

Детектирование надрывов страниц документа путем анализа изображений в ИК-диапазоне

О.А. Падас¹, И.А. Кунина^{1, 2}

¹ООО «Смарт Энджинс Сервис», Москва, Россия

²Институт проблем передачи информации А. А. Харкевича РАН, Москва, Россия

Аннотация. В данной работе рассматривается задача детектирования надрывов страниц защищенных документов. Предлагается подход, основанный на анализе изображения документа в инфракрасном (ИК) диапазоне. Предполагается, что в таком случае можно отделить повреждение от защитных элементов, наносимых ИК-прозрачными красками, и свести задачу поиска надрывов к поиску тонких линий определенной длины, примыкающих к границе страницы документа. Для поиска надрывов разработан алгоритм, основанный на поиске линий типа «хребет» с последующей проверкой соответствия найденных линий заданным характеристикам. Для тестирования предложенного алгоритма был создан и опубликован набор данных VIUB, содержащий изображения билетов банка России. Полнота алгоритма на нем составила 0.87, точность – 0.94.

Ключевые слова: анализ изображений документов, надрывы, инфракрасный диапазон, хребты.

DOI 10.14357/20718632240206

EDN UVEKWC

Введение

В настоящее время все большее применение находят системы оптического распознавания документов, удостоверяющих личность [1-3]. Хотя основным назначением таких систем является автоматизация ввода персональной информации, по мере расширения области применения перед современными системами распознавания ставятся и другие задачи, например, проверка действительности предъявляемого документа.

Несмотря на то, что существуют различные сервисы по проверке действительности документов, их возможности крайне ограничены. Например, проверка паспорта гражданина РФ на портале Госуслуг ограничивается проверкой серии, номера паспорта, фамилии и имени в базе МВД, что не защищает от предъявления сфабрикованного документа, сделанного на базе реквизитов реально действующего паспорта. Кроме

того, такие базы обновляются, как правило, с задержкой. Поэтому важно расширять количество проверок.

Основанием для признания документа недействительным могут быть выявленные признаки подделки документа. Современными исследователями предлагаются различные методы установления подлинности документа по его изображению: проверка использования при печати документа стандартизованных шрифтов [4], присутствия на документе защитных голограмм [5-7] и оттисков печатей определенного вида [8], и т.д. Использование специализированных считывателей документов, осуществляющих сканирование документа в видимом, инфракрасном (ИК) и ультрафиолетовом (УФ) режимах подсветки [9, 10], позволяют расширить количество проверяемых признаков подлинности [11].

Однако помимо выявленных признаков фальсификации, основанием для признания документа

недействительным может быть и его физическое состояние. Так, в Постановлении Правительства РФ от 15.07.2021 №1205 указано, что паспорт гражданина РФ должен быть заменен в случае «износа (повреждения), при котором невозможно однозначно визуально определить наличие или содержание всех или отдельных указанных в паспорте сведений и реквизитов». Частым повреждением бумажных документов являются надрывы страниц. Таким образом возникает задача выявления надрывов страниц документа.

Поиск дефектов в странице документа рассматривается в работе [12], где авторы решают задачу восстановления содержания исторического документа в местах разрывов, дыр. Для поиска повреждений было предложено использовать сверточную нейронную сеть U-Net. Однако авторами рассматривался поиск повре-

ждений, хорошо контрастирующих с фоном документа, что видно из приведенных в работе примеров из обучающей и тестовой выборки.

Часто в качестве защитных элементов документа выступают сложные композиции различных гильоширных элементов: гильоширные бордюры, фоновые сетки и т.д. Гильош можно определить как особый вид штриховой графики, представляющей собой сложную композицию, состоящую из тонких и переплетающихся линий. Наличие такого рисунка усложняет поиск дефектов (надрывов) на страницах документов из-за наложения гильоширного рисунка и повреждения (Рис. 1, а). Однако при облучении документов в ИК-диапазоне спектра такой гильоширный рисунок, как правило, становится невидимым (Рис. 1, с), что упрощает процедуру локализации надрыва.

