

## ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.В. Задерейко<sup>1</sup>, А.В. Троянский<sup>1</sup>, Н.И. Логинова<sup>2</sup>, Е.Г. Трофименко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Одесский национальный политехнический университет,  
пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044, Украина; e-mail: alexander.zadereyko@onu.ua

<sup>2</sup> Национальный университет «Одесская юридическая академия»,  
Фонтанская дорога, 23, г. Одеса, 65009, Украина

<sup>3</sup> Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, 65029, Украина

В статье рассмотрены индивидуальные признаки цифровых оптоэлектронных устройств, которые позволяют выполнить их однозначную идентификацию по сформированным ими цифровым образам (цифровым изображениям). Проанализированы возможности противодействия идентификации цифровых оптоэлектронных устройств. Показано, что эффективным способом, который позволяет противодействовать идентификации цифровых оптоэлектронных устройств, является постобработка цифровых образов с использованием специализированного программного обеспечения. Выполнен анализ специализированного программного обеспечения, которое применяется для деперсонализации цифровых образов, и предложен алгоритм их постобработки, что позволяет противодействовать идентификации цифровых оптоэлектронных устройств.

**Ключевые слова:** цифровые изображения, цифровое оптоэлектронное устройство, идентификация цифровых оптоэлектронных устройств, EXIF-данные, фотосенсор, цифровой шум, деперсонализация цифрового изображения

### Постановка проблемы

В различных сферах профессиональных обязанностей человека возникает необходимость соблюдать меры личной безопасности по обеспечению своей конфиденциальности при создании с помощью различных фото- и веб-камер цифровых контентов, в частности, цифровых изображений.

При создании цифровых изображений всегда существует возможность идентификации цифровых оптоэлектронных устройств (ЦОЭУ) (фото-, видео-, веб-камер и сканеров) по создаваемым ими цифровым образам (цифровым изображениям). В общем случае решение задачи идентификации ЦОЭУ существенно зависит от его индивидуальных характеристик и применяемых алгоритмов постобработки создаваемого цифрового изображения.

### Анализ последних исследований и публикаций

Методы анализа цифровых изображений и идентификации ЦОЭУ начали разрабатываться сравнительно недавно. В своих работах проблемы неоднозначности идентификации цифровых образов и применяемых алгоритмов постобработки исследовали Лукас Ян, Фридрих Дж., Голян М., Мехди К.Л., Сенсар К.Л., Метон Н., Кобозева А.А., Малюка А.А., Рублёв Д.П., Фёдоров В.М., Чумаченко А.Б., Макаревич О.Б., Молодяков С.А. и другие ученые. Однако имеется ещё много проблем, требующих своего разрешения. В большинстве известных случаев экспертиза

цифрового изображения может быть выполнена с использованием эффективных методик [1, 2]. Поэтому разработка методик деперсонализации ЦОЭУ, основанных на алгоритмах постобработки цифровых изображений, является актуальной и востребованной.

*Целью* статьи является проведение анализа признаков цифровых изображений, позволяющих однозначно идентифицировать ЦОЭУ, с помощью которых они были получены, и разработка алгоритма деперсонализации, позволяющего посредством удаления идентификационных признаков ЦОЭУ из создаваемого им цифрового изображения защитить свое оборудование от идентификации сторонними лицами.

## **Изложение основного материала**

Одной из актуальных задач защиты информации является разработка методов обеспечения конфиденциальности пользователя, в первую очередь автора, при создании им цифровых изображений

В традиционной фототехнической экспертизе исследование цифровых изображений выполняется в двух направлениях:

- исследование непосредственно цифровых изображений;
- исследование фотографических материалов, применявшихся для изготовления фотоснимка.

В любом случае каждое из этих направлений связано с решением определенного круга задач, которые можно разделить на идентификационные и диагностические. К идентификационным задачам можно отнести следующие [3]:

- идентификация ЦОЭУ, используемого для создания изображения;
- идентификация фотоматериалов, применявшихся для изготовления фотоснимка;
- идентификация предметов, помещений и участков местности, изображенных на цифровых снимках.

