

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 621.397:004.932

В.В. Зорило,
кандидат технических наук,
Е.Ю. Лебедева,
кандидат технических наук,
А.И. Матвеева,
А.А. Ефименко,
доктор технических наук,
В.А. Мокрицкий,
доктор технических наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗКОСТИ НА МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФОТОМОНТАЖА

Задача выявления постобработки цифровых изображений, а именно повышения резкости средствами графических редакторов, не освещена в данное время в источниках, доступных в открытой печати. Возможность отделить подлинное изображение от того, где искусственно была откорректирована резкость, позволит повысить эффективность комплексной системы защиты информации. Проведен эксперимент, который показал, что применение резкости к изображению влияет на скорость роста сингулярных чисел его матрицы: скорость роста увеличивается. Использование принципов, которые дают возможность выявления некоторых операций постобработки (анализ скорости роста соответствующих параметров изображения для выявления размытия), не дало положительного результата для выявления резкости. Направлением дальнейших исследований является поиск инструмента, чувствительность которого позволила бы разработать метод выявления резкости как постобработки фальсифицированного изображения.

Ключевые слова: фотомонтаж, выявление резкости, выявление размытия, сингулярные числа.

Виявлення постобробки цифрових зображень, а саме підвищення різкості засобами графічних редакторів, не висвітлене на сьогодні у джерелах, доступних у відкритій пресі. Можливість відокремити справжнє зображення від того, де штучно була відкоригована різкість, дозволить підвищити ефективність комплексної системи захисту інформації. Проведено експеримент, який показав, що застосування різкості до зображення впливає на швидкість росту сингулярних чисел блоків його матриці: швидкість росту збільшується. Використання принципів, які дають можливість виявити деякі операції постобробки (аналіз швидкості росту відповідних параметрів зображення для виявлення розмиття) не дало позитивного результату для виявлення різкості. Напрямом подальших досліджень є пошук інструменту, чутливість якого дозволила б розробити метод виявлення різкості як постобробки фальсифікованого зображення.

Ключові слова: фотомонтаж, виявлення різкості, виявлення розмиття, сингулярні числа.

The task of detecting the post-processing of digital images, namely, the detection of sharpening by means of graphic editors, is not covered at the moment in sources available in open print. The ability to separate the original image from where the sharpness was artificially adjusted will increase the effectiveness of the integrated information security system. In this paper we carried out an experiment that showed that the application of sharpness to the image affects the growth rate of the singular numbers of blocks of its matrix: the growth rate increases. The paper also shows that the use of principles that are successful in identifying some post-processing operations (analysis of the growth rate of the corresponding image parameters to detect blurring) did not yield a positive result for detecting sharpness. The direction of further research is the search for a tool whose sensitivity would allow us to develop a method for detecting sharpness as a post-processing of a falsified image.

Keywords: photomontage, detection of sharpness, detection of blurring, singular values.

Введение

Проблема выявления фотоподделок очень распространенная в наше время. Однако она возникла задолго до того, как наступила эпоха тотальной информатизации и компьютеризации. С появлением первых фотографий в XIX веке люди соединяли сцены различных фотоснимков для создания нового сюжета. Для этого применялись механические методы – вырезание и склеивание частей изображений и т.д. В настоящее время процедура фотомонтажа благодаря специальным программам стала гораздо проще, а сюжеты некоторых фотографий впечатляют. Как известно, фотомонтаж используется не только в целях воплощения замыслов художников, но и часто для манипуляции людьми в корыстных целях злоумышленников, а также для сокрытия исторических фактов и событий. К примеру, история космонавта Григория Нелюбова, которого за нарушение воинской дисциплины отчислили из отряда космонавтов. Решено было предать забвению саму память о Нелюбове, что видно из групповых фотографий (рис. 1).