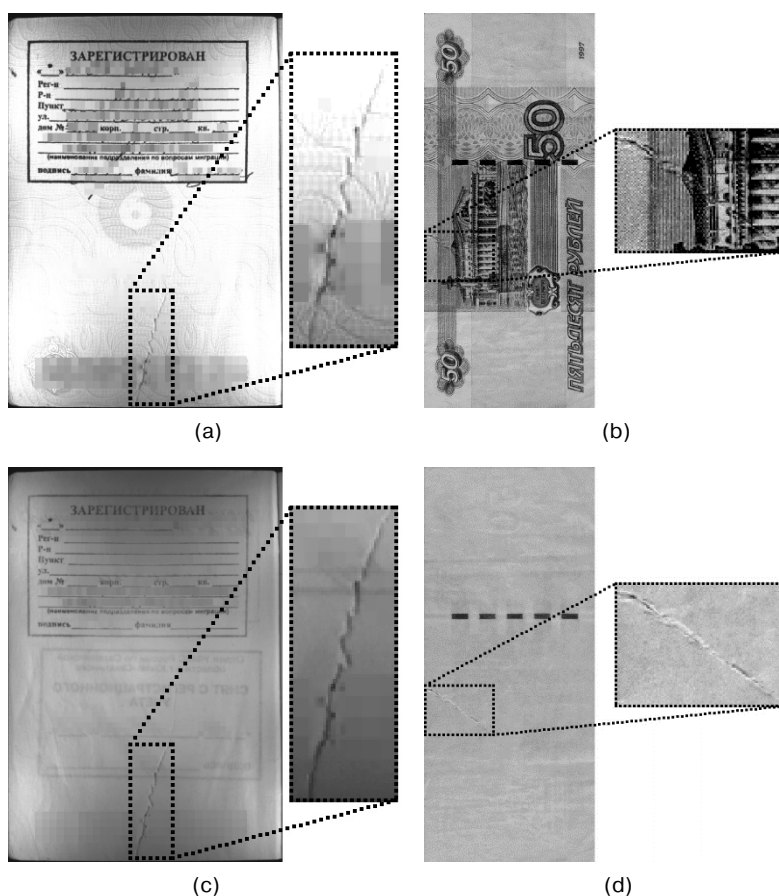


Рис. 1: Примеры изображений страницы паспорта гражданина РФ и билета банка России с увеличенным фрагментом надрыва: (а) и (б) – в видимом, (с) и (д) – в инфракрасном диапазоне соответственно
Для удобства визуализации увеличенные регионы с надрывами контрастированы

Использование анализа изображений документов в ИК-диапазоне также уже встречалось в области обработки исторических документов. Так, в работе [13] описан алгоритм поиска и удаления повреждений с изображений исторических документов. Для поиска повреждений авторы получали изображение документа в видимом диапазоне и несколько изображений при разных доминантных длинах волн источников ИК излучения. Поиск дефектов осуществлялся путем бинаризации того ИК изображения среди всех ИК изображений, на котором текст полностью невидим, что делает подход неприменимым в контексте анализа защищенных документов, где часть содержимого документа печатается ИК-непрозрачными красками. На Рис. 1, с такой частью является печать с регистрацией.

В данной работе рассматривается задача поиска надрывов страниц защищенного документа путем анализа изображения документа, полученного при сканировании в ИК-диапазоне. Под надрывом подразумевается тонкая линия определенной длины, которая примыкает к границе документа. Предлагается детектировать линии как набор точек, каждая из которых образует «хребет» на одномерном профиле яркости входного изображения в направлении градиента яркости.

Ввиду закона о защите персональных данных существует крайне ограниченное количество наборов изображений документов в открытом доступе [14-16], причем изображения документов либо претерпели значительную постобработку [14] для сокрытия персональной информации, либо документы изначально являлись муляжами [15, 16]. Кроме того, как правило, такие наборы документов содержат изображения только в видимом диапазоне. Поэтому для тестирования предложенного алгоритма было решено создать новый набор, содержащий изображения документов в трех различных диапазонах: видимом, ИК и УФ. Ввиду того, что использование муляжей в контексте решаемой задачи нецелесообразно, а опубликование сканов реальных документов, удостоверяющих личность, потребовало бы манипуляции со значительной площадью изображения документа, было решено создать набор данных на основе билетов банка России: в ИК- и УФ-диапазонах их свойства схожи со свойствами документов,

удостоверяющих личность (Рис. 1, b и d), и для них требуется сокрытие только серии и номера, что позволяет оставить почти все изображение бланка нетронутым.

1. Предлагаемое решение

Детектор получает на вход полутоновое изображение ровно одной страницы документа в ИК-диапазоне, при этом проективные искажения документа отсутствуют, а сама страница занимает всю площадь входного изображения (Рис. 2, а). Детектор ищет на изображении точки типа «хребет», объединяет их в группы и выбирает те группы, которые (1) имеют определенную длину, (2) примыкают к границе документа и (3) которые можно приблизить прямой с заданной точностью.