К диагностическим задачам можно отнести:

- установление условий съемки и обработки цифровых изображений;
- определение времени создания снимка;
- восстановление первоначального изображения на фото снимках.

Если представленное на экспертизу цифровое изображение пригодно для идентификационного исследования, то в результате экспертизы можно получить следующие идентификационные данные:

- установление условий съемки;
- определение времени создания изображения;
- восстановление первоначального изображения;
- тип ЦОЭУ, которое применялось для получения изображения;
- наличие последующей цифровой обработки изображений (в графических редакторах и медиаконвертерах);
- программное обеспечение (ПО), применяемое для обработки изображения;
- оценка степени изменения изображения при графической обработке.

К общим признакам документирования характеристик ЦОЭУ, которые отражаются в создаваемом им цифровом изображении, относят размеры кадра и EXIF (Exchangeable Image File Format) данные. EXIF является стандартом, позволяющим добавлять к цифровым изображениям дополнительную информацию (метаданные) [4]. Информация, записанная в EXIF-файл может быть использована, как для идентификации ЦОЭУ, так и различными устройствами и системами, имеющими элементы искусственного интеллекта (например, принтером для прямой печати с ЦОЭУ или нейронными сетями, являющимися составной частью интернет-платформ:

социальных сетей, фотохостингов, файлообменных систем и т.д. при условии размещения в них цифрового изображения) [5, 6].

Для цифровых изображений JPEG-формата алгоритм создания основан на дискретном косинусном преобразовании (ДКП), применяемом к матрице исходного изображения для получения некоторой новой матрицы коэффициентов (цифрового изображения в новом формате). Коэффициенты ДКП получаемой матрицы цифрового изображения можно отнести к групповым признакам ЦОЭУ. Они являются индивидуальными для его модели или серии моделей [7]. ДКП матрицы исследуемого цифрового изображения и полная информация о нем называется EXIF данными.

В общем случае к EXIF данным относятся:

- название модели ЦОЭУ;
- ориентация ЦОЭУ (вертикальная/горизонтальная для устройств со встроенным акселерометром);
- адрес места съёмки – географические координаты (положение точки на земной поверхности);
- дата и время съёмки;
- размеры цифрового изображения;
- разрешение цифрового изображения;
- глубина цвета в битах;
- тип баланса белого;
- фокусное расстояние;
- эквивалентное фокусное расстояние – условная характеристика оптической системы и светочувствительного элемента, дающая информацию об угле обзора этой системы;
- диафрагма;
- использование вспышки;
- ISO – светочувствительность ЦОЭУ;
- светочувствительность сенсора (матрицы), которая была установлена при съёмке;
- ПО, в котором было сделано цифровое изображение (если изображение делается в JPEG-формате, то будет указано ПО ЦОЭУ, которое обработало изображение, если изображение делается в RAW формате, то будет указано ПО, с помощью которого был совершен экспорт в JPEG-формат, например, Adobe Photoshop Camera RAW);
- выдержка в секундах, с которой снято цифровое изображение, интервал времени, в течение которого оптическая система передает изображение на светочувствительную матрицу;
- компенсация выдержки;
- информация о право обладании.

Дополнительно для медиафайлов можно отнести следующие EXIF данные:

- видеоданные;
- аудиоданные;
- flash-содержимое (SWF-формат);
- категории – информация по классификатору агентства Associated Press.

