работе обсуждается исследование различных методов анализа свойств изображений, которые в дальнейшем могут быть использованы для их классификации. Создание таких методов предполагает детальное изучение участков изображения на предмет возможности встраивания в них информации на основе данных об однородности/неоднородности структуры.

Внедрение в стеганографический алгоритм указанных выше механизмов не только повысит эффективность скрытия информации, но и позволит повысить устойчивость стеганографических систем.

В ходе работы было изучено более 1000 изображений. Исследования производились с использованием языка интерпретатора MatLab 2009.

В ходе выполнения данной работы были исследованы изображения размером 8*8 пикселей, при этом число 8 выполняло роль линейного размера субматриц большинства цифровых устройств, имеющих дело с изображениями. Такие размеры субматриц сложились исторически на основании наилучшего соотношения достаточной информативности и малого размера. Например, в случае формирования изображения с помощью ПЗС-линейки, заряд в её единственной строке «перетекает» к выходным каскадам усиления и там преобразуется в сигнал. У матрицы, состоящей из многих фотострок, заряд из выходных элементов каждой строки оказывается в ячейке ещё одного сдвигового устройства. Таким образом, построение матриц изображений идет по строкам/столбцам, соответственно, классификацию изображений наиболее рационально проводить по строкам/столбцам.

- **Метод разностей.** Суть метода заключается в разбиении изображения на строки и столбцы, нахождении в каждой строке/столбце минимумов, сдвиге значений элемента в каждой строке/столбце на значение минимального элемента. Для каждого из изображений строились графики зависимости нормированных значений в строках/столбцах (для R, G и B матриц), соответственно, от номера столбца/строки. Для алгоритма характерна малая вычислительная сложность. Однако, возникли затруднения при работе с изображениями с неоднородностью в виде всплеска, изображениями с четко выраженной блочной структурой. В этих случаях, достаточно часто

из построенных графиков напрямую не следует структура изображений. Был так же реализован алгоритм, где вместо минимума в каждой строке/столбце находили максимумы. Полученные результаты – аналогичны.

•**Метод произведений разностей.** Этот подход заключается в нахождении разностей между соседними элементами в строке/столбце и построении графика зависимости скалярного произведения векторов этих разностей от номера элемента в матрице изображения. Данный метод является мало эффективным, так как результаты для однородных и неоднородных изображений не проявляли существенных различий.

•**Метод дисперсии.** Данный метод подразумевает нахождение дисперсии значений элементов RGB-матрицы по вектор-строкам/ вектор-столбцам и построение зависимости квадрата среднеквадратичного отклонения от среднего значения по номерам столбца/строки. Использование аппарата математической статистики позволило проклассифицировать изображения на однородные и неоднородные, т.е. по полученным зависимостям можно наглядно определить структуру изображения. К недостаткам этого метода можно отнести повышенную вычислительную сложность, невозможность разделить изображения на неоднородные и сильно неоднородные.

•**Классификация по показателю однородности.** Предложено использование нового подхода к агрегированию многомерных данных на основе показателя однородности k, который представляет собой отношение среднего гармонического значений элементов массива к среднему арифметическому. Важнейшей особенностью алгоритма классификации изображений по показателю однородности является инвариантность к преобразованиям подобия и инверсии и к пространственному положению неоднородности [4].

С помощью этого показателя исследовано неоднородное и однородное изображение (рис.1).

Графики зависимостей показателей однородности от номера строки и номера столбца для этих изображения приведены на рис. 2.