2. Поиск точек типа «хребет»

Введем следующую модель точки, принадлежащей «хребту»: это такая точка, которая образует локальный максимум на профиле яркости входного изображения документа I_n в направлении градиента яркости. Для проверки принадлежности точки изображения I_n «хребту» будем сравнивать непосредственно значения яркости на I_n вблизи точки в направлении собственного вектора, соответствующего второму собственному значению матрицы Гессе [17]. Результатом поиска точек, образующих «хребты», является бинарная карта M_p , в которой пиксель не равен нулю, если он удовлетворяет заданной модели хребта.

Предложенная в данном разделе модель хребта работает в предположении, что линия разрыва светлее фона. Поэтому для поиска темных надрывов входное полутоновое изображение предварительно инвертируется.

На Рис. 2, с представлен результат детектирования точек типа «хребет» на изображении страницы с Рис. 2, b, которое, в свою очередь, является результатом инвертирования входного полутонового изображения, представленного на Рис. 2, а.

3. Поиск линий типа «хребет»

Ненулевые пиксели полученной бинарной карты M_p объединяются в 8-связные компоненты связности. Затем те компоненты связности,

которые имеют размер больше заданного значения, объединяются в группы с учетом возможной прерывности надрыва на карте M_p . На Рис. 2, d каждой найденной группе поставлен

в соответствие окаймляющий ее четырехугольник. Далее под линией, задающей надрыв, будем понимать именно такую группу.

