

ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР ПРИ МАСШТАБИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ганин Д.В.

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино, РФ
E-mail: ngiei135@mail.ru

В рамках многих видов криминалистической и судебной экспертизы объектами исследования являются изображения разного рода и происхождения, являющиеся как самостоятельными объектами, так и генерируемыми в ходе проведения исследования. Одной из задач, ставящихся перед экспертом, является повышение четкости изображения для получения визуально различимых криминалистически значимых деталей изображения, таких как символы регистрационных знаков, конструктивные особенности транспортных средств или характерные черты внешности человека. В работе представлена экспертная оценка влияния мешающих факторов на различимость отдельных элементов регистрационного знака и выделены некоторые предельные значения определения пригодности изображения для получения из него сведений. Также представлена модификация алгоритма реконструкции фрагментов изображений малой площади, позволяющая получать дополнительные криминалистически значимые данные.

Ключевые слова: качество изображений, методы восстановления, алгоритмы фильтрации, масштабирования, эквализации изображений, деструктивные факторы, монтаж видеоизображений

Введение

Цифровая обработка изображений имеет значительный научно-практический потенциал в рамках многих областей судебной и криминалистической экспертизы. К практическим задачам, которые могут решаться в рамках данной предметной области, относятся как исследования, в которых обработка изображений выступает как один из инструментов исследователя (определение химического состава исследуемых веществ, определение давности изготовления текстов и предметов, исследование волокнистой структуры изделий и др.), так и исследования, полностью базирующиеся на обработке изображений (идентифицирующие исследования материалов документов, почерковедение, исследования видео- и звукозаписей). В настоящий момент, несмотря на значительную практическую потребность, в данной области деятельности имеется множество требующих решения научных проблем [1-3].

В рамках исследования цифровых видеозаписей и фотоснимков перед экспертом могут возникать следующие практические задачи, требующие дополнительного исследования:

1. Реконструкция и улучшение визуального качества изображения с целью получения дополнительных криминалистически значимых сведений в ходе экспертного исследования. Целью данного вида задач является воссоздание изображения, которое ранее было искажено или испорчено в результате явлений, про которые имеется достаточно определенная априорная информация. Методы восстановления поврежденного изображения основаны на моделировании процессов

искажения и применения обратных процессов для воссоздания исходного изображения.

В рамках данной проблемы возникает ряд задач, а именно:

- выявление и оценка меры влияния различных деструктивных факторов на исследуемое изображение;
- модификация имеющихся и разработка новых алгоритмов фильтрации, масштабирования, эквализации изображений в целом и их фрагментов;
- исследования в области вычисления и обработки оптических потоков, а также применения сверхразрешения;
- разработка методов анализа содержимого фрагментов изображений с использованием эвристических алгоритмов.

2. Определение геометрических размеров, положения и формы объектов на изображении (фотограмметрические задачи) в условиях значительного влияния деструктивных факторов (затенение, абберрационные искажения). Подобный род задач подразумевает проведение исследований в области геометрической оптики и применение полученных в результате этого знаний в ходе решения различных практических задач.

3. Определение скорости движения объекта в условиях отсутствия опорных точек, то есть в видеозаписях, не фиксирующих неподвижные предметы, позволяющих оценить пройденное устройством записи расстояние за заданное дискретное время. В данной области перспективным является разработка алгоритмов расчета скоростей по изменениям угловых размеров непод-

вижных и подвижных объектов, фиксируемых устройством записи.

4. Разработка автоматизированных методов выявления межкадрового и внутрикадрового монтажа видеоизображений, основанных на анализе изменения непрерывности движения объектов, а также наличии неравномерности распределения шумов, фиксируемых на изображении.

В данной работе рассматривается первая из указанных задач в области реконструкции мало-различимых изображений государственных регистрационных знаков транспортных средств [4].

