

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра теоретических основ
компьютерной безопасности и
криптографии

Установление фактов модификации изображений

АВТОРЕФЕРАТ

дипломной работы

студентки 6 курса 631 группы

специальности 090102.65 «Компьютерная безопасность»

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Ежовой Елены Валерьевны

Научный руководитель

доцент, к.ю.н.

А.В. Гортинский

Заведующий кафедрой

профессор, к.ф.-м.н.

В.Н. Салий

Саратов 2016

ВВЕДЕНИЕ

Подделка снимков появилась вскоре после изобретения фотографии в 1837 году. В первое время фоторетушь использовалась исключительно для устранения технологических недостатков. В наше время манипуляции с фотографиями превратились в совершенно обыденное, повседневное явление. Монтаж и ретуширование используются в рекламе, журналистике, политической пропаганде, а также она может использоваться для компрометации доказательств.

В связи с этим возникает необходимость в средствах, которые бы позволили максимально точно проверить изображение на предмет модификаций, требуя при этом минимум усилий, времени и ресурсов.

Актуальность и серьезность описанной проблемы не могла не привлечь внимания исследователей. Согласно [1], первая публикация, посвященная цифровым модификациям, увидела в свет в 2003 году, а начиная с 2008 года наметился значительный рост интереса к данной теме, не угасающий по сей день. На настоящий момент сформировались основные категории методов, применяемых для анализа изображений на предмет модификаций: анализ искажений, вносимых линзой камеры; анализ искажений, получаемых вследствие несовершенств сенсора (шумы, «битые» пиксели); анализ на основе особенностей алгоритмов обработки изображений (цветовые преобразования, алгоритмы сжатия). [1]

К сожалению, на текущий момент данная тема пока не получила широкого распространения в российских научных кругах, и основные исследования ведутся китайскими и американскими специалистами. К настоящему моменту в свободном доступе находится несколько online-сервисов, таких как Forensically, Izitru и Ghirò, позволяющих произвести анализ фотографий на предмет модификаций. Однако, они в основном

ограничиваются поверхностным анализом структуры изображения, либо исследуют лишь метаданные, которые также могут являться косвенным признаком подделки, но не всегда позволяют ее выявить.

Целью данной работы является разработка программного средства для анализа максимально широкого класса изображений с целью выявления модификаций посредством вставки инородных фрагментов, а также копирования областей внутри изображения. В рамках поставленной задачи были исследованы и реализованы следующие методы: метод анализа артефактов сжатия алгоритмом JPEG (блоковых артефактов), а также метод, использующий в качестве критерия шумовые характеристики, не зависящие от алгоритма сжатия. Результатом выполнения работы является программный продукт, предоставляющий пользователю возможность проводить проверки изображений на подлинность с использованием вышеуказанных методов.

В работе в начале рассматриваются особенности алгоритма сжатия JPEG, затем приводится описание метода анализа блоковых артефактов, опирающегося на эти особенности. В следующих разделах рассматриваются шумы в изображениях, их природа и возможности использования для анализа подлинности, а также приводится описание алгоритма выявления модификаций на основе шумовых характеристик. Далее приводится описание разработанной программы, анализ полученных результатов и программы с аналогами.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Сжатие изображений. Формат JPEG

В данном разделе описывается алгоритм сжатия с потерями JPEG, его особенности и основные этапы работы.

2 Метод измерения блоковых артефактов (BAM)

Приводится общее описание метода измерения блоковых артефактов (BAM), предложенного, исследователями из Государственного Института Сингапура Шуймингом Е, Кийбин Суном и И-Чиен Чаном, затем рассматриваются основные этапы работы алгоритма. Рассматривается применение данного метода для анализа изображений с целью выявления модификаций, производится анализ полученных результатов и эффективности работы метода.

3 Шумы в изображении. Использование шумов для выявления модификаций

В данном разделе определяется понятие цифрового шума на фотографии, приводятся основные причины появления шума, а также описываются основные подходы к выявлению модификаций посредством анализа шумов.

4 Алгоритм выявления модификаций на основе шумовых характеристик

Раздел посвящен описанию модификации алгоритма, приведенного в работе специалистов факультета компьютерных и информационных наук университета Макао [22], и его основных этапов. Алгоритм основан на анализе шумов в отдельных сегментах изображения и последующем использовании полученных данных для классификации сегментов как принадлежащих исходной или инородной области.

5 Описание разработанной программы

Приводится описание программы, разработанной в результате выполнения выпускной квалификационной работы, в том числе ее интерфейса и руководства по использованию.