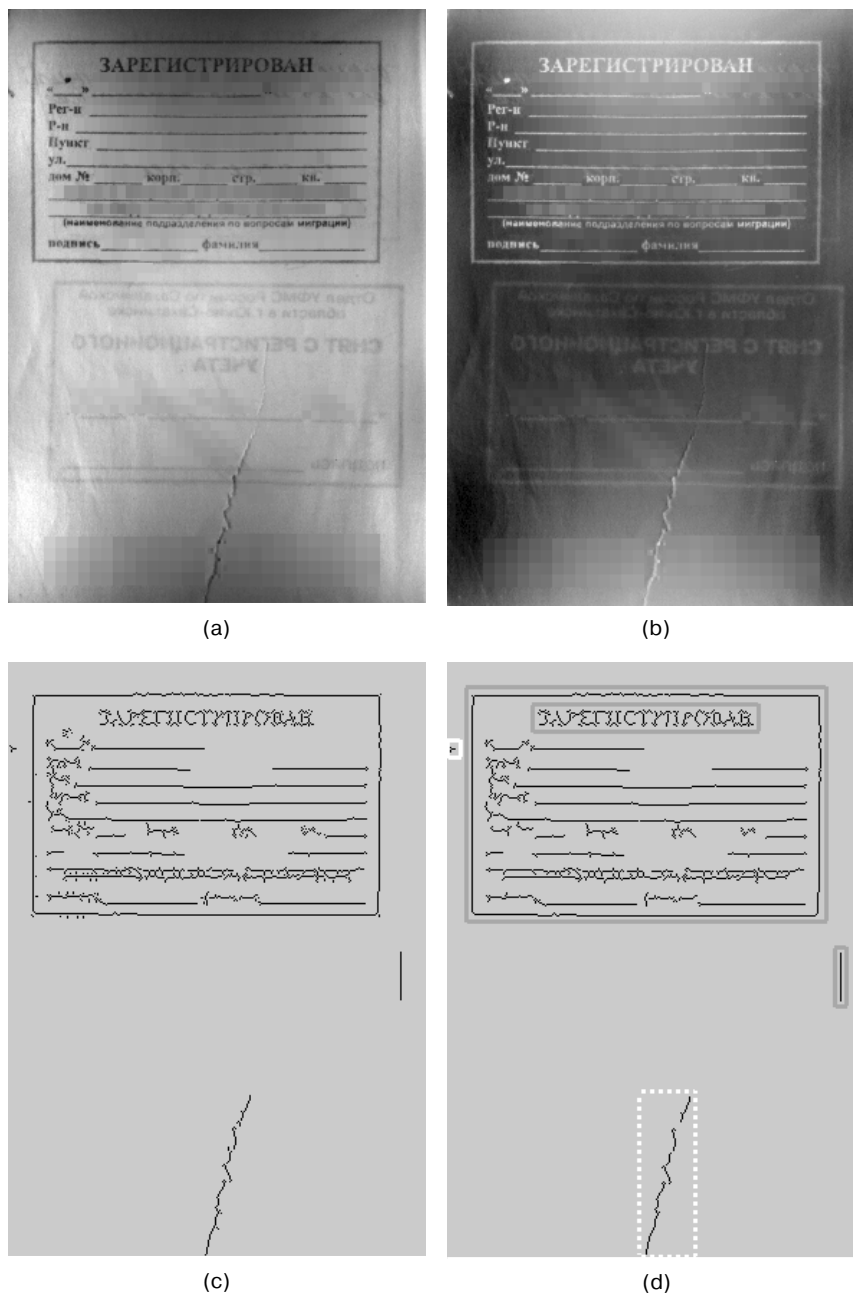


Рис. 2. Пример работы алгоритма на странице с надрывом: (a) входное изображение страницы в ИК-диапазоне, (b) инвертированное входное изображение для надрывов темнее фона, (c) полученная карта границ типа хребет, (d) результат поиска и фильтрации компонент

Сплошными белыми линиями обозначены компоненты, отсеянные по размеру, сплошными серыми линиями – по расположению, белым пунктиром обозначен найденный надрыв. Для удобства визуализации карты линий инвертированы, изображения (a) и (b) контрастированы

4. Фильтрация линий типа «хребет»

На данном этапе найденные компоненты последовательно проходят проверки на размер, положение на документе и качество аппроксимации прямой. Компонента, прошедшая все проверки, будет считаться надрывом.

4.1. Фильтрация по размеру

Фильтрация по размеру заключается в удалении компонент, у которых длина максимальной стороны обрамляющего прямоугольника меньше заданного значения, или которые содержат малое количество точек (результат фильтрации на Рис. 2, d, Рис. 3, b и d).

4.2. Фильтрация по расположению

Задачей фильтрации по расположению является отсеивание компонент, лежащих не у края документа. Для этого в компоненте задаются осевые точки – такие две точки компоненты,

расстояние между которыми максимально. Затем через найденные две точки строится прямая и ищутся точки пересечения построенной прямой со всеми границами изображения. Далее вычисляются расстояния между осевыми точками и точками пересечения, и если минимальное среди вычисленных расстояний меньше заданного значения, то считается, что компонента находится у границы документа и может быть надрывом, иначе она отсеивается (результат фильтрации на Рис. 2, d, Рис. 3, b и d). Данная фильтрация необходима для отсева в том числе и линий, параллельных сторонам документа (и изображения).

4.3. Приближение прямой

В предложенной модели надрыва предполагается, что надрыв похож на прямую линию, поэтому проводится фильтрация компонент, точки которых образуют фигуру не похожую на прямую.

