

УДК 004.056.5

Е.Ю. Лебедева,

кандидат технических наук, доцент

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБЛАСТЕЙ КЛОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ОБЛАСТИ КЛОНИРОВАНИЯ

В работе рассматриваются геометрические преобразования, такие как зеркальное отражение и поворот, применяемые к части/частям изображения для нарушения целостности изображения. Рассматриваются базовый метод выявления и локализации клонированных областей и его адаптация для обнаружения клонированных областей в условиях их геометрического преобразования. Приводятся результаты применения базового и адаптированного методов.

Ключевые слова: фальсификация изображений, клонирование, геометрические преобразования, коэффициент корреляции.

У роботі розглядаються геометричні перетворення, такі як дзеркальне відображення та поворот, що використовуються до частини/частин зображення для порушення цілісності зображення. Розглядаються базовий метод виявлення і локалізації клонованих областей та його адаптація для виявлення клонованих областей в умовах їх геометричних перетворень. Наводяться результати застосування базового та адаптованого методів.

Ключові слова: фальсифікація зображень, клонування, геометричні перетворення, коефіцієнт кореляції.

In this paper geometric transformations, such as regular reflection and rotation, applied to the part / parts of the image for the integrity violation of the image, have been presented. Basic method of the detection and localization of the cloned areas as well as its adaptation for the detection of cloned areas in terms of their geometric transformation are considered. The results of an applying the basic and adaptive methods are stated.

Keywords: image falsification, cloning, geometric transformations, the correlation coefficient.

Введение

На сегодняшний день использование цифровой фото и видеоаппаратуры приобрело массовую популярность. Доступность и легкость в применении программного обеспечения для обработки и редактирования цифровых изображений (далее – ЦИ) и цифрового видео (далее – ЦВ) дало толчок для увеличения количества поддельяемых изображений (видео). Особенно остро стоит проблема, когда ЦИ (ЦВ) играют важную роль в современном информационном пространстве и используются

в прессе, медицине, науке, судебных разбирательствах, правоохранительными органами и т.п.

Корректное использование ЦИ возможно только при сохранении их целостности. Существуют разнообразные методы выявления различных способов нарушения целостности ЦИ, однако одной из наиболее часто используемых операций при фальсификации ЦИ, реализованной во всех графических редакторах, является операция клонирования, в ходе которой происходит замена части (частей) ЦИ, частью (частями) того же изображения. Большинство существующих методов выявления нарушения целостности ЦИ не учитывают возможность постобработки клонированной области ЦИ средствами графических редакторов. Поэтому чрезвычайно *актуальным* является решение проблемы выявления и локализации клонированных областей изображения, в условиях постобработки клонированной области.

Постановка задачи и цель исследования

В работе рассматривается нарушение целостности, созданное путем клонирования частей одного и того же изображения и их постобработка в виде геометрического преобразования. Под геометрическим преобразованием области ЦИ будем понимать применение к ней таких операций, как зеркальное отражение и поворот.

Одним из популярных и широко используемых программных средств обработки изображений является программа Adobe Photoshop. Она обладает огромным количеством инструментов для обработки изображений. Для создания фальсификаций могут использоваться такие инструменты, как: Ластик (Eraser tool), Инструменты выделения (Marquee tools), Лассо (Magnetic lasso tool) и Штамп (Clone stamp tool). Перечисленные средства позволяют создать клонированную область на изображении. Для лучшего внедрения созданной клонированной области с точки зрения визуальной незаметности Photoshop предлагает пользователям группу инструментов Преобразование (Transform), а именно для создания вертикального и горизонтального зеркального отражения используются инструменты Flip Vertical и Flip Horizontal соответственно, для поворота – Rotate 90 CW, Rotate 90 CCW.

Целью настоящей работы является адаптация базового метода выявления и локализации областей клонирования в цифровых изображениях, в условиях геометрических преобразований клонированной области.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

– Получить математические преобразования для выполнения геометрического преобразования подобласти цифрового изображения.

– Адаптировать базовый метод выявления и локализации области клонирования, в условиях симметричного отражения и поворота клонированной области.

Базовый метод выявления и локализации области клонирования в цифровых изображениях

Пусть имеется изображение I размера $M \times N$ с матрицей яркости Y . Основные шаги базового метода выявления и локализации областей клонирования в ЦИ выглядят следующим образом [1].

1. Разбить матрицу яркости Y ЦИ на пересекающиеся блоки $C = \{c_1, c_2, \dots, c_s\}$, $\bigcup_{i=1}^s c_i = Y$ размерами $p \times p$ (здесь каждый последующий блок c_i отличается от предыдущего c_{i-1} сдвигом на 1 пиксель вправо, влево, вниз или вверх).

