

Распознавание образов

Детектирование и фильтрация бликов в задачах распознавания документов с мобильных устройств¹

Т. С. ЧЕРНОВ

Аннотация. В работе рассматривается негативное влияние бликов, возникающих при отражении света от защитной пленки документа, на различные этапы распознавания паспорта гражданина Российской Федерации при съемке с мобильного устройства. Предлагаются методы детектирования и устранения бликов на входных изображениях с вычислительной сложностью, позволяющей их использование в реальном времени на мобильных устройствах. Приводятся результаты экспериментов на выборке изображений паспортов РФ с выраженным присутствием бликов, показывающие, что детектирование и фильтрация бликов значительно уменьшают количество отказов системы нахождения документа методом Виолы-Джонса, повышая общую точность распознавания полей документа.

Ключевые слова: распознавание документов, пространственная оценка качества изображений документов, блики.

Введение

Задачи автоматического ввода и распознавания изображений документов остаются актуальными на протяжении последних нескольких десятилетий [1]. С повышением разрешения фото- и видеосъемки мобильных устройств, а также с ростом их вычислительных ресурсов, особенный интерес представляет разработка систем, предназначенных для распознавания документов непосредственно на мобильном устройстве в естественной неконтролируемой среде [2].

Изображения документов, полученные с камер мобильных устройств для последующего анализа, могут подвергаться различным искажениям, ухудшающим их качество и вызывающим потери информации [3]. Одним из типов искажений, возникающих при съемке в естественной среде, являются световые отражения и блики [2] (рис. 1).

Многие системы обработки изображений, компьютерного зрения и распознавания образов разрабатываются с тем допущением, что на по-

верхностях рассматриваемых объектов отсутствуют блики. Данное допущение упрощает построение таких систем ценой снижения устойчивости их работы в условиях наличия бликов, которые воспринимаются системами как аномальные явления или выбросы [4].

Для повышения устойчивости работы описанных систем в условиях наличия бликов требуется детектировать области с бликами на входных

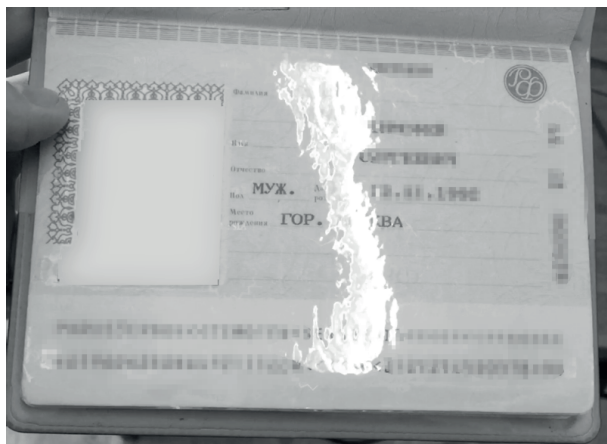


Рис. 1. Пример выраженного блика на изображении паспорта РФ

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №15-07-06520 и №16-07-01051).

изображениях. Теоретически, если в области блика сигнал яркости не вышел за пределы динамического диапазона, то после этого возможно восстановление изображения в области блика, как если бы он отсутствовал [5]. К сожалению, динамический диапазон камер мобильных устройств, как правило, крайне ограничен. В таком случае область блика оказывается полностью зашкалена и восстановление такого изображения возможна только в смысле корректной интерполяции фона. В любом случае, используя информацию о местонахождении бликов, системы могут игнорировать соответствующие области изображений, чтобы не возвращать заведомо ошибочный результат и не тратить лишнее время на обработку, а также снизить показатель уверенности в результате или выдать отказ.

Системы распознавания документов в видеопотоке [2,3], например, распознавания паспорта гражданина Российской Федерации [6], характерны тем, что даже при частичных повреждениях областей документа на кадрах видеопотока в результате бликов они все равно потенциально способны распознать документ. Это возможно тогда, когда на протяжении видеопотока каждая информативная составляющая документа отчетливо представлена хотя бы на одном или нескольких кадрах, и достигается за счет комбинирования («интеграции») результатов распознавания между различными кадрами видеопотока.