Рис. 1. Пример фальсификации

Люди часто используют различные фильтры графических редакторов для того, чтобы замаскировать что-то на фотографии (царапины, морщины, следы фотомонтажа и т.д.). К примеру, на фотографии изображен человек, лицо которого “заменяли” лицом другого. Чтобы замаскировать подобные изменения, используют разные приемы: размытие, повышение резкости и т.д. Кроме того, фильтры размытия и резкости могут применяться в качестве стеганографической атаки на изображение, если последнее является стеганографическим контейнером и содержит в себе скрытое сообщение.

Цель данной работы – исследовать влияние повышения резкости как постобработки при фальсификации на математические параметры цифрового изображения.

Материалы и методы

Повышение резкости изображения, как и размытие, влечет за собой необратимые изменения его матриц. Выявление данных изменений позволит разработать метод выявления резкости как постобработки цифрового изображения после фальсификации. Необходимо определиться с математическими параметрами для анализа, которые бы однозначно определяли цифровое изображение и по возмущениям которых можно было бы оценить силу возмущающего воздействия. В качестве таких параметров будем использовать сингулярные числа блоков матриц ЦИ, поскольку они являются хорошо обусловленными и удовлетворяют требованиям, выдвигаемым в контексте данной работы [1–4].

Эксперименты проведены при использовании 50 цифровых изображений, полученных профессиональными фотокамерами в форматах без потерь. Фильтр “Резкость” работает в противовес к фильтру “Размытие”: если размытие уменьшает значения сингулярного спектра, то повышение резкости теоретически, наоборот, увеличивает [3]. Убедимся в этом на практике.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим часть изображения (16x16 пикселей), для которого был применен фильтр “Умная резкость” графического редактора Adobe Photoshop с радиусом 3 (рис. 2). Использование данного фильтра обусловлено частотой и простотой его применения фотохудожниками и фотографами. После применения фильтра изображение было сохранено в формате без потерь. Далее для выделенного блока 16x16 вычислим сингулярные числа (до и после применения фильтра резкости).



Рис. 2. Тестовое изображение

На рисунке 3 показано графически, что сингулярные числа после применения фильтра возросли по сравнению с первоначальными значениями, что подтверждает сделанное предположение.

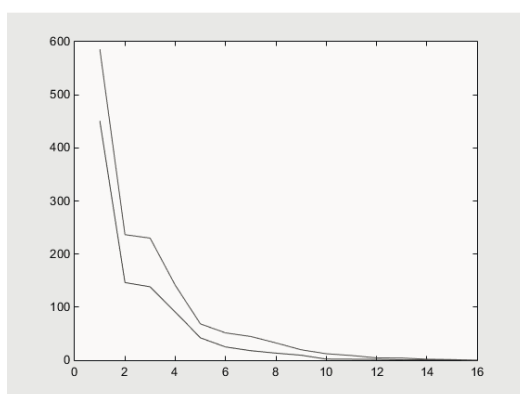


Рис. 3. График СНЧ до (нижний синий график) и после (верхний красный график) применения фильтра

Метод выявления размытия, предложенный в [3], основан на анализе скорости роста соответствующих сингулярных чисел. Было определено пороговое значение для скорости роста сингулярных чисел, в случае превышения которого делали вывод, что изображение не размыто, в противном случае изображение считали размытым. В данной ситуации применение резкости хоть и повышает скорость роста сингулярных чисел, однако невозможно установить пороговое значение, поскольку для разных изображений характерной будет разная четкость и, соответственно, разная скорость роста сингулярных чисел.

Обратимся к работе [4], где для выявления размытия применяют экспертное размытие – влияние повторного размытия на сингулярные числа незначительно по сравнению с первым. В случае, когда сингулярные числа изменились более чем в 2 раза, размытие считают первым, а проверяемое изображение первоначально не размытым. В противном случае изображение считают размытым. Проверим данную методику для выявления резкости.