Постановка задачи

В зарубежной практике использование видеозаписей как доказательств зачастую ограничено в связи с особенностями судебной системы. По этой причине исследование в данной области не имеют широкого распространения. В основном задачи анализа регистрационных знаков транспортных средств направлены на создание автоматических систем распознавания значений номера, однако подобные системы зачастую выставляют обширные требования к качеству исходного материала и не эффективны в условиях вне границ этих ограничений. К требованиям работы этих систем можно отнести наличие заранее определенного месторасположения исследуемого фрагмента на общем изображении; отсутствие значительного влияния мешающих факторов на исследуемое изображение; большой размер исследуемого фрагмента [3-4].

Особенностью правоприменительной практики РФ является то, что видеозаписи, фиксирующие правонарушения, являются доказательствами в суде – это позволяет приобщать к делу видеозаписи, полученные с использованием широкого арсенала средств записи в различных условиях. Подобная разнородность способов и условий получения видеозаписей значительно усложняет задачу их анализа и зачастую ставит эксперта перед необходимостью проведения реконструкции изображения [2].

В экспертной литературе описывается общий план проведения улучшения визуального качества изображения или его фрагментов, строящийся следующим образом [4-5]:

1. Производится перцептивное и инструментальное исследование изображения, в ходе которого определяются его характеристики и особенности, оцениваются влияния шумов и иных мешающих факторов, оценивается пригодность материала для дальнейшего улучшения, производится выделение фрагментов для дальнейшего исследования.

2. Устраняются шумы изображения путем применения различных фильтров.

3. Производится цветокоррекция изображения. Зачастую для улучшения изображения оптимально использовать их полутоновые версии, за счет чего повышается информативность изображения.

4. Изображение или его фрагменты увеличиваются в размерах путем интерполяции его элементов.

5. Выравнивается гистограмма изображения с использованием различных методов эквализации.

6. Контрастность изображения повышается.

Данный план является достаточно всеобъемлющим и позволяет получить общее представление о подходе к реконструкции, однако он не дает описания методов, применяемых на каждом из этапов улучшения, давая значительную свободу в их выборе или при их разработке.

Оценка влияния деструктивных факторов

В ходе построения методов улучшения визуального качества изображений на первом этапе рассматривается оценка значимости деструктивных факторов на различные фрагменты изображения. Среди подобных факторов могут быть выделены факторы, вызываемые влияниями свойства оптической системы и устройства записи, которые включают в себя искажения сжатия и наличие аберраций; внешние факторы, влияющие непосредственно на предмет, фиксируемый на изображении, такие как наложение инородных красящих веществ или сложная геометрия предмета, малая освещенность предмета, низкая контрастность предмета и фона, перемещение предмета или устройства записи, а также большая дальность до объекта.

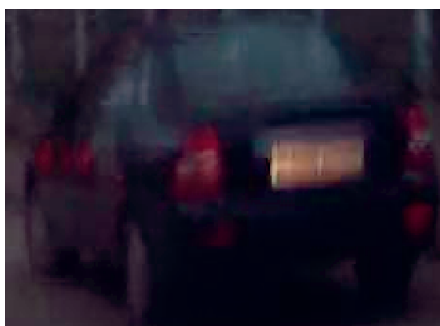
Примеры изображений со значительными влияниями деструктивных факторов представлены на рис. 1. Важно отметить, что с уменьшением линейных размеров объекта на изображении наблюдается увеличение информационной энтропии данных, получаемых из изображения. В ходе проведения экспертных исследований установлено, что в условиях незначительного влияния прочих деструктивных факторов наблюдается сигмоидальная зависимость различимости символов номерного знака от их линейной высоты.

Обобщенные результаты экспертной оценки исследуемых материалов, основанных на применении субъективной оценки изображений (от

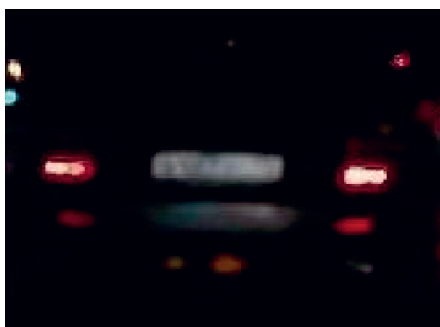
1 – неразборчива до 5 – хорошо различимо), приведены в Таблице 1 [3].