6 Анализ полученных результатов и сравнение с аналогами

В данном разделе производится анализ эффективности реализованных методов, особенностей их работы и ограничений, накладываемых на анализируемые изображения. Приводится оценка результатов тестирования разработанной программы на тестовых выборках, а также сравнение с аналогами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы были изучены подходы к выявлению модификаций различных классов изображений. На основании проведенных исследований были разработаны алгоритмы, позволяющие анализировать широкий класс изображений: метод анализа блоковых артефактов (ВАМ) и метод анализа шумовых характеристик. Оба метода, в особенности метод ВАМ, показали себя весьма эффективными, не уступая существующим аналогам, а по некоторым параметрам и превосходя их.

Разработанное в рамках данной работы программное обеспечение позволяет пользователю производить проверки подлинности изображений с использованием указанных методов, предоставляет возможность гибкой настройки, а также предусматривает сохранение промежуточных результатов для дополнительного исследования. Как результат, данное программное обеспечение может быть использовано специалистами при проведении компьютерных экспертиз, а также обычными пользователями для проверки подлинности фотографий. Таким образом, поставленные в работе цели можно считать выполненными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Redi, Judith Digital image forensics: a booklet for beginners [Электронный ресурс] // Judith A. Redi, Wiem Taktak, Jean-Luc Dugelay Springer Link. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11042-010-0620-1> (дата обращения 13.10.2015)
2. Сжатие изображений [Электронный ресурс] // Учебное пособие по курсу «Электронная обработка изображений». URL: http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/3_04.html (дата обращения: 15.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.
3. Методы сжатия данных: сжатие изображений [Электронный ресурс] // Все о сжатии данных, изображений и видео. URL: http://www.compression.ru/book/part2/part2_3.htm (дата обращения: 15.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.
4. JPEG, JPEG2000, JPEG-LS. Сжатие изображений с потерями и без [Электронный ресурс] // Дискретная математика: алгоритмы. URL: <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/data-compression/jpeg-2006> (дата обращения: 16.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.
5. Декодирование JPEG для чайников [Электронный ресурс] // Habrahabr. URL: <http://habrahabr.ru/post/102521/> (дата обращения: 16.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.
6. Effects of JPEG compression [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL: http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG#Effects_of_JPEG_compression (дата обращения: 20.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 14:28, 19 мая 2015 года. Яз. англ.
7. Shuiming, Ye. Detecting digital image forgeries by measuring inconsistencies of blocking artifact [Электронный ресурс] // Shuiming Ye, Quibin Sun, Ee-Chien Chang. URL:

<ftp://ftp.ecs.csus.edu/zhangd/dif/InconsistencyBlockingArtifact.pdf> (дата обращения: 10.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

8. Fridrich, J. Steganalysis based on JPEG Compatibility [Электронный ресурс] // J. Fridrich, M. Goljan, R. Du, SPIE Multimedia Systems and Applications. URL: <http://dde.binghamton.edu/publications/jpgstego01.pdf> (дата обращения: 20.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

9. Представление сигналов рядами Фурье [Электронный ресурс] // Курс лекций по дисциплине «Элементы теории передачи информации». URL: http://supervideoman.narod.ru/2_4.htm (дата обращения: 21.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

10. Быстрое преобразование Фурье [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Быстрое_преобразование_Фурье (дата обращения: 18.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 12:29, 14 сентября 2015 года. Яз. англ.

11. Быстрое преобразование Фурье [Электронный ресурс] // К.М. Денисов Цифровая обработка сигналов. URL: <http://ets.ifmo.ru/denisov/dsp/lec12.htm> (дата обращения: 20.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

12. Методы численного дифференцирования функций [Электронный ресурс] // Учебное пособие по курсу «Численные методы в оптике». URL: http://aco.ifmo.ru/el_books/numerical_methods/lectures/glava1.html (дата обращения: 18.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

13. Аналоговые фильтры [Электронный ресурс] // Лекции по дисциплине «Математические основы обработки сигналов». URL: http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/v/VOS/study/disc1/Tab/lecture_06.pdf (дата обращения: 21.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

14. Фильтр Баттерворта [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL:

http://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Баттерворта (дата обращения: 18.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 11:20, 12 июля 2015 года. Яз. рус.

15. Billauer, E. Peakdet: Peak detection using MATLAB [Электронный ресурс] // Eli Billauer. Freelancing Electrical Engineer's blog. URL: <http://billauer.co.il/peakdet.html> (дата обращения: 22.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

16. Экстремум [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Экстремум> (дата обращения: 18.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 06:06, 21 августа 2015 года. Яз. рус.