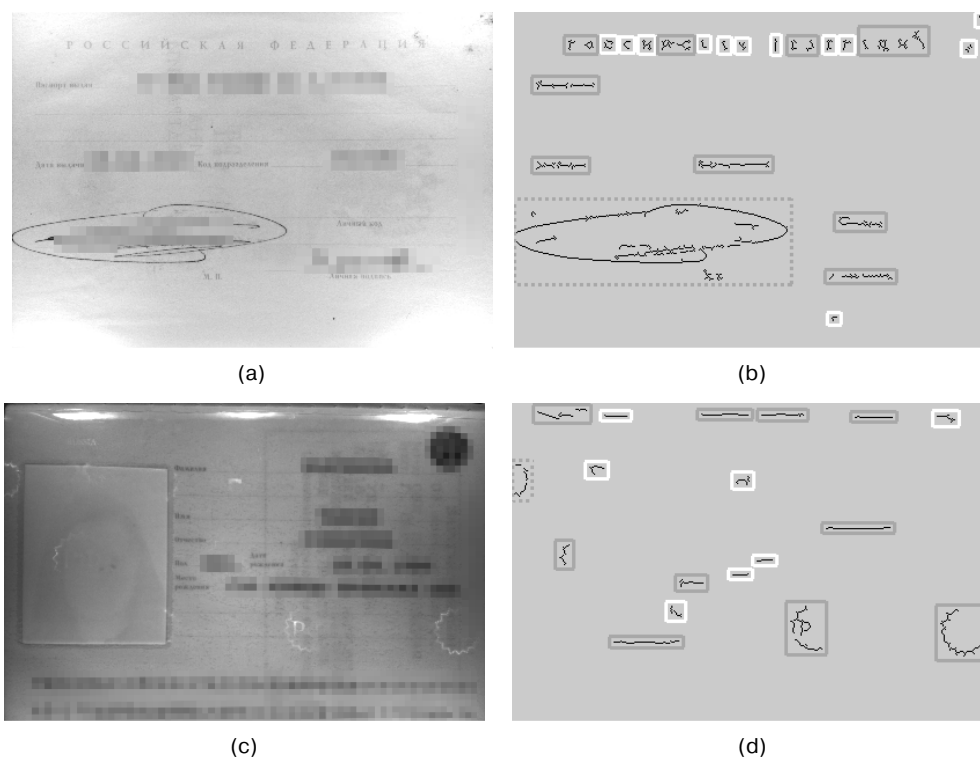


Рис. 3. Примеры работы алгоритма на странице без разрывов: страница с подписью – сверху, страница с голограммами – снизу; (a), (c) – изображения ИК-диапазона; (b), (d) – результат поиска и фильтрации компонент

Сплошными белыми линиями обозначены компоненты, отсеянные по размеру, сплошными серыми линиями – по расположению, серым пунктиров – по качеству приближения прямой. Для удобства визуализации карты линий инвертированы

Сначала применяется операция морфологического замыкания пикселей, принадлежащих анализируемой компоненте. Если отношение количества точек в компоненте на полученном изображении к исходному количеству больше заданного значения, то компонента отсеивается. Данная проверка позволяет отсеивать компоненты, порожденные, например, большими подписями, которые могут примыкать к границе документа (результат фильтрации на Рис. 3, b).

Далее, если компонента прошла первую проверку, считается среднее расстояние от всех точек компоненты до построенной прямой, проходящей через осевые точки. Если среднее расстояние, нормированное на расстояние между осевыми точками, больше некоторого заданного значения, то компонента отсеивается. Данная проверка позволяет отсеивать дугообразные линии, порожденные различными защитными элементами (результат фильтрации на Рис. 3, d).

Надрывом считается компонента, прошедшая все этапы фильтрации (результат фильтрации на Рис. 2, d).

5. Тестирование предложенного алгоритма

Для тестирования алгоритма был собран набор данных с изображениями билетов банка России (купюр). Изображения купюр были выбраны в качестве демонстрационных, так как денежные знаки не являются объектами авторских прав в силу пп. 2 п. 6 ст. 1259 Гражданского кодекса РФ, так как относятся к государственным символам и знакам, при этом в ИК-диапазоне их свойства похожи на свойства защищенного документа: печать части

содержимого ИК-прозрачными красками, неоднородный общий фон.

Для получения изображений использовался сканер документов СД-03 ПШНК.468469.016 [18]. На нем были получены изображения купюр номиналом 50 и 100 рублей в видимом (при белом цвете излучения видимых источников), инфракрасном (с доминантной длиной волны источников 870 нм) и ультрафиолетовом (с доминантной длиной волны источников 365 нм) диапазонах. Информация по используемому набору данных приведена в Табл. 1. Каждая купюра была отсканирована с обеих сторон в 3 диапазонах. Полученный набор данных доступен для скачивания по ссылке <ftp://smartengines.com/viub>.

Результат работы алгоритма представлен в Табл. 2. Точность алгоритма составила 0.94, полнота – 0.87, где положительный ответ соответствовал найденному надрыву. Примеры работы алгоритма на изображениях из используемого набора данных представлены на Рис. 4.

Разбор ошибок показал, что на мятых купюрах без надрывов алгоритм реагирует на заломы. Ошибки на надорванных купюрах возникают из-за бледных частей разрывов, слабо отличающихся от фона, а также из-за наложения надрывов на элементы, которые не исчезают в ИК-диапазоне.

Заключение

В данной работе была рассмотрена задача детектирования разрывов на страницах документов с использованием скана страницы в ИК-диапазоне. Предложенный алгоритм разработан в предположении, что надрыв – это тонкая линия, отличающаяся от фона и начинающаяся у

Табл. 1. Статистика по изображениям в датасете

	Целые	С надрывами
Номинал 50	18 купюр (36 примеров)	18 купюр (36 примеров)
Номинал 100	9 купюр (18 примеров)	9 купюр (18 примеров)
Всего	54 примера	54 примера