В данной работе анализируется влияние бликов на различные этапы работы системы распознавания паспорта РФ, использующей камеру мобильного устройства. Предлагаются методы детектирования поврежденных бликами областей и интерполяции поврежденного ими фона, приводятся экспериментальные показатели точностных характеристик системы до и после адаптации данных методов.

1. Обзор методов и приложений детекции и фильтрации бликов

Задачи детектирования и фильтрации бликов широко распространены при разработке различных систем захвата, обработки и анализа изображений и видео. Существует множество методов удаления с изображения зеркальных отражений источника света без привязки к конкретной предметной области [7-10], подробный обзор которых приведен в [4].

Детекция бликов и других шумовых областей на изображениях актуальна при реконструкции архивов фото и видеоданных [4,5]. В [11] для этого

используется специальная модификация физического устройства камеры.

Системы внешнего ночного наблюдения [12] и автоматического детектирования дорожных происшествий [13] задействуют детекцию и удаление бликов по причине того, что они ведут за собой большое количество отказов и ложных срабатываний в этих системах.

Детектирование и закрашивание световых отражений широко применяются в медицинских и биометрических сферах. Блики являются серьезной проблемой при сегментировании радужной оболочки глаза, что требует их детекции и закрашивания перед работой остальных подсистем [14].

В дерматологии детекция бликов задействуется при анализе изображений кожи пациентов на предмет наличия меланомы [15], в том числе, при съемке с мобильных устройств [16].

Множество работ опубликовано о детекции и удалении бликов на изображениях, полученных в процессе различных видов эндоскопии. Основными направлениями детекции и удаления бликов в видеопотоке и на отдельных изображениях являются коррекция видео на мониторе в реальном времени [17-22], увеличение точности восстановления структуры из видеопотока [17], коррекция кадров для последующего автоматического или ручного анализа на предмет рака и других заболеваний [21,23,24]. В [25] детектирование бликов является важной частью подсистемы выделения информативных кадров среди результатов эндоскопии для оптимизации работы как системы автоматического анализа этих кадров, так и ручной проверки врачом.

Влияние бликов при сканировании документов также исследуется в контексте систем общего контроля качества изображений [26], модификации процесса сканирования [27] и непосредственного детектирования бликов [28].

Большинство из перечисленных методов не предназначено для работы с зашкаленными областями и используют модели бликов и фона, специфичные для конкретного приложения. Кроме того, требования к производительности среди них также различаются, что является мотивацией к разработке метода детектирования и фильтрации бликов на изображениях документов, имеющего вычислительную сложность, позволяющую его применение на мобильных устройствах.

2. Влияние бликов на системы распознавания документов

Опишем общую схему работы систем распознавания документов, к которым относится

рассматриваемая система распознавания паспорта РФ.

Первым шагом производится определение расположения документа на изображении, например, с помощью метода обучаемого каскадного детектора Виолы-Джонса [29], успешно применяющегося для поиска документа [30]. Когда границы документа были успешно найдены, вырезаются примерные области зон документа, содержащие строки смысловых полей (фамилия, имя, отчество, пол и т.д.), после чего внутри областей производится «вертикальная» сегментация – разбиение областей на строки.

Внутри каждой выделенной строки запускаются алгоритмы «горизонтальной» сегментации – разрезания строки на символы [31]. Наконец, отдельные символы подаются на вход системе распознавания символов, результаты которой подвергаются финальной контекстной пост-обработке.

Блики могут служить серьезной помехой практически на всех шагах работы системы.

При наличии бликов относительно большой площади детектор Виолы-Джонса способен отрицательно классифицировать область документа, в случае чего система выдает отказ и дальнейшее распознавание не производится. Такое поведение системы оправдано только тогда, когда в данном видеопотоке присутствуют кадры без засвеченных областей, что в естественных условиях возможно не всегда. В противном случае, даже если каждый кадр в отдельности и невозможно распознать целиком по причине засвета текстовой информации, система может аккумулировать результаты распознавания видимых частей кадров видеопотока. Для повышения устойчивости детектирования документа и уменьшения количества отказов подсистемы на данном этапе предлагается фильтрация бликов в поврежденных областях путем интерполяции фона.

