

УДК 004.056.5

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПРОВЕДЕННОГО ПУТЕМ КЛОНИРОВАНИЯ, РОБАСТНЫЙ К СЖАТИЮ С ПОТЕРЯМИ

Д. т. н. А. А. Кобозева, к. т. н. И. И. Бобок, С. Н. Григоренко

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

Alla_kobozeva@ukr.net

В работе предложен новый метод, обнаруживающий результаты клонирования в цифровом изображении в условиях дополнительных атак, проводимых после клонирования с целью его маскировки. В качестве атак рассмотрено сжатие изображения с потерями (сохранение в формате JPEG с различными коэффициентами качества). Приведены результаты вычислительного эксперимента, подтверждающие эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: нарушение целостности, цифровое изображение, клонирование, сжатие с потерями.

Современный уровень развития информационных технологий, совершенствование программного обеспечения, широкое распространение и повсеместный доступ к графическим редакторам (Adobe Photoshop, Gimp и др.) привели к небывалой легкости осуществления различных модификаций цифровых контентов, причем цели этих модификаций нередко далеки от развлекательных. В силу этого чрезвычайно актуальной на сегодняшний день при использовании цифровых изображений (ЦИ), цифрового видео, аудио является проверка их целостности.

Одним из наиболее часто используемых при фальсификации ЦИ программных инструментов является клонирование, реализованное во всех современных графических редакторах. При клонировании часть ЦИ, называемая далее прообразом, копируется и перемещается в другую область этого же изображения, заменяя собой его оригинальную часть. Результат замены будем называть клоном.

При осуществлении клонирования «автор» фальсификации заинтересован в ее маскировке. С этой целью ЦИ подвергается постобработке: наложению шума, фильтрации, размытию и др. Однако наиболее часто используемым видом обработки клонированного изображения является его сжатие с потерями. Это происходит в силу следующих причин: во-первых, сжатие приводит к желаемому изменению матрицы ЦИ, скрывая при этом одинаковые до атаки области матрицы, отвечающие клону и прообразу; во-вторых, форматы с потерями на сегодняшний день с учетом все увеличивающегося объема пересылаемой и хранимой цифровой информации являются самыми распространенными (а потому не привлекут дополнительного внимания эксперта к такому ЦИ).

Постобработка клонированного ЦИ усложняет задачу поиска областей клона и прообраза. Несмотря на то, что эта задача не является новой, существующие методы ее решения не лишены значительных недостатков. Так, методы, предложенные в [1, 2], могут оказаться несостоятельными в случае, когда область клона/прообраза не содержит контуров, что часто имеет место на практике, когда при помощи клонирования скрывается объект, присутствующий на оригинальном ЦИ, при этом прообраз является фоновой областью изображения; аналогичным недостатком обладают методы, предложенные в [3], основанные на поиске и описании характерных точек ЦИ.

В [4] авторами предложены теоретические основы нового подхода к решению задачи выявления результатов клонирования в ЦИ, сохраненном после изменения в формате с потерями. Подход основан на учете малости изменения в процессе сжатия объема цилиндрического тела с образующей, параллельной оси OZ, ограниченного графиком интерполирующей функции для матрицы ЦИ и плоскостью XOY.

Целью работы является разработка метода выявления результатов клонирования в ЦИ на основе [4], эффективного в условиях сжатия изображения с произвольным коэффициентом качества.

Эффективность метода оценивается ошибками 1-го и 2-го рода.

Пусть F — $(n \times m)$ -матрица ЦИ. Для анализа используются блоки размера $q \times q$. Основным объектом анализа является $(n-q+1) \times (m-q+1)$ -матрица G , которая ставится в соответствие ЦИ. Ее элементы g_{ij} отражают величину наименьшего отличия $(q \times q)$ -блока B_{ij} от любого другого $(q \times q)$ -блока B_{kl} матрицы F . Соответствующим блокам B_{ij} и B_{kl} клона/прообраза в G будут отвечать совпадающие по значению ее глобальные (локальные) минимумы: g_{ij} и g_{kl} , указывающие местоположение клона/прообраза.

Основные шаги разработанного метода.

Шаг 1. Для F построить матрицу G . Для G построить гистограмму H ее значений.

Шаг 2. По H определить те значения элементов G , которые встречаются более одного раза, из которых выделить те, которые являются для G локальными (глобальными) минимумами: $g_1^{(o)}$, $g_2^{(o)}$, ..., $g_p^{(o)}$. Построить сечения поверхности, интерполирующей матрицу G , плоскостями $z = g_i^{(o)}$, $i = \overline{1, p}$

Шаг 3. Рассматривая полученные на шаге 3 сечения как бинарные ЦИ, найти в них наименее отличающиеся $(q \times q)$ -блоки. Найденные блоки в сечении трактуются как соответствующие окрестности блоков ЦИ из областей клона и прообраза.

Результаты тестирования алгоритмической реализации метода при $q=16$ в условиях сохранения ЦИ после проведенного клонирования с потерями (формат JPEG, используемый с различными значениями параметра качества $QF \in \{1, 2, \dots, 100\}$) на множестве, состоящем из 400 ЦИ, говорящие о его высокой эффективности, оцениваемой при помощи ошибок 1-го и 2-го рода, приведены в таблице.

Результаты тестирования алгоритмической реализации разработанного метода

Ошибки 1-го рода (%)								Ошибки 2-го рода (%)
$QF=95$	$QF=85$	$QF=75$	$QF=65$	$QF=55$	$QF=45$	$QF=35$	$QF=25$	
0	0	0,5	1,0	2,5	5,5	6,0	6,0	10,5

Разработан новый эффективный метод выявления результатов клонирования в ЦИ, робастный к сжатию с потерями. Теоретические основы метода обеспечили его эффективность, которая практически не зависит от коэффициента качества сжатия.

С учетом того, что формальным представлением цифрового видео может служить последовательность матриц, отвечающих отдельным кадрам, предложенный метод может быть использован также для выявления нарушения целостности видеопоследовательности.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Kotkar, Pooja S., Shriramwar S. S. Detecting region duplication forgery in digital image using SIFT Features // International Journal of Current Engineering and Technology.— 2014.— Vol. 4. — N 3. — P. 1437–1440.
2. Xu B., Wang J., Liu G., Dai Y. Image Copy-Move Forgery Detection Based on SURF // International Conference Multimedia Information Networking and Security (MINES).— 2010.— P. 889-892.
3. Amerini I., Ballan L., Caldelli R., del Bimbo A., del Tongo L., Serra G. Copy-move forgery detection and localization by means of robust clustering with J-linkage // Signal Processing.— 2013.— Vol. 28.— N 6.— P. 659–669.
4. Кобозева А. А., Григоренко С. Н. Теоретические основы нового подхода к решению задачи выявления результатов клонирования в цифровом изображении, сохраненном в формате с потерями // Реестрация, зберігання і обробка даних.— 2015.— Т. 17.— С. 21–30.

A. A. Kobozeva, I. I. Bobok, S. N. Grygorenko

The robust method for detection of digital images integrity violation by image cloning

The authors present a new method for detection of the results of digital image cloning under additional attacks carried out after cloning for the purpose of its disguise. The authors considered the lossy compression as the attack (images were saved in JPEG with various compression rates). The results of the computational experiments are presented.

Keywords: *images integrity violation, digital image, image cloning, lossy compression.*