а)



б)



в)

Рис. 1. Влияние деструктивных факторов на различимость фиксируемых фрагментов: а) наложение красящих веществ; б) влияние смещения устройства записи; в) большая удаленность объекта

Таблица 1. Субъективная оценка различимости символов регистрационного знака

Высота регистрационного знака (пиксель)	Высота цифры номера (пиксель)	Экспертная оценка
9	6	1
13	7	1
14	9	3
17	11	3
21	15	4
26	17	5

Применение итеративных процедур в ходе реконструкции изображения

Для увеличения изображения используется бикубическая интерполяция. Сущность бикубической интерполяции заключается в том, что при растяжении изображения вычисляются значения яркости в новых узлах. Для этого необходимо умножить матрицу коэффициентов на уровень яркости 16 пикселей, находящихся вокруг нового узла, при этом коэффициенты зависят от дальности от нового узла

$$f'(x, y) = \sum_{x=0}^3 \sum_{y=0}^3 b_{xy} \cdot f(x, y),$$

где $f'(x, y)$ – значение яркости нового пикселя; b_{xy} – значение матрицы коэффициентов; $f(x, y)$ – значение яркости в исходных узлах ($i, j = -1 \dots 2$).

В данной работе предлагается модификация традиционного алгоритма улучшения визуального качества путем введения итерационной процедуры на 4-6 этапах. За счет пошагового увеличения изображения и растяжения гистограммы изображения происходит снижение влияния искажений сжатия и повышение целостности элементов изображения, при этом фрагменты визуально становятся лучше, чем при однократном увеличении.

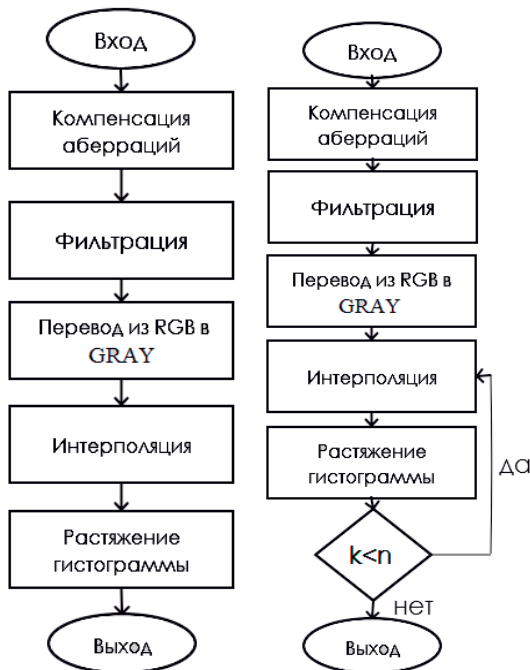


Рис. 2. Блок-схемы алгоритмов улучшения изображения в однократном и итерационном режимах

При сравнении результатов работы однократного и итерационного алгоритмов видно, что при однократном увеличении изображение имеет

ступенчатую форму, а при итеративном – более сглаженный вид, что лучше подходит для визуального распознавания.

Кроме того, было установлено, что при применении малых коэффициентов увеличения на каждом шаге при увеличении числа подобных шагов наблюдается улучшение визуального качества изображения, проявляемого в снижении влияния искажений сжатия.

Изображения, полученные при увеличении тестовых изображений с использованием традиционного однократного алгоритма и итерационного алгоритма (с разными коэффициентами увеличения), представлены на рис. 3-4.