Методы выделения строк полей зачастую используют алгоритмы математической морфологии, а также проекции на вертикальные оси для выделения областей текста. При замене темных текстовых областей с видимыми границами базовых линий светлыми бликовыми областями, вышеупомянутые алгоритмы ведут себя непредсказуемым образом и выдают либо отказ, либо неточный результат.

Аналогичная ситуация наблюдается с алгоритмами сегментации выделенных строк на символы и последующим их распознаванием: корректное применение этих алгоритмов в областях бликов не определено и система должна дать отказ

вместо того, чтобы тратить время на заведомо безуспешную операцию.

Таким образом, общая методология взаимодействия с бликами на всех уровнях распознавания паспорта такова: если возможно – избежать отказа метода на текущем этапе, сохранив полезную информацию для выделения на следующих этапах. Иначе – выдать отказ и избежать заведомо бесполезной траты вычислительных ресурсов.

3. Детектирование областей бликов

Проведем грань между произвольными отражениями света, изменяющими наблюдаемые цветовые характеристики документа, и бликами, приводящими к зашкаливающим значениям на полученных с камеры изображениях. Упрощение постановки задачи путем рассмотрения только бликов позволяет разработать простой и быстрый алгоритм детектирования бликовых областей. Результатом алгоритма является бинарное изображение G – маска принадлежности пикселей исходного изображения бликовым областям.

Принадлежащие блику пиксели изображения могут быть охарактеризованы двумя признаками: высокая яркость и низкая насыщенность [24] в результате потери цветовой информации о документе. Тогда, пусть пиксель (x, y) изображения точно принадлежит блику, если одновременно выполняется: $I(x, y) > T_I$ и $S(x, y) < T_S$, где T_I и T_S – пороги на яркость и насыщенность. Помимо непосредственных зашкаливающих областей требуется также включить в маску менее засвеченные области, граничащие с уже найденными, что дополнительно обуславливается неравномерностью поверхности защитной пленки паспорта РФ.

Предлагаемый подход к расширению границ найденной маски задействует операции математической морфологии. Первым шагом производится морфологическое закрытие битовой маски с относительно большим окном с целью закрашивания небольших бассейнов с отрицательными значениями маски, окруженных ранее найденными положительными. Затем, положительные границы маски расширяются с помощью морфологической операции дилатации. На рис. 2 показан результат работы алгоритма детектирования.

Отметим, что морфологическое закрытие можно дополнительно проводить для исходного изображения в качестве предобработки, что также повышает устойчивость метода.

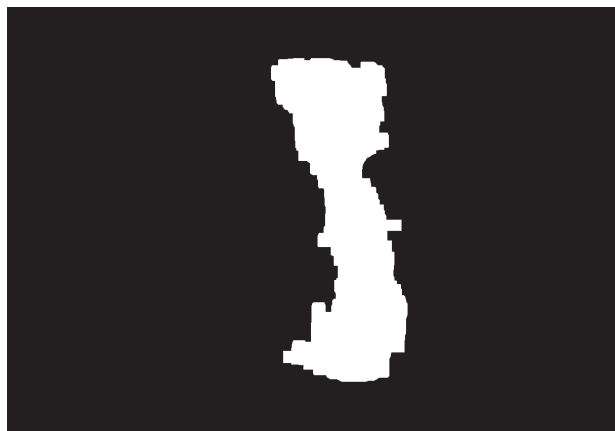


Рис. 2. Результат детектирования поврежденной бликом области

4. Интерполяция фона на поврежденных бликами областях

Поврежденные бликами области большой площади пагубно влияют на ранее описанный детектор документа методом Виолы-Джонса. В [14] этот факт подтверждается аналогичным случаем, где блики приводят к резкому снижению точности детектирования радужной оболочки глаза при использовании AdaBoost-каскада Виолы-Джонса. Классическим решением такой проблемы является закрашивание (интерполирование) фона в поврежденных областях изображения, найденных на предыдущем шаге алгоритма детектирования.