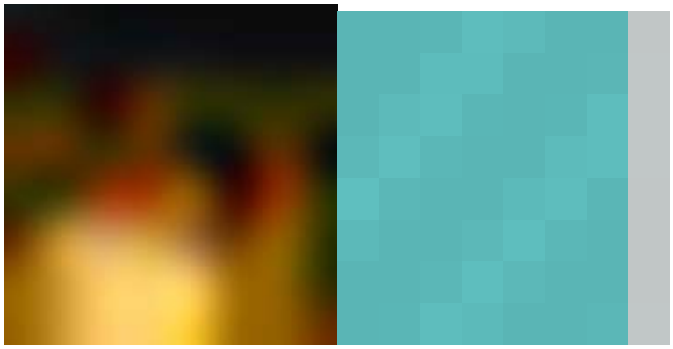

Рис.1. Примеры фрагментов неоднородного и однородного изображений

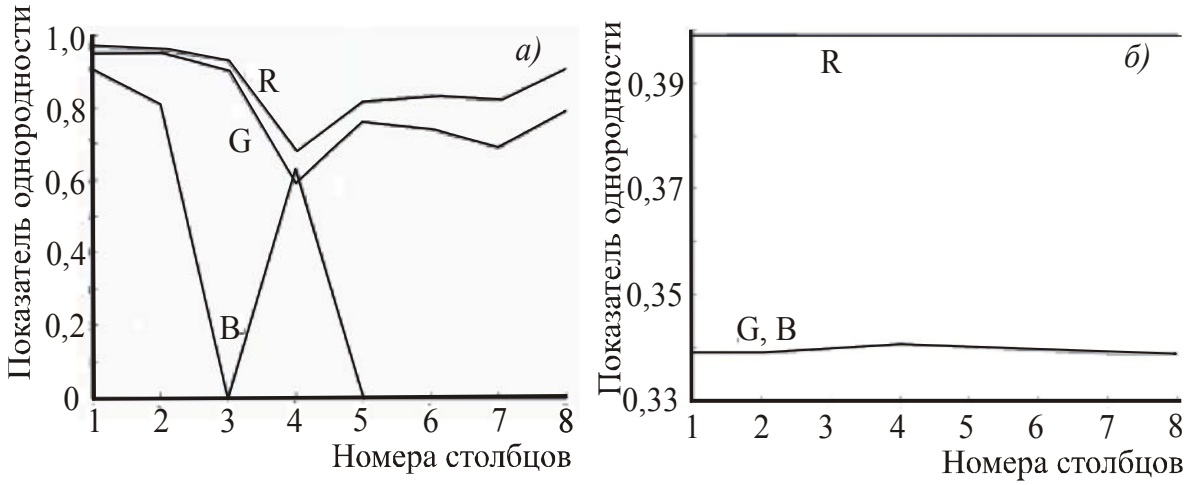

Рис.2. Графики зависимости показателя однородности от номера столбца для R, G, B матриц для неоднородного *(а)* и однородного *(б)* изображений

Коэффициент однородности меняется от нуля до единицы [3], поэтому было предложено классифицировать изображения следующим образом:

$0 \le \Delta k \le 0.002$ – однородное по строкам/столбцам;

$0.002 < \Delta k \le 0.3$ – слабо однородное (слабо неоднородное) по строкам/столбцам;

$0.3 < \Delta k \le 0.9$ – неоднородное по строкам/столбцам;

$0.9 < \Delta k \le 1$ – сильно неоднородное по строкам/столбцам,

где $к_{max}$ – $к^{мин} = \Delta к$, где $к_{max}$ – максимальное значение коэффициента однородности, $к^{мин}$ – минимальное значение коэффициента однородности, $\Delta к$ – коэффициент однородности.

Значения граничных коэффициентов однородности для матриц могут быть скорректированы. В таблицах 1 и 2 приведены результаты анализа по данной методике изображений, приведенных на рис.1.

Недостатком данного алгоритма классификации изображений является наибольшая из всех рассмотренных ранее вычислительная сложность.

Исследованный разностный метод оценки изображений оказался применимым только к изображениям с равномерным распределением неоднородностей по всему пространству изображения.

Таблица 1

Цвет	По строкам	По столбцам
Красный (R)	слабо однородное	неоднородное
Зеленый (G)	неоднородное	неоднородное
Синий (B)	сильно неоднородное	неоднородное

Таблица 2

Цвет	По строкам	По столбцам
Красный (R)	однородное	однородное
Зеленый (G)	однородное	однородное
Синий (B)	однородное	однородное

Классификация их произведениями разностей соседних пикселей явилась менее чувствительной к неравномерности распределения неоднородностей в пространстве изображения. Однако, была выявлена слабая чувствительность этого метода при работе с изображением, в котором имеется локальный выброс значения пикселя хотя бы в одной из его цветовых матриц.

Использование дисперсионного критерия позволило четко провести различие между однородными и неоднородными изображениями, однако при этом наблюдаются сбои при работе с изображениями сильной и слабой неоднородности.

Предложен алгоритм, который позволяет классифицировать изображения по степени однородности/неоднородности на основе обобщения коэффициента однородности. При этом удается разделять изображения по диапазону изменения их коэффициентов однородности на: однородные, слабо неоднородные, неоднородные, сильно неоднородные.

Исследования проводились по трем цветовым матрицам (R, G, B) изображений, что позволяет реализовать адаптивное стеганографическое встраивание данных в любую из них.

Литература

1. *Пономарев К. И.* Некоторые математические модели стеганографии и их статистический анализ: Автореф. Дис. Москва, 2010.
2. *Барсуков В. С.* Компьютерная стегонография вчера, сегодня, завтра.Технологии информационной безопасности 21 века/ В. С. Барсуков, А. П. Романцов //Специальная Техника" №4-5 1998 год.
3. *Грибунин В. Г.* Цифровая Стеганография./ В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев // М.:Солон-Пресс, 2002 – 272 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ВОЛНОВОДАХ С МОДУЛИРОВАННЫМ ПРОФИЛЕМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

К. Б. Микитчук

Разработка компактных источников среднего и дальнего ИК диапазона в настоящее время является актуальной задачей. Подход к получению среднего и дальнего ИК излучения, который может обеспечить генерацию при комнатной температуре, состоит в использовании нелинейных эффектов в арсениде галлия [2], [3], [4].

Основная трудность для эффективной нелинейной генерации состоит в необходимости выполнения условия фазового синхрониз-