а)



б)

Рис. 3. Улучшенное тестовое изображение при однократном увеличении в 6,11 раза (а); при итеративной процедуре с коэффициентом увеличения 1,1 и 20 шагами итерации (б)



а)



б)

Рис.4. Улучшенное тестовое изображение при однократном увеличении в 6,5 раза (а); при итеративной процедуре с коэффициентом увеличения 1,6 и 5 шагами итерации (б)

В ходе реконструкции изображений, полученных в неидеальных условиях съемки, алгоритмы могут дополняться более сложными механизмами фильтрации и коррекции гистограмм, однако применение итеративных процедур так же показывает лучший результат. Изображения, по-

лученные в результате улучшения реальных изображений, зафиксированных в условиях влияния различных деструктивных факторов, представлены на рис. 5-6.



а)



б)



в)

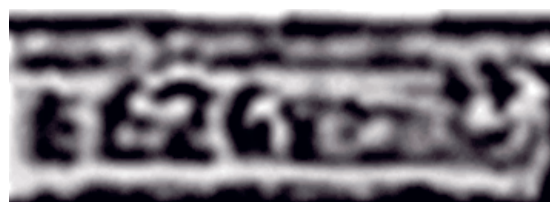
Рис. 5. Улучшенное реальное изображение регистрационного знака (а); при однократном увеличении (б); при итеративной процедуре (в)



а)



б)



в)

Рис.6. Улучшенное реальное изображение регистрационного знака (а); при однократном увеличении (б); при итеративной процедуре (в)

Выводы

Таким образом, в данной работе было установлено, что пригодными для улучшения являются изображения, не содержащие значительных наложений инородных красящих веществ и не имеющие значительных снижений четкости границ фрагментов и неравномерных искажений, одним из наиболее значимых факторов при этом являются линейные размеры.

Применение алгоритма, основанного на итерационном преобразовании исходного изображения, базирующегося на бикубической интерполяции, показывает свою эффективность по отношению к алгоритмам с однократным преобразованием в условиях малых линейных размеров исходного изображения. Важной особенностью полученного алгоритма является возможность его адаптивной настройки разработчиком.

Литература

- Каганов А.Ш., Блохин А.С., Назин Л.Ф. Программа подготовки экспертов по экспертной специальности 7.3 «Исследование видеоизображений, условий, средств, материалов и следов видеозаписей» // Теория и практика судебной экспертизы. №3(7), 2007. – С. 54-58.
- Петров С.М. Определение по видеозаписям, фиксирующим события дорожно-транспортного происшествия, положения и параметров движения его участников: метод. рекомендации для экспертов. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2016. – 88 с.
- Петров С.М. Обстоятельства изготовления цифрового изображения как предмет экспертного исследования // Материалы Всероссийского семинара «Развитие новых видов и направлений судебной экспертизы». ФБУ Южный РЦСЭ Минюста России. Ростов-на-Дону, 2011. – С. 144-155.
- ГОСТ Р 50577-93. Знаки государственные регистрационные транспортных средств. Типы и основные размеры. Технические требования (с изм. и дополн.). Введ. с 1994-01-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002.
- Hui Li, Chunhua Shen. Reading Car License Plates Using Deep Convolutional Neural Networks and LSTMs // URL: <https://arxiv.org/pdf/1601.05610.pdf> (д.о. 27.02.2017).
- Laura Lopez-Fuentes L., Bagdanov A.D., Van de Weijer J. et. al. Bandwidth limited object recognition in high resolution imagery // URL: <https://arxiv.org/pdf/1701.04210.pdf> (д.о. 27.02.2017).
- Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. N 195-ФЗ (КоАП РФ) (с изм. и доп. от 26.04.2016 г.) // Российская газета от 31.12.2001.
- Звездин М.В. Распознавание объектов на изображениях при производстве криминалистических экспертиз видеозаписей // Материалы Всероссийского семинара «Развитие новых видов и направлений судебной экспертизы». ФБУ Южный РЦСЭ Минюста России. Ростов-на-Дону, 2011. – С. 199-206.
- Дворкович А.В., Дворкович В.П. Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика). М.: Техносфера, 2012. – 1007 с.
- Ревякин М.Ю. Методы, решения основных вопросов криминалистической экспертизы видеозаписей // Материалы НПК «Теоретические и практические вопросы криминалистической экспертизы видеозаписей на современном этапе ее развития». Нижний Новгород: ФБУ Приволжский РЦСЭ Минюста России, 2013. – С. 28-35.
- Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB Пер. с англ. М.: Техносфера, 2006. – 616 с.