17. Pevny, T. Estimation of Primary Quantization Matrix for Steganalysis of Double-Compressed JPEG Images [Электронный ресурс] // Tomas Pevny, Jessica Fridrich. URL: http://www.ws.binghamton.edu/fridrich/research/paper_3_color.pdf (дата обращения: 27.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

18. Цифровой шум на фотографии [Электронный ресурс] // Photohandle Энциклопедия фотографии. URL: <http://www.photohandle.com/tsifrovoy-shum-na-fotografii/> (дата обращения: 02.09.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

19. Digital camera image noise. Part 2 [Электронный ресурс] // Cambridge in color. A learning community for photographers. URL: <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-noise-2.htm> (дата обращения: 02.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

20. Lukáš, Jan. Detecting Digital Image Forgeries Using Sensor Pattern Noise [Электронный ресурс] // Jan Lukáš, Jessica Fridrich, Miroslav Goljan. URL: http://ia.binghamton.edu/publication/FridrichPDF/LukFriSPIE06_v9.pdf (дата обращения: 05.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

21. Ke, Yongzhen. Detecting Image Forgery Based on Noise Estimation [Электронный ресурс] // Yongzhen Ke, Qiang Zhang, Weidong Min, Shuguang

Zhang. URL: http://www.sersc.org/journals/IJMUE/vol9_no1_2014/30.pdf (дата обращения: 05.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

22. Liu, Bo. Digital Image Forgery Detection Using JPEG Features and Local Noise Discrepancies [Электронный ресурс] // Bo Liu, Chi-Man Pun, Xiao-Chen Yuan. URL: <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/230425/> (дата обращения: 01.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

23. Сегментация изображений [Электронный ресурс] // 2-я Интернет-конференция «Грани науки 2013». URL: <http://grani2.kznscience.ru/participants/sekciya9/ParamonovDN/> (дата обращения: 10.09.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

24. Achanta, Radhakrishna. SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods [Электронный ресурс] // Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, Sabine Susstrunk. Journal of LaTeX class files. URL: http://infoscience.epfl.ch/record/177415/files/Superpixel_PAMI2011-2.pdf (дата обращения: 05.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

25. Сегментация (обработка изображений) [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сегментация_\(обработка_изображений\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сегментация_(обработка_изображений)) (дата обращения: 22.09.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 03:56, 22 сентября 2015 года. Яз. рус.

26. Canny, John. A Computational Approach to Edge Detection [Электронный ресурс] // John Canny. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. URL: https://perso.limsi.fr/vezien/PAPIERS_ACS/canny1986.pdf (дата обращения: 10.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

27. Морфологические операции на бинарных изображениях [Электронный ресурс] // Wiki – Техническое зрение. URL: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Морфологические_операции_на_бинарн

[ых_изображениях](#) (дата обращения: 10.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 00:35, 13 сентября 2015 года. Яз. рус.

28. Gaussian smoothing [Электронный ресурс] // Image processing learning resources. URL: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/gsmooth.htm> (дата обращения: 03.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

29. Noise removal [Электронный ресурс] // Mathworks Documentation. URL: <http://www.mathworks.com/help/images/noise-removal.html> (дата обращения: 02.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

30. Collins, Toby. Graph Cut Matching In Computer Vision [Электронный ресурс] // The Evolving, Distributed, Non-Proprietary, On-Line Compendium of Computer Vision. URL: http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/AV0405/COLLINS/TobyCollinsAVAssign2.pdf (дата обращения: 27.09.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

31. Транспортная сеть [Электронный ресурс] // Википедия (электронная энциклопедия). URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортная_сеть (дата обращения: 10.10.2015). Загл. с экрана. Последнее изменение страницы: 19:59, 28 мая 2015 года. Яз. рус.

32. Учебник по дискретной математике. Сети, потоки в сетях. Теорема Форда-Фалкерсона [Электронный ресурс] // URL: <http://mini-soft.ru/document/diskretnaya-matematika-12> (дата обращения: 11.10.2015). Загл. с экрана. Яз. рус.

33. Maxflow package [Электронный ресурс] // PyMaxFlow 1.2.0 Documentation. URL: <http://pmneila.github.io/PyMaxflow/maxflow.html#maxflow> (дата обращения: 13.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.

34. Hsu, Yu-Feng. Shih-Fu Chang. Detecting Image Splicing Using Geometry Invariants And Camera Characteristics Consistency. [Электронный ресурс] // Yu-Feng Hsu, Shih-Fu Chang In International Conference on Multimedia and Expo (ICME). URL:

<http://www.ee.columbia.edu/ln/dvmm/publications/06/hsu06ICMEcrf.pdf> (дата обращения 20.10.2015). Загл. С экрана. Яз. англ.

35. Image Manipulation Dataset [Электронный ресурс] // Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Faculty of Engineering. Department of Computer Science. URL: <https://www5.cs.fau.de/research/data/image-manipulation/> (дата обращения: 19.10.2015). Загл. с экрана. Яз. англ.