Табл. 2. Результат работы алгоритма

	Есть надрыв	Нет надрыва
Надрыв найден	TP=47	FP=3
Надрыв не найден	FN=7	TN=51

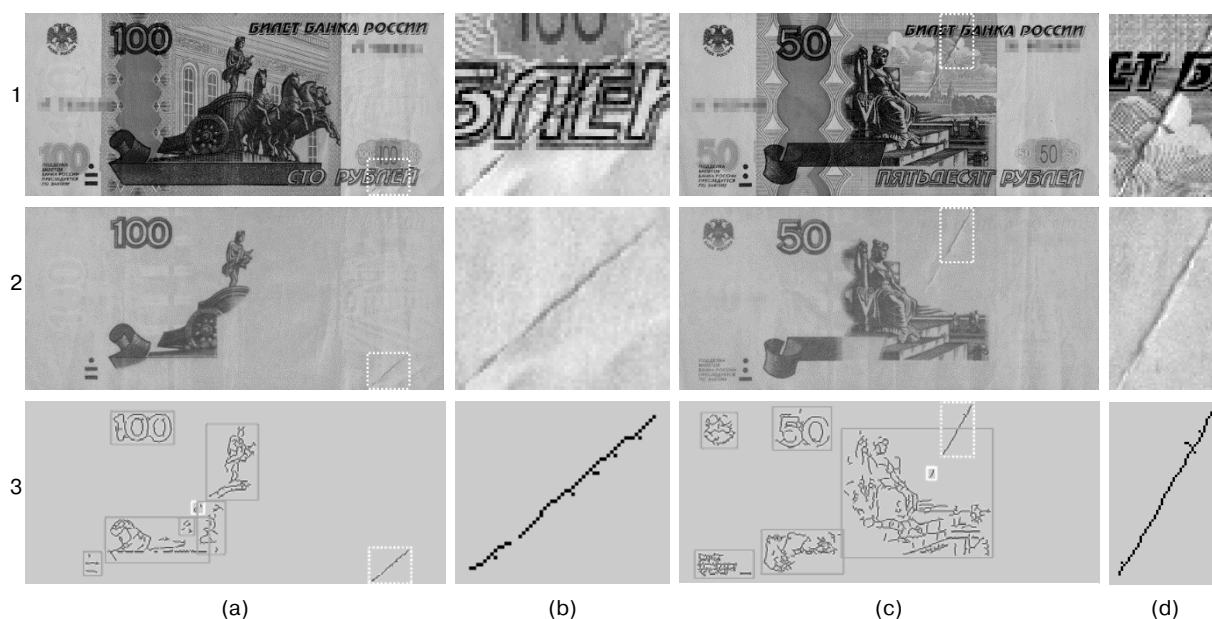


Рис 4. Примеры поиска надрывов на изображениях из используемого набора данных с увеличенным фрагментом надрыва

1 – изображения видимого диапазона; 2 – изображения ИК-диапазона; 3 – карты найденных линий, где сплошными белыми линиями обозначены компоненты, отсеянные по размеру, сплошными серыми линиями – по расположению, белым пунктиром обозначен найденный надрыв. (а), (с) – изображение всего документа, (b), (d) – увеличенный фрагмент надрыва. Для удобства визуализации карты линий инвертированы, изображения 1.b, 1.d, 2.b, 2.d контрастированы

границ документа. Для тестирования алгоритма был собран и опубликован набор данных VIUB с изображениями купюр номиналом 50 и 100 рублей в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. На представленном множестве данных точность составляет 0.94, полнота – 0.87.