Получено 25.05.2017

Ганин Дмитрий Владимирович, к.э.н., доцент, заведующий Кафедрой инфокоммуникационных технологий и систем связи Нижегородского государственного инженерно-экономического университета (Нижегородская область, г. Княгинино). Тел. (8-831) 664-16-51; 8-910-393-70-54. E-mail: ngiei135@mail.ru

ITERATIVE PROCEDURES APPLICATION FOR IMAGE SCALING*Ganin D.V.**Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Russian Federation**E-mail: ngiei135@mail.ru*

Forensic examination often involves studying various kinds of images obtained from various sources. One of the tasks assigned to an expert is to enhance image quality to obtain visually distinguishable forensically significant details, such as registration plate number or appearance details of a vehicle or a person. In the article an expert assessment of the obstacle influence on recognizing of a registration plate number is presented and the limitations for initial image quality are outlined. Furthermore, a modified image recovery algorithm is introduced for reconstructing fragments of small images, which allows to obtain additional forensically significant data.

Keywords: image quality, recovery techniques, filtering algorithms, scaling, image equalization, obstacle, video montage

DOI: 10.18469/ikt.2017.15.4.15

Ganin Dminrii Vladimirovich, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, 22 Oktyabrskaya str., Knyaginino, Nizhniy Novgorod region, 606340, Russian Federation; the Head of Department of Infocommunication Technologies and Communication Systems. Tel.: +78316641651, +79103937054. E-mail: ngiei135@mail.ru.

References

1. Kaganov A.Sh., Blohin A.S., Nazin L.F. Programma podgotovki ekspertov po ekspertnoj spetsial'nost' 7.3 «Issledovanie videoizobrazhenij, uslovij, sredstv, materialov i sledov videozapisej» [The program of training of experts according to expert specialty 7.3 «Research video, terms, tools, materials, and tracks video clips»]. *Teoriya i praktika sudebnoj ekspertizy*, no 3, 2007, pp. 54-58.
2. Petrov S.M., Boyarov A.G., Vlasov O.O., Krivoshechekov S.A., Shavykina S.B., Amelin V.A. *Opreделение po videozapisyam, fiksiruyushchim sobytiya dorozhno-transportnogo proisshestviya, polozeniya i parametrov dvizheniya ego uchastnikov: metod. rekomendatsii dlya ekspertov* [Definition video that captures events of a traffic accident, the position and parameters of motion of its members: method. Recommendations for experts]. Moscow, The Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, 2016. 88 p.
3. Petrov S.M. *Obstoyatel'stva izgotovleniya tsifrovogo izobrazheniya kak predmet ekspertnogo issledovaniya* [The circumstances of the making of the digital image as the subject of an expert study], «Razvitie novyh vidov i napravlenij sudebnoj ekspertizy»: materialy Vserossijskogo seminar [«The development of new types and directions of forensic examination»: materials of the seminar], Rostov-na-Donu, The South Regional Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, 2011, pp. 144 - 155.
4. GOST R 50577-93. *Znaki gosudarstvennye registratsionnye transportnyh sredstv. Tipy i osnovnye razmery. Tekhnicheskie trebovaniya (s izmeneniyami i dopolneniyami)* [Licence plates for vehicles. Types and main sizes. Technical requirements], Moscow, 2002.
5. Hui Li, Chunhua Shen Reading Car License Plates Using Deep Convolutional Neural Networks and LSTMs. URL: <https://arxiv.org/pdf/1601.05610.pdf> (accessed 27.02.2017).
6. Laura Lopez-Fuentes, Andrew D.Bagdanov, Joost van de Weijer, Harald Skinnemoen Bandwidth limited object recognition in high resolution imagery. URL: <https://arxiv.org/pdf/1701.04210.pdf> (accessed 27.02.2017).
7. The Code of the Russian Federation on Administrative Offenses (with changes and additions 26.04.2016). *Rossiyskaya gazeta*, 31.10.2001. (in Russ).
8. Zvezdin M.V. *Raspoznavanie ob»ektov na izobrazheniyah pri proizvodstve kriminalisticheskikh ekspertiz videozapise* [Recognition of objects on images in the production of forensic examinations videos]. *Razvitie novyh vidov i napravlenij sudebnoj ekspertizy: materialy Vserossijskogo seminar* [«The development of new types and directions of forensic examination»: materials of the seminar], Rostov-on-Don, The South