2. Для каждой пары блоков c_i, c_j , $i=1, \dots, s$, $j=i+1, \dots, s$ вычислить меру близости $\delta = \text{Metrica}(c_i, c_j)$.

3. Найти пары блоков c_i, c_j , принадлежащие областям клона и его прообразу путем анализа значения меры близости δ .

Был проведен вычислительный эксперимент [2] с использованием различных мер близости, и в результате был выбран в качестве меры близости коэффициент корреляции Пирсона [3].

Иллюстративный пример работы базового алгоритма выявления и локализации областей клонирования представлен на рис. 1.

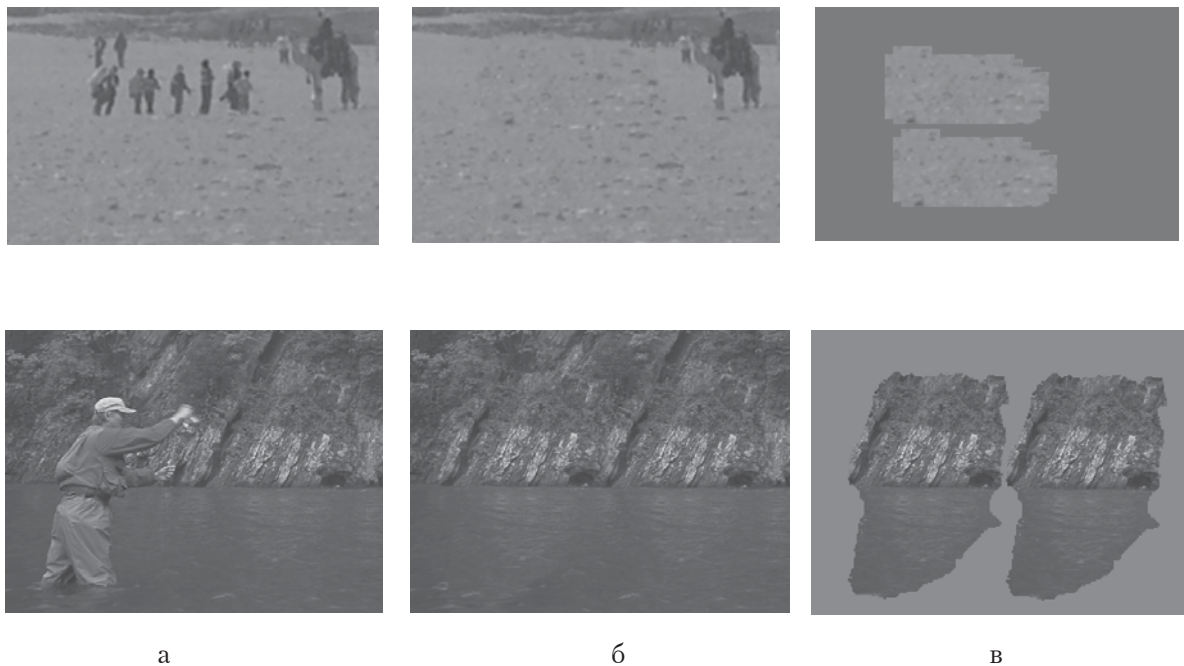


Рис. 1. Результат работы алгоритма выявления и локализации областей клонирования: оригинальное изображение (а); фальсифицированное (б); результат выявления области клонирования (в)

Для внедрения клонированной области с точки зрения визуальной незаметности стороннему наблюдателю можно использовать геометрическое преобразование клонированной области.

Преобразование блока изображения при геометрических операциях

Пусть имеется подматрица матрицы яркости Y блока D ЦИ, например размером 4×4 :

$$D = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} \\ y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \end{bmatrix}$$

Тогда местоположение пикселей блока D при зеркальном отражении относительно оси y будет иметь вид (1), относительно оси x будет иметь вид (2) и при двойном отражении относительно оси x и оси y будет иметь вид (3) [4].

$$D^y = \begin{bmatrix} y_{14} & y_{13} & y_{12} & y_{11} \\ y_{24} & y_{23} & y_{22} & y_{21} \\ y_{34} & y_{33} & y_{32} & y_{31} \\ y_{44} & y_{43} & y_{42} & y_{41} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$D^x = \begin{bmatrix} y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} \\ y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$D^{xy} = \begin{bmatrix} y_{44} & y_{43} & y_{42} & y_{41} \\ y_{34} & y_{33} & y_{32} & y_{31} \\ y_{24} & y_{23} & y_{22} & y_{21} \\ y_{14} & y_{13} & y_{12} & y_{11} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Местоположение пикселей блока D при повороте на 90 градусов по часовой стрелки и против часовой стрелки будет иметь вид (4) и (5) соответственно.