В задачах, не требующих вычислительной производительности, достаточной для обработки последовательности кадров видеопотока в реальном времени, возможно использование, например, дискретного преобразования Фурье [19,20]. Другим возможным вычислительно затратным методом является решение уравнения Лапласа [23] для поврежденных пикселей при граничных условиях, соответствующих границам поврежденной области. Метод, использующий решение уравнения Лапласа, был экспериментально проверен в работе, но показал ожидаемо не приемлемую производительность для обработки в реальном времени, особенно при входных изображениях высокого разрешения.

При наличии требований к обработке в реальном времени возникает необходимость в разработке эффективных методов восстановления поврежденных областей изображения [18].

Для восстановления поврежденных областей в работе предлагается метод, основанный на обходе в ширину. Компоненты связности бинарной маски бликов обрабатываются независимо друг

от друга. Для заданной компоненты связности поддерживается очередь Q порядка обхода внутренних пикселей поврежденной области. Сначала в нее заносится все ее внутренние граничные пиксели. На каждой итерации алгоритма текущий незакрашенный поврежденный бликом пиксель (x, y) достается из очереди и его значение для цветовых компонент c пересчитывается, как:

$$I(x, y, c) = \frac{I}{|N(x, y, W)|} \sum_{x', y' \in N(x, y)} I(x', y', c),$$

где $N(x, y, W)$ – множество, не принадлежащих блику, или же уже закрасненных бликовых пикселей в окне с центром (x, y) и крылом W . После этого, еще не закрасненные бликовые пиксели, являющиеся непосредственными соседями (x, y) , добавляются в очередь Q . На рис. 3 показан пример работы алгоритма.

К минусам алгоритма можно отнести затемненные области на восстановленном изображении, вызванные наличием текстовых блоков на границе блика.

5. Экспериментальные результаты

В экспериментах использовался набор из 579 изображений третьей страницы (покрытой пленкой) паспортов РФ, полученных с камер мобильных устройств. Съемка проводилась в таких условиях, чтобы на документах проявлялись блики, возникающие от направленных источников света. Блики на изображениях выборки располагаются в различных частях документа, тем самым повреждая его различные информационные области, а также могут иметь достаточно большую площадь для негативного влияния на детектор документа.

Документы показывались перед камерой в пространственном расположении, наиболее благоприятном для работы имеющегося детектора документа ме-

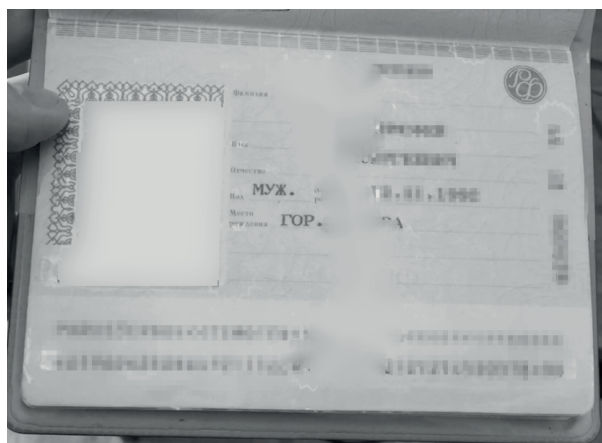


Рис. 3. Результат работы алгоритма фильтрации областей бликов

тодом Виолы-Джонса. Для нахождения оптимального расположения был заранее проведен эксперимент в нормальных условиях без бликов, в котором детектор показал практически 100%-ю точность работы.

Первый этап первого эксперимента заключался в тестировании детектора третьей страницы паспорта РФ на всех изображениях выборки и отделении негативных изображений, на которых детектор выдал отказ (детектор настроен на практическое отсутствие ложноположительных срабатываний). Вторым этапом на выделенных изображениях производилось детектирование поврежденных бликами областей и их восстановление. Третий этап заключался в повторном запуске системы детектирования документа, но уже на изображениях с интерполированными областями бликов.

На рис. 4 показаны пропорции изображений с найденными документами на первом этапе и не требующих закрашивания бликов (75.3%), изображений с отрицательными результатами детектирования, ставшими положительными после закрашивания бликов (19.4%), а также изображений, на которых даже после закрашивания не удалось получить успешное срабатывание детектора (5.3%).