Литература

- Ahmad Montaser Awal и др. «Complex document classification and localization application on identity document images». В: 2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). Т. 1. IEEE. 2017, с. 426—431.
- Filippo Attivissimo и др. «An automatic reader of identity documents». В: 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC). IEEE. 2019, с. 3525—3530.
- VL Arlazarov и др. «Mobile ID Document Recognition—Coarse-to-Fine Approach». В: Pattern Recognition and Image Analysis 32.1 (2022), с. 89—108.
- Yulia S. Chernyshova и др. «Optical Font Recognition in Smartphone-Captured Images, and its Applicability for ID Forgery Detection». В: ICMV 2018. Т. 11041. DOI: 10.1117/12.2522955. Bellingham, Washington 98227-0010 USA: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), март 2019, 110411J1—110411J7.
- Oumayma Kada и др. «Hologram Detection for Identity Document Authentication». В: International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence. Springer. 2022, с. 346—357.
- LI Koliaskina и др. «MIDV-Holo: A Dataset for ID Document Hologram Detection in a Video Stream». В: International Conference on Document Analysis and Recognition. Springer. 2023, с. 486—503.
- Д. В. Полевой, Е. И. Панфилова и Д. П. Николаев. «Баланс белого для детектирования голограмм на цветных изображениях черно-белых фотографий». В: ИТиВС 3 (2021). Под ред. Попков Юрий Соломонович. DOI: 10.14357/20718632210308, с. 82—95
- М. А. Валов, Д. П. Маталов и С. А. Усилин. «Использование центрально-симметричных признаков Хаара для локализации печати на паспорте гражданина РФ». В: Труды ИСА РАН 73.3 (2023). Под ред. Попков Юрий Соломонович и др. DOI: 10.14357/20790279230304, с. 31—39.
- Считыватель документов ПС4-02 ПШНК.468469.009: [Электронный ресурс]. URL: <http://expertprospb.ru/2019/05/31/schityvatel-dokumentov-ps4-02-pshnk-468469-009/>. [Дата обращения: 13.10.2023].
- Passport Scanner With RFID OCR4000: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tenkoto.com/en/Products/pos/2019/0827/Reader/Passport.html>. [Дата обращения: 13.10.2023].
- Kunina и др. «A method of fluorescent fibers detection on identity documents under ultraviolet light». В: ICMV 2019. Под ред. Wolfgang Osten, Dmitry Nikolaev и Jianhong Zhou. Т. 11433. DOI: 10.1117/12.2558080. Bellingham, Washington 98227-0010 USA: Society of Photo-Optical

- Instrumentation Engineers (SPIE), янв. 2020, с. 114330D1—114330D8.
12. Amreen Kaur и др. «Inpainting of irregular holes in a manuscript using unet and partial convolution». В: 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). IEEE. 2020, с. 778—784.
 13. Rachid Hedjam и Mohamed Cheriet. «Historical document image restoration using multispectral imaging system». В: Pattern Recognition 46.8 (2013), с. 2297—2312.
 14. Alysson de S'a Soares, Ricardo Batista das Neves Junior и Byron Leite Dantas Bezerra. «BID Dataset: a challenge dataset for document processing tasks». В: Anais Estendidos do XXXIII Conference on Graphics, Patterns and Images. SBC. 2020, с. 143—146.
 15. KB Bulatov и др. «MIDV-2020: a comprehensive benchmark dataset for identity document analysis». В: Computer Optics 46.2 (2022), с. 252—270.
 16. Dmitry V. Polevoy и др. «Document Liveness Challenge dataset (DLC-2021)». В: J. Imaging 8.7 (2022). DOI: 10.3390/jimaging8070181, с. 181-1—181-12.
 17. Д. В. Тропин и др. «О локализации плоских объектов на изображениях со сложной структурой проективных искажений». В: Информационные процессы 19.2 (2019). Под ред. академик РАН Кузнецов Николай Александрович, с. 208—229.
 18. Сканирование документов СД-03 ПШНК.468469.016: [Электронный ресурс]. URL: <http://expertprosp.ru/2021/09/07/skaner-dokumentov-sd-03-pshnk-468469-016/>. [Дата обращения: 13.10.2023].

Падас Ольга Александровна. ООО «Смарт Энджинс Сервис», Москва, Россия. Бакалавр, программист. Область научных интересов: обработка изображений, компьютерное зрение. E-mail: o.padas@smartengines.com

Кунина Ирина Андреевна. Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва, Россия. Исследователь. Кандидат технических наук. ООО «Смарт Энджинс Сервис», Москва, Россия. Программист. Область научных интересов: анализ изображений, компьютерное зрение, калибровка камеры. E-mail: i.kunina@smartengines.com

Detection of Tears on Document Page Using Analysis of Infrared Image

O. A. Padas¹, I. A. Kunina^{1,2}

¹Smart Engines Service LLC, Moscow, Russia

²Institute for Information Transmission Problems of RAS (Kharkevich Institute), Moscow, Russia

Abstract. This paper examines the problem of detecting tears on a protected document page. We present an approach based on analyzing the document image in the infrared range. It is assumed that in this case it is possible to separate the damage from the protective elements applied by IR-transparent inks. So the problem of tears detection might be reduced to a search for thin lines of a certain length adjacent to the border of the document page. Thus, we developed a tear search algorithm based on the search for "ridge" type lines followed by checking whether the line satisfies the specified properties. We created and published a VIUR dataset with Russian banknotes in order to test the algorithm. The recall of the proposed algorithm is 0.87, the precision is 0.94.

Keywords: document image analysis, tears, infrared range, ridges.