На практике при повторном применении фильтра резкости СНЧ изменились так, что эти изменения по величине сравнимы с первоначальным. На рисунке 4 показаны результаты эксперимента. Изображение 16x16 разбили на блоки 8x8. Первоначальное размытие осуществляли в графическом редакторе Adobe Photoshop, использовали фильтр “Умная резкость” с радиусом 3. Повторное повышение резкости осуществляли аналогично с радиусами 1, 2, 3 и 4.

v	v1	v2	v3	v4
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
412.2911	502.8560	574.9683	628.2458	657.4696
303.5546	370.9468	428.9105	461.0841	468.5088
142.5278	197.6096	225.5629	238.7600	244.1225
203.3017	267.8287	308.9689	326.2103	327.6163
40.2036	58.9059	69.0402	70.4709	71.3678
129.0551	171.3696	188.3215	196.6412	198.5141
15.3830	26.3320	29.7058	31.1634	31.7240
44.6232	87.4512	97.3688	99.8545	99.8276
10.9288	22.9975	26.8414	28.1726	27.5169
29.6009	55.4173	65.1508	68.6914	69.3014
4.4326	14.0387	16.7373	13.8929	12.0272
6.4242	14.4042	15.7927	15.9884	15.6626
1.5545	7.5454	7.2561	6.2325	7.3705
2.5239	9.8644	12.7009	13.6132	13.9402
0.6094	0.3358	0.7720	0.2493	0.2349
1.6589	0.3358	1.4138	1.7784	2.0844
243.9580	274.2351	315.5037	352.6459	362.5112
250.0755	293.9804	335.8636	369.3313	383.2756
85.9462	112.4925	122.3763	126.8152	127.4222
64.3069	63.2223	65.4697	69.6961	72.3939
55.3315	79.8503	96.8175	105.6937	107.3565
23.5669	30.8792	32.0312	34.9419	36.3936
19.0904	35.0765	37.6061	39.4999	39.0410
16.8594	15.8298	17.1769	17.3288	16.8594
8.6976	10.4441	10.1099	10.0204	9.0773
6.8354	11.5805	13.0188	14.3753	15.1314
4.7662	6.5918	5.4415	4.8808	5.1127
2.9205	5.6150	6.7919	7.3487	7.1683
1.7634	3.5195	2.1818	1.4571	1.7423
1.0407	0.8063	1.6166	2.6272	2.1873
0.5060	0.2516	0.2949	0.2769	0.1834
0.0878	1.1035	2.3004e-15	3.5378e-16	1.0435e-14

а) б) в) г) д)

Рис. 4. Применение фильтра “Умная резкость”: а) первое с радиусом 3; б) повторное с радиусом 1; в) повторное с радиусом 2; г) повторное с радиусом 3; д) повторное с радиусом 4

Для наглядності віднімемо від матриці сингулярних чисел першого підвищення резкості (рис. 4, а) матриці повторної обробки з різними радіусами (рис. 4, б, в, г, д). Дані операції дозволять наочно побачити, наскільки змінюються сингулярні числа при другій обробці (рис. 5).