Анализ EXIF данных цифрового изображения, включая цветность и яркость, цветность подвыборки, качество JPEG-настройки, параметры разрешения и многое другое, позволяет осуществить специализированное ПО JPEGsnoop. Оно позволяет определить подлинность цифрового изображения в форматах: JPEG, JPG, THM, AVI, DNG, CRW, CR2, NEF, ORF, PEF, RAW, MOV, PDF, PSD [8]. Одним из важных преимуществ ПО JPEGsnoop является наличие внутренней базы данных, которая сравнивает исследуемое цифровое изображение с большим количеством подписей сжатия (цифровых подписей в шумовых составляющих, которыми маркируется

создаваемое цифровое изображение при его сжатии различными алгоритмами). Это позволяет однозначно определить, какое именно ЦОЭУ применялось для формирования цифрового изображения. ПО JPEG Snoor извлекает из цифрового изображения следующую информацию:

- квантование матрицы (таблицы цветности и яркости);
- цветность подвыборки;
- качество JPEG-контейнера;
- настройки разрешения JPEG-контейнера;
- таблицы Хаффмана, используемые в алгоритмах кодирования для сжатия графической информации;
- Maker notes – примечания производителя фотокамеры, к которым относятся, например, метаданные предустановки баланса белого или сюжетные режимы, применяющиеся во время экспонирования;
- RGB-гистограмма, которая использует все три канала цветности и описывает распределение яркостей в отдельно взятом канале. Гистограмма RGB может показать, есть ли потери в отдельном канале цветности, но она не покажет, в одном канале имеют место потери или во всех. Гистограммы цвета усиливают этот эффект и четко демонстрируют наличие потерь;
- маркеры JPEG (JFIF), каждый из которых начинается с байта 0xFF, свидетельствующего о начале маркера, и байта-идентификатора. Структура JPEG-файла позволяет быстро отыскать маркер с необходимыми данными (например, с длиной строки, числом строк и числом цветовых компонентов сжатого изображения);
- тип VLC декодирования – способ адаптивного кодирования переменной длины (VLC) с эффективным использованием памяти и пониженной сложностью в отношении данных для множества применений, таких как кодирование цифровых видеоданных, данных изображений, звуковых или речевых данных;
- параметры качества, используемые в ПО Adobe Photoshop;
- встроенные в PDF-документы изображения.

В результате проведенного анализа для ЦОЭУ можно выделить следующие аппаратные признаки, на основе которых возможно провести его идентификацию:

1. Для цифровых фото-, видео-, веб-камер:
  - 1.1. Среднеустойчивые признаки объектива и системы крепления байонет (разновидности механического и электронного интерфейса крепления оправы оптической системы (микропроцессоров объектива) к цифровому оптоэлектронному устройству);
  - 1.2. Средне- и высокочастотные устойчивые признаки размытия – необратимой операции, при которой цифровое изображение или его части перераспределяются по некоторому закону. На силу размытия влияют такие физические параметры:
    - геометрическая светосила объектива (диафрагма) –  $F$ . Чем меньше число  $F$ , тем тоньше глубина резко изображаемого пространства и тем сильнее размыт передний и задний фон изображения;
    - фокусное расстояние объектива. Чем больше фокусное расстояние объектива, тем сильнее будет размыт фон изображения;
    - дистанция фокусировки до объекта съемки (расстояние между фотоаппаратом и снимаемым объектом). Чем меньше дистанция фокусировки, тем сильнее размыт фон изображения;
    - дистанция между объектом съемки и задним фоном. Чем дальше задний фон от объекта съемки, тем сильнее он размыт;
    - оптическая схема (больше влияет именно на характер размытия);
    - размер модуля фотосенсора – светочувствительной матрицы, состоящей из миллионов миниатюрных ячеек-пикселей для получения изображения.

Чем больше его размер, тем больше угол обзора и тем ближе нужно подойти к объекту съемки. Поэтому полноформатные ЦОЭУ сильнее размывают фон изображения;

- специальные насадки и фильтры на объектив;
- фотосенсор (формирует устойчивые признаки всех частот);

2. Для цифровых сканеров изображений:

- 2.1. Неоднородности светочувствительных элементов линейки сканера;
- 2.2. Отклонения перемещения каретки сканера от линейного;
- 2.3. Неравномерность засветки и прижатия к стеклу сканируемого оригинала и т.д.