Поскольку отрицательное срабатывание детектора приводит к невозможности дальнейшего распознавания, исправление детектирования одной пятой части выборки документов, что также является уменьшением числа ошибок в 4.6 раз, можно считать существенным.

Для проверки непосредственного влияния исправления изображений для детектора на общую точность распознавания был проведен второй эксперимент, в котором подсчитывалось среднее количество частично (совпадение хотя бы в одном символе и система не выдала отказ) и полностью распознанных полей третьей страницы паспорта на



Рис. 4. Статистика работы детектора документа до и после восстановления бликов

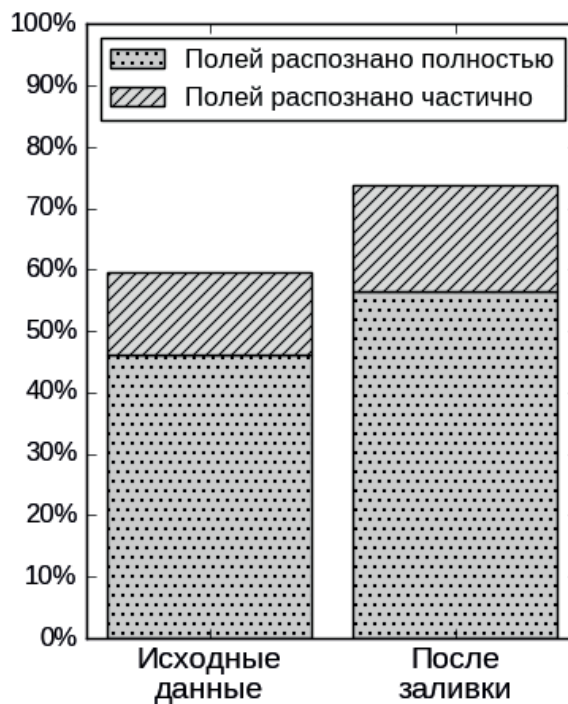


Рис. 5. Статистика точности распознавания полей документа до и после восстановления

исходных и восстановленных изображениях. К полям относились: серия, номер, имя, фамилия, пол, дата и место рождения. Результаты эксперимента показаны на рис. 5.

Из иллюстрации видно, что общая точность распознавания также увеличилась при рассмотрении восстановленных изображений, ранее не распознаваемых по причине отказа детектора документа.

Заключение

В работе был проведен анализ негативного влияния бликов на документах на работу системы распознавания паспорта РФ, включая детектор документа методом Виолы-Джонса. Предложены методы детектирования и интерполяции поврежденных бликами областей, быстрдействие которых позволяет их применение в системах распознавания реального времени на мобильных устройствах. В результате экспериментов было показано, что фильтрация бликов благоприятно влияет на устойчивость подсистемы детектирования документа и общую точность распознавания полей паспорта РФ.

Дальнейшим направлением исследований является разработка алгоритмов детекции и, в особенности, фильтрации бликов с учетом информации о видеопотоке, а не только об индивидуальных его кадрах.