vv1	vv2	vv3	vv4
1 -90.5648 -67.3922	1 -162.6772 -125.3559	1 -215.9546 -157.5295	1 -245.1784 -164.9542
2 -55.0818 -64.5271	2 -83.0351 -105.6672	2 -96.2322 -122.9087	2 -101.5947 -124.3146
3 -18.7023 -42.3145	3 -28.8366 -59.2664	3 -30.2674 -67.5861	3 -31.1642 -69.4590
4 -10.9490 -42.8280	4 -14.3228 -52.7456	4 -15.7804 -55.2313	4 -16.3410 -55.2044
5 -12.0687 -25.8164	5 -15.9126 -35.5499	5 -17.2439 -39.0905	5 -16.5881 -39.7005
6 -9.6061 -7.9800	6 -12.3047 -9.3686	6 -9.4603 -9.5643	6 -7.5946 -9.2384
7 -5.9910 -7.3405	7 -5.7017 -10.1770	7 -4.6780 -11.0893	7 -5.8160 -11.4163
8 0.2764 1.3231	8 -0.1626 0.2451	8 0.3601 -0.1194	8 0.3746 -0.4254
9 -30.2771 -43.9049	9 -71.5458 -85.7881	9 -108.6880 -119.2558	9 -118.5533 -133.2001
10 -26.5463 1.0846	10 -36.4301 -1.1628	10 -40.8689 -5.3892	10 -41.4760 -8.0870
11 -24.5188 -7.3123	11 -41.4859 -8.4643	11 -50.3622 -11.3750	11 -52.0250 -12.8267
12 -15.9861 -6.7681	12 -18.5157 -8.1152	12 -20.4096 -8.2671	12 -19.9506 -7.7978
13 -1.7465 -4.7451	13 -1.4122 -6.1834	13 -1.3228 -7.5399	13 -0.3797 -8.2960
14 -1.8256 -2.6946	14 -0.6752 -3.8714	14 -0.1146 -4.4283	14 -0.3465 -4.2479
15 -1.7561 0.2344	15 -0.4184 -0.5759	15 0.3063 -1.5865	15 0.0211 -1.1466
16 -0.5975 -0.1638	16 0.5060 -0.2071	16 0.5060 -0.1891	16 0.5060 -0.0956

а)

б)

в)

г)

Рис. 5. Різниця СНЧ між першим застосуванням фільтра і повторним з радіусом: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4

При порівнянні першого і повторного підвищення резкості з однаковою радіусом (рис. 4, а, г, рис. 5, в), а також при виконанні повторного підвищення резкості з радіусами, відмінними від первісного, видно, що даний принцип виявлення постобробки також не приносить бажаного результату. З проведених досліджень і отриманих результатів слід, що для виявлення резкості як постобробки при порушенні цілості цифрового зображення необхідно використовувати більш чутливі інструменти, на пошук яких в даний момент націлені зусилля авторів даної роботи.

Висновки

Задача виявлення постобробки цифрових зображень, а саме, виявлення підвищення резкості засобами графічних редакторів, не освітлена в даний момент в джерелах, доступних в відкритій публіци.

Возможність відокремити оригінальне зображення від того, де штучно була виправлена резкість, дозволить підвищити ефективність комплексної системи захисту інформації. Методи, які рекомендували для виявлення розмиття – протилежні по впливу на зображення ефекту інструмента – виявилися неефективними при виявленні резкості в зв'язі з неможливістю визначити порогове значення, що дозволяє відокремити зображення, оброблені фільтром резкості, від необроблених.

В даній роботі проведено експеримент, який показав, що застосування резкості до зображення впливає на швидкість зростання сингулярних чисел блоку його матриці: швидкість зростання збільшується.

Направлением дальнейших исследований является поиск инструмента, чувствительность которого позволила бы разработать метод выявления резкости как постобработки фальсифицированного изображения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Кобозева А.А.* Общий подход к анализу состояния информационных объектов, основанный на теории возмущений / А.А. Кобозева // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2008. – № 8(126), Ч. 1. – С. 72–81.

2. *Зорило В.В.* Метод обнаружения клонирования на базе сингулярного разложения матрицы изображения / В.В. Зорило // Збірник тез. Додаток до журналу “Холодильна техніка і технологія”. – 2011. – № 5 (133). – С. 28–29.

3. *Zorilo V.V.* Detection of digital image blurring traces” / V.V. Zorilo, V.A. Mokritskiy // Інформатика і математичні методи в моделюванні. – 2012. – № 3. – С. 220–226.

4. *Кобозева А.А.* Выявление результатов обработки цифрового изображения некоторыми программными средствами / А.А. Кобозева, В.В. Зорило // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 9(151), Ч.1. – С. 92–97.

Отримано 12.06.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н., проф.