Кроме перечисленных выше признаков ЦОЭУ, их индивидуальные признаки в значительной степени определяются применяемыми встроенными алгоритмами обработки создаваемых цифровых изображений:

– алгоритмы восстановления изображения из мозаичной структуры фотосенсора, которая основана на принципе измерения только одного цветового компонента в каждой точке фотосенсора, а недостающие вычисляются на основе данных соседних точек. Такая технология позволяет создать фотосенсор, который измеряет три цвета одновременно в каждом пикселе;

– алгоритмы повышения контурной резкости (алгоритм воспроизводит традиционную технику пленочного фотошаблона, используемую для увеличения резкости краев изображения и корректировки размытости, возникшей в результате сканирования, интерполяции или печати) и шумоподавления (алгоритм подавления всех обнаруженных шумов в создаваемом цифровом изображении перед тем, как выполнить его запись на носитель).

В цифровых фото-, видео- и веб-камерах алгоритмы постобработки создаваемых цифровых изображений могут быть как отключаемыми, так и не отключаемыми. В цифровых сканерах получаемое изображение может проходить двухуровневую обработку – в самом сканере на основе калибровочных кривых, подавления следов пыли на (сканируемом носителе и стекле сканера) и на уровне драйвера, где осуществляется субъективное повышение качества цифрового изображения.

Каждому ЦОЭУ (не зависимо от формата создаваемого цифрового изображения) соответствует своя частотно-контрастная характеристика, которая является своеобразной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) оптической системы и фотосенсора. На разных участках цифрового изображения АЧХ не постоянна, и ее корректное сравнение лучше всего проводить по снимкам радиальной миры (от фр. mire, тест-объект для количественного определения разрешающей способности и функции передачи модуляции объектива и светочувствительной матрицы), что на практике не всегда осуществимо. Поэтому к индивидуальным признакам ЦОЭУ можно отнести его паттерн неоднородности световой чувствительности фотосенсора (photo-response non-uniformity – PRNU).

Также индивидуальным признаком ЦОЭУ является наличие и расположение загрязнений на его фотосенсоре (фотоматрице), переносимое на цифровые изображения. Этот признак присущ ЦОЭУ зеркального типа, так как на фотосенсор неизбежно попадает пыль вовремя замены объектива. Кроме этого, нередки случаи поверхностного загрязнения оптической системы на неразборных фото-, видео-, веб-камерах и сканерах.

К числу распространенных методов защиты от несанкционированного копирования цифрового контента является применение видимых и невидимых цифровых водяных знаков (ЦВЗ), что также позволяет однозначно идентифицировать ЦОЭУ по создаваемому им цифровому изображению [9]. Внедрение ЦВЗ выполняется с помощью обязательного применения следующих критериев:

- в цифровое изображение внедряется ЦВЗ по специальному алгоритму, который не даёт ему определить – содержатся получаемые изображения ЦВЗ или нет;
- определить наличие ЦВЗ в цифровом изображении можно при наличии секретного ключа;
- возможно доказательство наличия ЦВЗ третьей стороне без раскрытия секретного ключа;
- ЦВЗ выдерживает все типы искажений изображения или максимально возможное их количество, кроме тех, которые делают его практически непригодным к использованию;
- разработаны модели ЦВЗ, стойкие к обрезанию значительной части цифрового изображения, уменьшения размера, разным фильтрам и т.д.