Литература

1. *Hiromichi Fujisawa*. Forty Years of Research in Character and Document Recognition-an Industrial Perspective. // *Pattern Recognition* 41.8 (авг. 2008), с. 2435–2446.
2. *Арлазаров В.* и др. Анализ особенностей использования стационарных и мобильных малоразмерных цифровых видео камер для распознавания документов. // *Информационные технологии и вычислительные системы*. №3. 2014.
3. *Булатов К.* и др. Проблемы распознавания машиночитаемых зон с использованием малоформатных цифровых камер мобильных устройств // *Труды ИСА РАН Т. 65. В. 3.* 2015.
4. *Alessandro Artusi, Francesco Banterle u Dmitry Chetverikov*. A Survey of Specularity Removal Methods. // *Computer Graphics Forum* (2011).
5. *Kokaram A. C.* On missing data treatment for degraded video and film archives: a survey and a new Bayesian approach // *IEEE Transactions on Image Processing* 13.3 (март 2004), с. 397–415.
6. *Timofey S. Chernov, Dmitry P. Nikolaev u Vitali M. Kliatskine*. A method of periodic pattern localization on document images. 2015.
7. *Kim H.* и др. Specular Reflection Separation Using Dark Channel Prior // *2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Июнь 2013, с. 1460–1467.
8. *Qingxiong Yang, Shengnan Wang u Narendra Ahuja*. Real-time Specular Highlight Removal Using Bilateral Filtering // *Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision: Part IV. ECCV'10. Heraklion, Crete, Greece: Springer-Verlag, 2010*, с. 87–100.
9. *Nguyen T.* и др. A novel and effective method for specular detection and removal by tensor voting // *2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. окт. 2014, с. 1061–1065.
10. *Koray Kayabol, Ercan E. Kuruoglu u Bulent Sankur*. Image Source Separation Using Color Channel Dependencies // *Independent Component Analysis and Signal Separation: 8th International Conference, ICA 2009, Paraty, Brazil, March 15-18, 2009. Proceedings.* под ред. Tülay Adalı и др. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, с. 499–506.
11. *Ramesh Raskar* и др. Glare Aware Photography: 4D Ray Sampling for Reducing Glare Effects of Camera Lenses // *ACM Transactions on Graphics* 27.3 (авг. 2008), 56:1–56:10.
12. *Chil-Suk Cho, Joongseok Song u Jong-Il Park*. Glare region detection in night scene using multi-layering // *The Third International Conference on Digital Information Processing and Communications. The Society of Digital Information и Wireless Communication*. 2013, с. 467–469.
13. *Mohamed Shehata* и др. Real Time Static Glare Identification in ITS // *Practical Real World Technologies for Communications and Embedded Platforms*. 2006.
14. *Zhaofeng He* и др. Toward Accurate and Fast Iris Segmentation for Iris Biometrics // *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 31.9 (сент. 2009), с. 1670–1684.
15. *A. Madooei u M. S. Drew*. Detecting specular highlights in dermatological images // *2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. сент. 2015, с. 4357–4360.
16. *Maria João M. Vasconcelos u Luís Rosado*. Automatic Reflection Detection on Dermatological Images Acquired via Mobile Devices // *MIUA*. 2014, с. 85–90.
17. *Danail Stoyanov u Guang-Zhong Yang*. Removing specular reflection components for robotic assisted laparoscopic surgery // *ICIP* (3). IEEE, 2005, с. 632–635.
18. *Tchoulack S., J. M. Pierre Langlois u Cheriet F.* A video stream processor for real-time detection and correction of specular reflections in endoscopic images // *2008 Joint 6th International IEEE Northeast Workshop on Circuits and Systems and TAISA Conference*. июнь 2008, с. 49–52.
19. *Thomas Stehle*. Removal of Specular Reflections in Endoscopic Images // *Acta Polytechnica: Journal of Advanced Engineering* 46.4 (2006), с. 32–36.
20. *G. Karapetyan u H. Sarukhanyan*. Automatic detection and concealment of specular reflections for endoscopic images // *Ninth International Conference on Computer Science and Information Technologies Revised Selected Papers*. сент. 2013, с. 1–8.
21. *Mirko Arnold* и др. Automatic Segmentation and inpainting of Specular Highlights for Endoscopic Imaging // *Journal on Image and Video Processing* 2010 (январь 2010), 9:1–9:12.
22. *J. J. Guo* и др. A Specular Reflection Suppression Method for Endoscopic Images // *2016 IEEE Second International Conference on Multimedia Big Data (BigMM)*. апр. 2016, с. 125–128.
23. *A. Das, A. Kar, D. Bhattacharyya*. Elimination of specular reflection and identification of ROI: The first step in automated detection of Cervical Cancer using Digital Colposcopy // *2011 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques*. май 2011, с. 237–241.