$$D^{90+} = \begin{bmatrix} y_{41} & y_{31} & y_{21} & y_{11} \\ y_{42} & y_{32} & y_{22} & y_{12} \\ y_{43} & y_{33} & y_{23} & y_{13} \\ y_{44} & y_{34} & y_{24} & y_{14} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$D^{90-} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{21} & y_{31} & y_{41} \\ y_{12} & y_{22} & y_{32} & y_{42} \\ y_{13} & y_{23} & y_{33} & y_{43} \\ y_{14} & y_{24} & y_{34} & y_{44} \end{bmatrix} \quad (5)$$

В качестве необходимого условия для проверки блока на зеркальное отражение и поворот на 90 градусов является равенство гистограмм рассматриваемых блоков.

Адаптация базового метода выявления и локализации области клонирования в условиях геометрического преобразования клонированной области

Основные шаги адаптированного алгоритма выглядят следующим образом.

1. Инициализировать выявляемую область $res = \emptyset$ и разбить матрицу яркости Y ЦИ на множество пересекающихся блоков размерами $p \times p$ пикселей: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_s\}$, таких что:

$$\bigcup_{i=1}^s c_i = Y$$

(здесь каждый последующий блок c_i отличается от предыдущего c_{i-1} сдвигом на 1 пиксель вправо, влево, вниз или вверх).

2. Каждый блок c_i , $i=1, \dots, s$ рассмотрим в паре со всеми c_j , $j=i+1, \dots, s$, соответственно. Для каждой пары:

2.1) построить гистограммы значений яркости пикселей блоков c_i , c_j ; каждая из гистограмм рассматривается как массив длины 256, k -ый элемент которого равен количеству пикселей яркости k : $f_{c_i}(k)$, $f_{c_j}(k)$, соответственно;

2.2) вычислить разность гистограмм HS в соответствии с формулой

$$HS = \sum_{y=0}^{255} |f_{c_i}(y) - f_{c_j}(y)|;$$

2.3) если $HS=0$, то

2.3.1) для блока c_i построить блоки соответствующие 3 зеркальным преобразованиям c_i^x , c_i^y и c_i^{xy} и 2 поворотам c_i^{90+} и c_i^{90-} ;

2.3.2) вычислить коэффициенты корреляции cor^x , cor^y , cor^{xy} , cor^{90+} , cor^{90-} для c_j и каждого блока c_i^x , c_i^y , c_i^{xy} , c_i^{90+} и c_i^{90-} , соответственно:

$$cor^x = correlation(c_i^x, c_j), \quad cor^y = correlation(c_i^y, c_j),$$

$$cor^{xy} = correlation(c_i^{xy}, c_j),$$

$$cor^{90+} = correlation(c_i^{90+}, c_j), \quad cor^{90-} = correlation(c_i^{90-}, c_j);$$

2.3.3) если $cor^x = 1$ или $cor^y = 1$, или $cor^{xy} = 1$, или $cor^{90+} = 1$, или $cor^{90-} = 1$, то блоки c_i и c_j являются оригинальным и клонированным, $res = res \cup c_i \cup c_j$.

Иначе рассмотрим следующую пару блоков.

3. Вивести найденную область *res*.

Пример работы разработанного адаптированного метода выявления и локализации областей клонирования в условиях зеркального отражения и поворота клонированной области представлен на рис. 2 и 3.