Цифровой шум также является идентификационным признаком цифрового изображения, вносимым фотосенсором ЦОЭУ и с его помощью можно также идентифицировать ЦОЭУ. Под цифровым шумом обычно понимается электрическая погрешность фотосенсора ЦОЭУ. Это явление возникает в результате особенностей преломления света – на фотосенсоре появляются не качественные разноцветные пиксели. Чем больше пикселей содержит фотосенсор, тем меньше их размер. Количество светового потока, принимаемого пикселем, определяется его размером. Поэтому, при повышении количества пикселей приходится повышать их чувствительность, что в свою очередь приводит к увеличению цифрового шума фотосенсора. Цифровой шум проявляется в виде хаотично расположенных точек различных по яркости и цвету. Особенно он заметен на однотонных поверхностях – небо, кожа, участки теней. Цифровой шум придает цифровому изображению неестественный вид – оно кажется «присыпанным» песком [10]. Уровень цифрового шума зависит от технических характеристик фотосенсора и длительности (времени) экспонирования. Цифровой шум характерен для каждого фотосенсора оптоэлектронного цифрового устройства. Особенно, он становится отчетливо виден при увеличении чувствительности: ISO 400, 800, 1600 и т.д., так как возрастает температура фотосенсора. Цифровой шум разделяется на: постоянный, яркостной и хроматический.

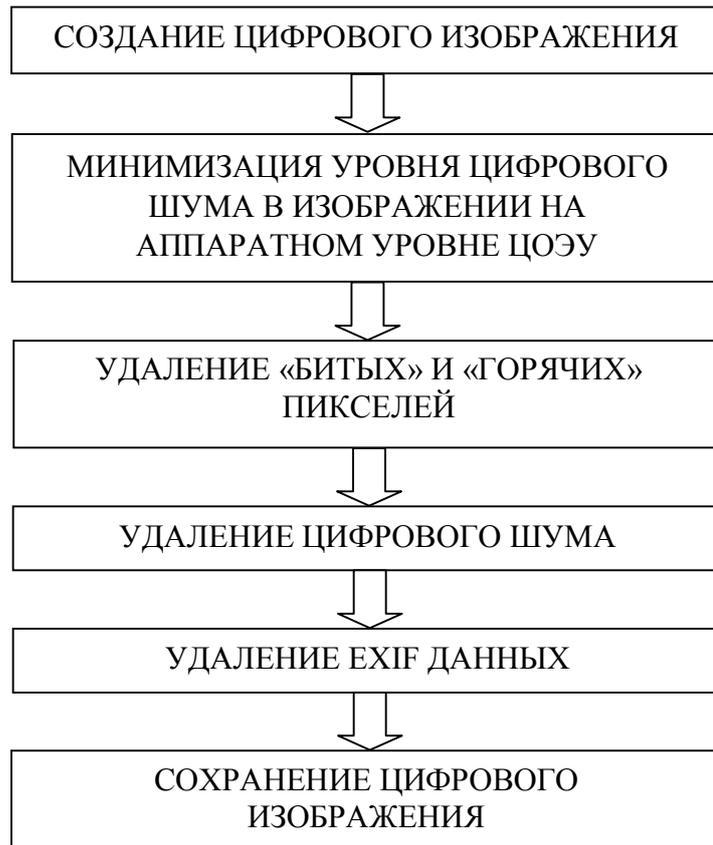
Постоянный цифровой шум проявляется одинаково на всех цифровых изображениях, создаваемых ЦОЭУ, и связан с наличием «горячих» и «битых» пикселей его фотосенсора. Формирование «горячих» пикселей связано с тем, что их проявление напрямую зависит от температуры фотосенсора (сигнал с них в разы может отличаться и быть ярче или темнее). «Битые» пиксели, независимо от режима съёмки, могут быть яркими или тёмными, в зависимости от того, в каком режиме они потеряли свою работоспособность: во включённом (яркий, обычно белый пиксель) или выключенном (тёмный, практически чёрный пиксель). На месте «битых» пикселей постоянно присутствуют светлые или темные точки. «Горячие» пиксели проявляются в виде цветных точек, расположенных на одном и том же месте от кадра к кадру при длительных выдержках, когда фотосенсор сильно нагревается. Для того чтобы выявить «горячие» пиксели ЦОЭУ, необходимо закрыть пылезащитной крышкой фотообъектив, выбрать максимальное значение чувствительности ISO, выставить выдержку 30 секунд, отключить встроенное шумоподавление (если оно есть) и сделать несколько контрольных цифровых изображений. Их визуальный анализ покажет наличие или отсутствие «горячих» пикселей.