24. *Holger Lange*. Automatic glare removal in reflectance imagery of the uterine cervix. 2005.
25. *JungHwan Oh* и др. Informative frame classification for endoscopy video // *Medical Image Analysis* 11.2 (2007), с. 110–127.
26. *Ronald C Reitan*. Automated image quality control. US Patent 5,600,574. 1997.
27. *Robert A. Proudfoot, Marc Levoy*. Systems and methods for glare removal using polarized filtering in document scanning. US Patent 8,174,739. 2012.
28. *Konstantin Bocharov u Mikhail Kostyukov*. Detecting glare in a frame of image data. US Patent App. 14/564,424. 2014.
29. *P. Viola, M. Jones*. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001*. т. 1. 2001, I-511-I-518 vol.1.3
30. *Usilin S.* и др. Visual appearance based document image classification // *2010 IEEE International Conference on Image Processing*. сент. 2010, с. 2133–2136.
31. *M. Agrawal u D. Doermann*. Re-targetable OCR with Intelligent Character Segmentation // *2008 The Eighth IAPR International Workshop on Document Analysis Systems*. сент. 2008, с. 183–190.

Чернов Тимофей Сергеевич. Младший научный сотрудник ИСА ФИЦ ИУ РАН. Аспирант НИТУ МИСиС. Окончил НИТУ МИСиС в 2013 г. Количество печатных работ: 10. Область научных интересов: обработка изображений, оценка качества изображений, анализ документов.
E-mail: chernov.tim@gmail.com

Glare detection and filtering in document recognition tasks on mobile devices

T. S. Chernov

Abstract. This paper addresses the negative impact of glare caused by the reflection of light from the document's protective film on various stages of Russian citizen passport recognition on mobile devices. Methods for glare detection and removal on input image are proposed with computational complexity allowing their real-time use on mobile devices. Experimental results on Russian citizen passport dataset with heavy glare presence are shown, demonstrating that glare detection and filtering significantly reduce rejection ratio of document detection subsystem based on Viola-Jones method, thus improving overall accuracy of document fields recognition.

Keywords: *document recognition, spatial document image quality assessment, glare*

References

1. *Hiromichi Fujisawa*. "Forty Years of Research in Character and Document Recognition-an Industrial Perspective". In: *Pattern Recognition* 41.8 (Aug. 2008), pp. 2435–2446.
2. *V. Arlazarov et al.* "Analiz osobennosti ispolzovaniya stacionarnykh i mobilnykh malorazmernykh cifrovyykh video kamer dlya raspoznavaniya dokumentov". in: *Informacionnye tekhnologii i vychislitelnye systemy* 3 (2014). "Problemy raspoznavaniya mashinochitaemykh zon s ispolzovaniem maloformatnih cif
3. *K. Bulatov et al* "Problems of machine-readable zone recognition captured with digital mobile cameras". In: *Trudy Instituta Sistemnogo Analiza Rossiiskoi Akademii Nauk* 65.3 (2015).
4. *Alessandro Artusi, Francesco Banterle and Dmitry Chetverikov*. "A Survey of Specularity Removal Methods". In: *Computer Graphics Forum* (2011).
5. *A. C. Kokaram*. "On missing data treatment for degraded video and film archives: a survey and a new Bayesian approach". In: *IEEE Transactions on Image Processing* 13.3 (March 2004), pp. 397–415.
6. *Timofey S. Chernov, Dmitry P. Nikolaev and Vitali M. Kliatskine*. A method of periodic pattern localization on document images. 2015.
7. *H. Kim et al* "Specular Reflection Separation Using Dark Channel Prior". In: *2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Jun 2013, pp. 1460–1467.
8. *Qingxiong Yang, Shengnan Wang and Narendra Ahuja*. "Real-time Specular Highlight Removal Using Bilateral Filtering". In: *Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision: Part IV. ECCV'10*. Heraklion, Crete, Greece: Springer-Verlag, 2010, pp. 87–100.
9. *T. Nguyen et al* "A novel and effective method for specular detection and removal by tensor voting". In: *2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Oct. 2014, pp. 1061–1065.
10. *Koray Kayabol, Ercan E. Kuruoglu and Bulent Sankur*. "Image Source Separation Using Color Channel Dependencies". In: *Independent Component Analysis and Signal Separation: 8th International Conference, ICA 2009, Paraty, Brazil, March 15-18, 2009*. Proceedings. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 499–506.
11. *Ramesh Raskar et al* "Glare Aware Photography: 4D Ray Sampling for Reducing Glare Effects of Camera Lenses". In: *ACM Transactions on Graphics* 27.3 (Aug. 2008), 56:1–56:10.
12. *Chil-Suk Cho, Joongseok Song and Jong-Il Park*. "Glare region detection in night scene using multi-layering". In: *The Third International Conference on Digital Information Processing and Communications. The Society of Digital Information and Wireless Communication*. 2013, pp. 467–469.
13. *Mohamed Shehata et al* "Real Time Static Glare Identification in ITS". In: *Practical Real World Technologies for Communications and Embedded Platforms*. 2006.
14. *Zhaofeng He et al* "Toward Accurate and Fast Iris Segmentation for Iris Biometrics". In: *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 31.9 (Sep. 2009), pp. 1670–1684.
15. *A. Madooei and M. S. Drew*. "Detecting specular highlights in dermatological images". In: *2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Sep. 2015, pp. 4357–4360.
16. *Maria João M. Vasconcelos and Luís Rosado*. "Automatic Reflection Detection on Dermatological Images Acquired via Mobile Devices". In: *MIUA*. 2014, pp. 85–90.
17. *Danail Stoyanov and Guang-Zhong Yang*. "Removing specular reflection components for robotic assisted laparoscopic surgery." In: *ICIP* (3). IEEE, 2005, pp. 632–635.
18. *S. Tchoulack, J. M. Pierre Langlois and F. Cheriet*. "A video stream processor for real-time detection and correction of specular reflections