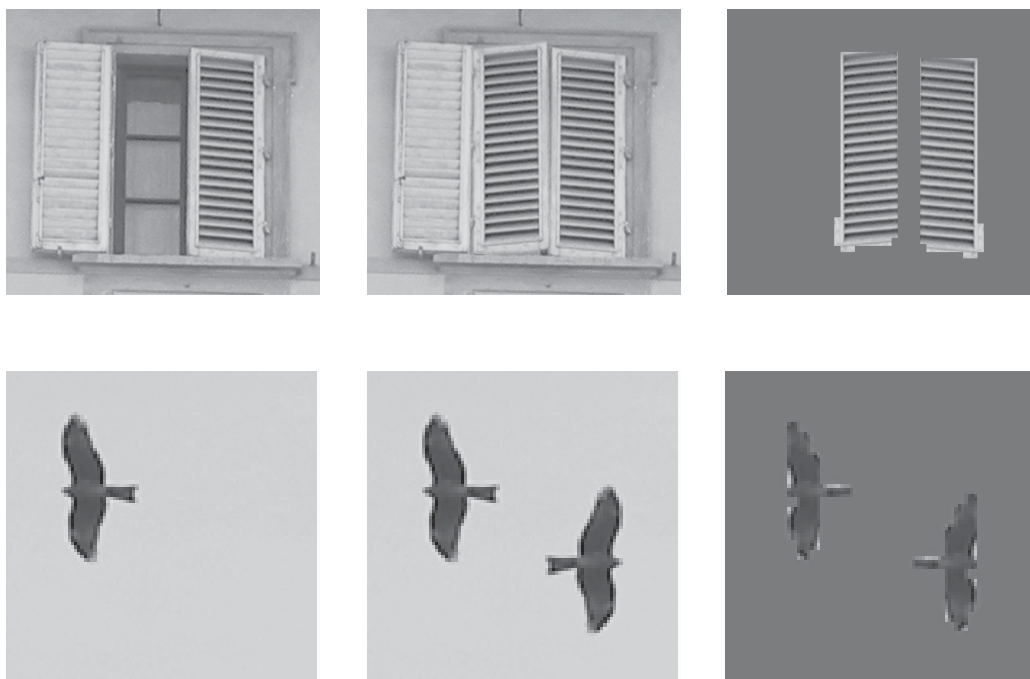


Рис. 2. Результат работы алгоритма выявления и локализации областей клонирования в условиях зеркального отражения клонированной области: а – оригинальное изображение; б – фальсифицированное; в – результат выявления области клонирования

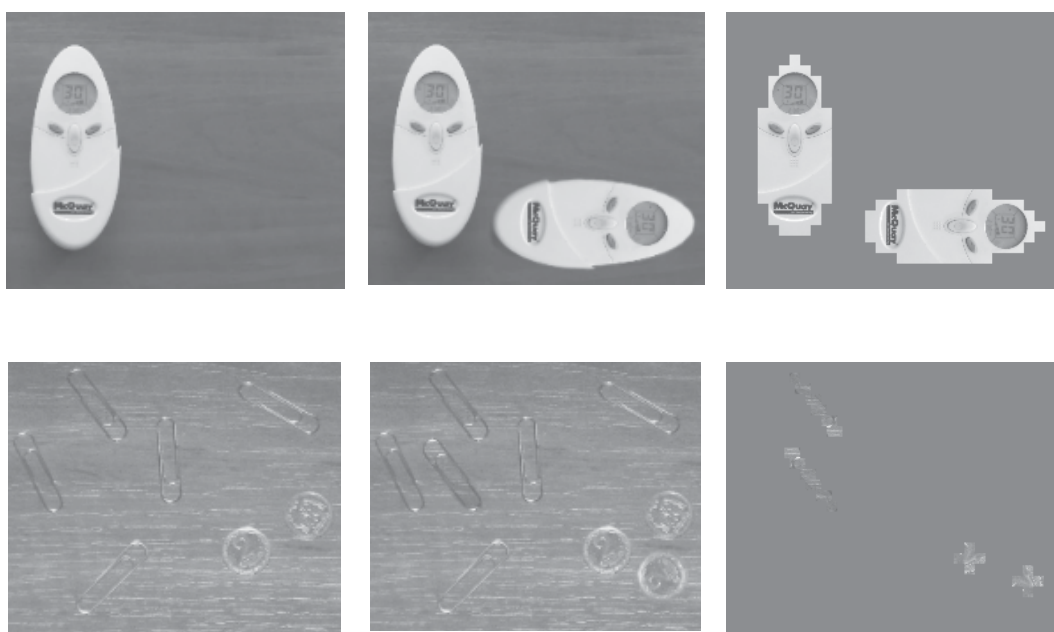


Рис. 3. Результат работы алгоритма выявления и локализации областей клонирования, в условиях поворота клонированной области: а – оригинальное изображение; б – фальсифицированное; в – результат выявления клонированных областей

Выводы

Были рассмотрены геометрические преобразования, наиболее часто используемые при нарушении целостности цифрового изображения. Получены математические преобразования блока изображения для выполнения геометрических преобразований, таких как зеркальное отражение и поворот. Приведен базовый метод для выявления и локализации клонированной области и его адаптация для обнаружения клонированных областей, в условиях их геометрического преобразования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Лебедева Е.Ю.* Обнаружение клонированных участков изображений в задачах выявления фальсификации / Е.Ю. Лебедева // XII міжнародна науково-практична конференція "Современные информационные и электронные технологии". – 2011. – С. 175.
2. *Лебедева Е.Ю.* Исследование метрик используемых при обнаружении клонированных участков изображений в задачах выявления фальсификации / Е.Ю. Лебедева, Ю.Ф. Лебедев // Вісник національного технічного університету "ХПІ". – 2011. – № 35. – С. 25–31.
3. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.
4. *Лебедева Е.Ю.* Обнаружение зеркально отраженных клонированных участков изображения / Е.Ю. Лебедева // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2012. – № 8 (179). – С. 309–314.

Отримано 05.03.2015.

Рецензент Рибальський О.В., доктор технічних наук, професор