Яркостной цифровой шум (luminance noise), проявляющийся на изображении в виде маленьких темных точек (или пятен) и напоминающий зерно фотопленки, причем повышение светочувствительности фотопленки сопровождается ростом размеров зерна, из которого состоит изображение. Крупное зерно снижает разрешающую способность фотопленки.

Хроматический цифровой шум (chrominance noise) – шум цветности выглядит неестественно и может сделать изображение непригодным. Проявляется в виде маленьких пятен (точек) другого цвета, отличного от цвета той области, где такой шум проявляется. Хроматический цифровой шум сильно бросается в глаза и неприятен для восприятия.

Относительное количество хроматического и яркостного шума может значительно варьироваться в зависимости от модели камеры.

Проанализировав идентификационные признаки цифровых изображений, авторами работы был разработан алгоритм деперсонализации цифровых изображений (рис. 1), позволяющий защитить от идентификации ЦОЭУ сторонними лицами.



**Рис. 1.** Алгоритм деперсонализации цифровых изображений

На этапе создания цифрового изображения с минимально возможным уровнем цифрового шума к числу первостепенных рекомендаций относятся [11]:

- уменьшение чувствительности ISO;
- уменьшение выдержки;
- применение более светосильных объективов. Поскольку светосила объектива характеризует способность оптической системы (объектива) пропускать свет, то чем шире будет открыта диафрагма, тем меньше можно сделать выдержку;
- выполнение съемки при хорошем освещении (или с применением вспышки);
- использование встроенной функции шумоподавления;
- следует избегать длительной работы ЦОЭУ без выключения, поскольку может произойти нагрев фотосенсора, особенно в зеркальных фотоаппаратах в режиме фокусировки по ЖК-дисплею);
- сохранение цифровых изображений в RAW-формате, содержащем необработанные данные, полученные с фотосенсора.

Реализация следующих этапов в предлагаемом авторами алгоритме деперсонализации цифровых изображений выполняется с применением специализированного ПО.

На этапе удаления «битых» и «горячих» пикселей для цифровых изображений в RAW-формате применялось специализированное ПО Hot Pixel Eliminator [12], Pixel Fixer [13]. Это ПО способно отличать «горячие» и «битые» пиксели от ярких бликов и источников света и автоматически удалять эти пиксели из необработанных цифровых изображений. Если с помощью специализированного ПО невозможно удалить «битые» и «горячие» пиксели или если создаваемое цифровое изображение сохранено в JPEG-формате, то их удаление можно выполнить вручную в ПО Adobe Photoshop с использованием инструмента Patch Tool.

На этапе удаления цифрового шума пока не существует универсальных алгоритмов. Специализированное ПО, реализующее подобные алгоритмы, не всегда может отличить мелкие детали цифрового изображения от цифрового шума. Вследствие этого, сильное подавление цифрового шума в большинстве случаев приводит к частичной потере мелких деталей и проявляется в виде размытости цифрового изображения. ПО для удаления/подавления цифрового шума должно учитывать следующие факторы:

- модель ЦОЭУ;
- причины возникновения цифрового шума фотосенсора;
- наличие мелких деталей на цифровом изображении.

Такое специализированное ПО должно позволять вручную задавать режимы удаления/подавления цифрового шума, так как восприятие человеческим глазом цифровых изображений субъективно. Практическое использование подобного ПО показало, что пользователь, обладая соответствующими навыками работы, именно в ручных режимах может достигнуть гораздо лучших результатов, чем с применением автоматических режимов. К общим рекомендациям применения специализированного ПО следует отнести применение процедуры удаления/подавления шума до выполнения других операций, таких как: цветокоррекция, изменение яркости/контраста, корректировка размеров и т.д.