- in endoscopic images”. In: 2008 Joint 6th International IEEE Northeast Workshop on Circuits and Systems and TAISA Conference. Jun 2008, pp. 49–52.
19. *Thomas Stehle*. “Removal of Specular Reflections in Endoscopic Images”. In: *Acta Polytechnica: Journal of Advanced Engineering* 46.4 (2006), pp. 32–36.
 20. *G. Karapetyan and H. Sarukhanyan*. “Automatic detection and concealment of specular reflections for endoscopic images”. In: *Ninth International Conference on Computer Science and Information Technologies Revised Selected Papers*. Sep. 2013, pp. 1–8.
 21. *Mirko Arnold et al* “Automatic Segmentation and inpainting of Specular Highlights for Endoscopic Imaging”. In: *Journal on Image and Video Processing* 2010 (Jan. 2010), 9:1–9:12.
 22. *J. J. Guo et al* “A Specular Reflection Suppression Method for Endoscopic Images”. In: *2016 IEEE Second International Conference on Multimedia Big Data (BigMM)*. Apr. 2016, pp. 125–128.
 23. *A. Das, A. Kar and D. Bhattacharyya*. “Elimination of specular reflection and identification of ROI: The first step in automated detection of Cervical Cancer using Digital Colposcopy”. In: *2011 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques*. May 2011, pp. 237–241.
 24. *Holger Lange*. Automatic glare removal in reflectance imagery of the uterine cervix. 2005.
 25. *JungHwan Oh et al* “Informative frame classification for endoscopy video”. In: *Medical Image Analysis* 11.2 (2007), pp. 110–127.
 26. *Ronald C Reitan*. Automated image quality control. US Patent 5,600,574. 1997.
 27. *Robert A Proudfoot and Marc Levoy*. Systems and methods for glare removal using polarized filtering in document scanning. US Patent 8,174,739. 2012.
 28. *Konstantin Bocharov and Mikhail Kostyukov*. Detecting glare in a frame of image data. US Patent App. 14/564,424. 2014.
 29. *P. Viola and M. Jones*. “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features”. In: *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. CVPR 2001. 1-511-1-518 vol.1.3
 30. *S. Usilin et al* “Visual appearance based document image classification”. In: *2010 IEEE International Conference on Image Processing*. Sep. 2010, pp. 2133–2136.
 31. *M. Agrawal and D. Doermann*. “Re-targetable OCR with Intelligent Character Segmentation”. In: *2008 The Eighth IAPR International Workshop on Document Analysis Systems*. Sep. 2008, pp. 183–190.

T. S. Chernov Junior researcher at ISA FRC CSC RAS, postgraduate student at NUST “MISiS”. Graduated NUST “MISiS” in 2013. Number of publications: 10. Research interests: image processing, image quality assessment, document analysis. E-mail: chernov.tim@gmail.com