- Regional Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, 2011, pp. 199-206.
9. Dvorkovich A.V., Dvorkovich V.P. *Tsifrovye videoinformatsionnye sistemy (teoriya i praktika)* [Digital video information system (theory and practice)], Moscow, Tekhnosfera, 2012, 1007 p.
10. Revyakin, M. Yu. *Metody, resheniya osnovnykh voprosov kriminalisticheskoy ekspertizy videozapisej, Teoreticheskie i prakticheskie voprosy kriminalisticheskoy ekspertizy videozapisej na sovremennom etape eyo razvitiya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Nizhny Novgorod, The Privolzhsky Regional Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, 2013. pp. 28-35.
11. Gonsales R., Vuds R., Ehddins S. *Cifrovaya obrabotka izobrazhenij v srede MATLAB* [Digital image processing in MATLAB], russ. ed.: V.V. СНерыzhova, Moscow, Tekhnosfera, 2006, 616 p.

Received 25.05.2017

УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК 621.38

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА ДЛЯ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

Галочкин В.А.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: galochkin.vladimir@yandex.ru

Обзор посвящен актуальным вопросам изучения основ электроники и схемотехники в области телекоммуникаций и телевидения. Дана краткая характеристика содержания существующих учебных курсов для телекоммуникационных вузов и проведен анализ изменений в области электроники и схемотехники. Представлен пример использования новых элементов (мемристоров) при создании нейронных сетей нового типа, новых принципов построения ячеек памяти с более высоким быстродействием. Предлагается включить в учебные программы данные о новых материалах и новой элементной базе современной электроники и схемотехники.

Ключевые слова: нанотехнологии, нанoeлектроника, схемотехника, транзисторы, телекоммуникации

Введение

Требования ФГОС-3+ [1-2] высшего образования по дисциплинам по электронике и схемотехнике определяют, что «...в результате обучения базовой части цикла обучающийся должен обладать

– готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; должен знать:

– основные физические явления; фундаментальные понятия, законы и теории современной физики твердотельных элементов микро- и нанoeлектроники;

– особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию».

Как уже отмечалось [3], современные телекоммуникационные технологии и, соответственно, уровень базовых знаний, лежащий в их основе,

за последние двадцать лет кардинально изменились. Цель данной статьи – краткий обзор изменений в современном содержании электроники и изменения ее элементной базы и перспектив их развития в области телекоммуникаций и телевидения; обоснование необходимости дополнить содержание существующих дисциплин по электронике и схемотехнике для телекоммуникационных вузов основными знаниями о новых материалах и новой элементной базе.

Существующее содержание дисциплин по электронике и схемотехнике

Существующие учебники и учебные пособия по электронике и схемотехнике (приборы, устройства и их схемотехника) при всем их разнообразии базируются на следующих основных научных направлениях [4-7].

1. Вакуумная электроника.

1.1. Приборы и устройства вакуумной электроники (СВЧ-приборы и устройства; электрон-