В качестве примеров специализированного коммерческого ПО, позволяющего эффективно подавлять цифровой шум изображений, можно применять Adobe Camera RAW и Adobe Light Room. Авторская апробация операции удаления цифрового шума выполнялась с применением специализированного коммерческого ПО Movavi Photo Denoise [14].

Заключительный этап удаления EXIF данных позволяет деперсонализировать ЦОЭУ по вносимым им метаданным в цифровое изображение при его создании, а также скрыть информацию о том, каким специализированным ПО выполнялась постобработка цифрового изображения.

Специализированное ПО, применяемое для выполнения операций с EXIF данными цифровых изображений можно разделить на три группы, каждая из которых состоит из набора характерных функций:

- просмотр метаданных;
- редактирование отдельных тегов метаданных;
- полное удаление метаданных.

Следует отметить, что операция удаления EXIF данных реализуется по тому же принципу, что и их редактирование. Для выполнения этой операции авторами применялось наиболее эффективное специализированное ПО ExifTool, которое доступно для всех платформ. ПО ExifTool распознает дополнительные теги (EXIF чанки, от англ. *chunk* – ячейка, кусок) большинства ЦОЭУ и ПО, применяемое для постобработки цифровых изображений [15].

## Выводы и дальнейшие перспективы исследований

Проведенный анализ признаков, однозначно определяющих идентификацию ЦОЭУ по создаваемым ими цифровым изображениям, позволил разработать алгоритм, с помощью которого можно выполнить деперсонализацию цифровых изображений.

Практическое применение разработанного алгоритма деперсонализации цифровых изображений позволяет однозначно защитить свое оборудование от идентификации сторонними лицами посредством разрыва прямой связи между ЦОЭУ и создаваемым им цифровым изображением.

Алгоритм деперсонализации цифровых изображений может быть полезен тем категориям лиц, которые в силу исполнения своих профессиональных обязанностей должны соблюдать повышенные меры личной безопасности по обеспечению своей конфиденциальности при использовании различных ЦОЭУ, в особенности фото-, веб-камер и сканеров.

## Список литературы

1. Рублёв, Д.П. Установление авторских прав по неоднородностям цифровых образов / Д.П. Рублёв, В.М. Фёдоров, А.Б. Чумаченко, О.Б. Макаревич // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2008. – №8. – Т.85. – С. 141-147.
2. Фототехническая экспертиза. URL: <http://www.expertsud.ru/content/view/173/>. (Дата обращения: 3.04.2017).
3. Малюка, А.А. Цифровое изображение как объект судебной фототехнической экспертизы / А.А. Малюка // Актуальные проблемы права. – 2010. – №2. – С. 431-441.
4. Что такое Exif цифрового фотоснимка. URL: <https://profotovideo.ru/polezno-znat/chto-takoe-exif-tsifrovogo-fotosnimka>. (Дата обращения: 3.04.2017).
5. Как Google распознаёт номера домов при помощи нейросети. URL: <http://www.computerra.ru/92627/streetview-goodfellow/> (Дата обращения: 3.04.2017).
6. Другая сторона Цукерберга: чем еще занят основатель Facebook, помимо самой соцсети. URL: <https://bit.ua/2016/03/zuck/> (Дата обращения: 3.04.2017).
7. Khanna, N. Forensic Camera Classification: Verification of Sensor Pattern Noise Approach / N. Khanna, A.K. Mikkilineni, E.J. Delp // Forensic Science Communications (FSC). – 2009. – № 11(1). URL: [https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2009/research/2009\\_01\\_research01.htm](https://archives.fbi.gov/archives/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2009/research/2009_01_research01.htm) (Дата обращения: 3.04.2017).
8. JPEGsnoop 1.7.5 – JPEG File Decoding Utility. URL: <http://www.impulseadventure.com/photo/jpeg-snoop.html>. (Дата обращения: 3.04.2017).
9. Эффективные решения для защиты от мошенничества в цифровом мире. URL: <http://www.smtdp.com>. (Дата обращения: 3.04.2017).
10. Цифровой шум. Цифровой шум – что это такое? Способы борьбы с цифровым шумом. URL: <http://lepser.ru/teoriya-fotografii/tsifrovoy-shum-chto-eto-takoe-sposobyi-borbyi-s-tsifrovym-shumom.html>(Дата обращения: 3.04.2017).
11. Цифровой шум на фотографии. URL: [http://www.colorpilot.ru/reduce\\_noise.html](http://www.colorpilot.ru/reduce_noise.html). (Дата обращения: 3.04.2017).
12. HotPixels Eliminator. URL: <http://www.mediachance.com/digicam/hotpixels.htm> (Дата обращения: 3.04.2017).
13. Pixel Fixer. URL: <http://pixelfixer.org> (Дата обращения: 3.04.2017).
14. Movavi Photo Denoise. URL: <https://www.movavi.ru/noise-reduction-software/> (Дата обращения: 3.04.2017).
15. Read, Write and Edit Meta Information! URL: <http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/> (Дата обращения: 3.04.2017).

## ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ДЕПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

О.В. Задерейко<sup>1</sup>, О.В. Троянський<sup>1</sup>, Н.І. Логінова<sup>2</sup>, О.Г. Трофименко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: alexander.zadereyko@opu.ua

<sup>2</sup> Національний університет «Одеська юридична академія»,  
Фонтанська дорога, 23, м. Одеса, 65009, Україна

<sup>3</sup> Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна

У статті розглянуто індивідуальні ознаки цифрових оптоелектронних пристроїв, які дозволяють виконати їх однозначну ідентифікацію за сформованими ними цифровими образами (цифровими зображеннями). Проаналізовано можливості протидії ідентифікації цифрових оптоелектронних пристроїв. Показано, що ефективним способом, який дозволяє протидіяти ідентифікації цифрових оптоелектронних пристроїв є післяопрацювання цифрових образів з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Виконано аналіз спеціалізованого програмного забезпечення, яке застосовується для деперсоналізації цифрових образів, і запропоновано алгоритм їх післяопрацювання, що дозволяє протидіяти ідентифікації цифрових оптоелектронних пристроїв.

**Ключові слова:** цифрові зображення, цифровий оптоелектронний пристрій, ідентифікація цифрових оптоелектронних пристроїв, EXIF дані, фотосенсор, цифровий шум, деперсоналізація цифрового зображення

## PROBLEMATIC ASPECTS OF DEPERSONALIZATION DIGITAL IMAGES

O.V. Zadereyko<sup>1</sup>, A.V. Troyanskiy<sup>1</sup>, N.I. Loginova<sup>2</sup>, E.G. Trofimenko<sup>3</sup>

Odesa National Polytechnic University,  
1 Shevchenko Str., Odesa, 65044, Ukraine; e-mail: alexander.zadereyko@opu.ua

<sup>2</sup> National University «Odessa Academy Of Law»,  
23, Fontanskaya road, Odesa, 65009, Ukraine

<sup>3</sup> Odessa National O.S. Popov Academy of Telecommunications,  
1, Kuznechna str., Odessa, 65029, Ukraine

The article describes individual attributes of digital optoelectronic devices. These features make it possible to uniquely identify the devices by their digital images. Authors analysed the possibility of countering the identification of the digital optoelectronic devices and showed that the effective way of their countering is the post-processing of digital images with the use of specialized software. Authors Having analysed its use for the digital image depersonalization, we proposed the algorithm of their post-processing to counter the identification of the digital optoelectronic devices.

**Key words:** digital images, digital optoelectronic devices, digital optoelectronic device identification, EXIF data, photo sensor, digital noise, depersonalization of the digital image