DOI 10.14357/20718632240206

EDN UVEKWC

References

1. Awal, A. M., Ghanmi, N., Sicre, R., Furon, T.. Complex document classification and localization application on identity document images. 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2017; 1: 426-431.
2. Attivissimo, F., Giaquinto, N., Scarpetta, M., & Spadavecchia, M. An automatic reader of identity documents. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC). 2019; p. 3525-3530.
3. Arlazarov, V. L., Arlazarov, V. V., Bulatov, K. B., Chernov, T. S., Nikolaev, D. P., Polevoy, D. V., ... , Usilin, S. A.. Mobile ID Document Recognition—Coarse-to-Fine Approach. Pattern Recognition and Image Analysis. 2022; 32(1): 89-108.
4. Chernyshova, Y. S., Aliev, M. A., Gushchanskaia, E. S., Sheshkus, A. V. Optical font recognition in smartphone-captured images and its applicability for ID forgery detection. Eleventh International Conference on Machine Vision (ICMV 2018). 2018; 11041: 402-409.

5. Kada, O., Kurtz, C., van Kieu, C., Vincent, N.. Hologram Detection for Identity Document Authentication. International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence. Cham: Springer International Publishing. 2022; p. 346-357.
6. Koliaskina, L. I., Emelianova, E. V., Tropin, D. V., Popov, V. V., Bulatov, K. B., Nikolaev, D. P., Arlazarov, V. V. MIDV-Holo: A Dataset for ID Document Hologram Detection in a Video Stream. International Conference on Document Analysis and Recognition. Cham: Springer Nature Switzerland. 2023; 486-503.
7. Polevoy D. V., Panfilova E. I., Nikolaev D. P.. White balance correction for detection of holograms in color images of black and white photographs. ITiVS. 2021; 3: 82-95. doi: 10.14357/20718632210308.
8. Valov M. A., Matalov D. P., Usilin S. A.. The use of centrally symmetric Haar features for stamp localization on the passport of a citizen of the Russian Federation. Trudy ISA RAN (Proceedings of ISA RAS). 2023; 73(3): 31-3. doi: 10.14357/20790279230304. (In Russ)
9. Schityvatel' Dokumentov PS4-02 PSHNK.468469.009. Available from: <http://expertprospb.ru/2019/05/31/schityvatel-dokumentov-ps4-02-pshnk-468469-009/> [Accessed 13 October 2023]. (In Russ)
10. Passport Scanner With RFID OCR4000. Available from: <http://www.tenkoto.com/en/Products/pos/2019/0827/Reader/Passport.html> [Accessed 13 October 2023].
11. Kunina, I. A., Aliev, M. A., Arlazarov, N. V., & Polevoy, D. V.. A method of fluorescent fibers detection on identity documents under ultraviolet light. Twelfth International Conference on Machine Vision (ICMV 2019). 2020; 11433:89-96.
12. Kaur, A., Raj, A., Jayanthi, N., Indu, S.. Inpainting of irregular holes in a manuscript using unet and partial convolution. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). 2020; p 778-784.
13. Hedjam, R., Cheriet, M.. Historical document image restoration using multispectral imaging system. Pattern Recognition. 2013; 46(8): 2297-2312.
14. de Sá Soares, A., das Neves Junior, R. B., Bezerra, B. L. D.. BID Dataset: a challenge dataset for document processing tasks. Anais Estendidos do XXXIII Conference on Graphics, Patterns and Images. SBC, 2020; p. 143-146.
15. Bulatovich, B. K., Vladimirovna, E. E., Vyacheslavovich, T. D., Sergeevna, S. N., Sergeevna, C. Y., Zuheng, M., ..., Muzzamil, L. M. MIDV-2020: a comprehensive benchmark dataset for identity document analysis. Computer Optics. 2022; 46(2): 252-270.
16. Polevoy D. V., Sigareva I. V., Ershova D. M., Arlazarov V. V., Nikolaev D. P., Zuheng M., Muhammad M. L., Burie J.. Document Liveness Challenge dataset (DLC-2021). Journal of Imaging. 2022; 8(7). 181. doi: 10.3390/jimaging8070181.
17. Tropin D. V., Shemyakina Y. A., Konovalenko I. A., Faradjev I. A.. Localization of planar objects on the images with complex structure of projective distortion. Informatsionnye protsessy. 2019; 19(2): 208-229. (In Russ)
18. Skaner Dokumentov SD-03 PSHNK.468469.016. Available from: <http://expertprospb.ru/2021/09/07/skaner-dokumentov-sd-03-pshnk-468469-016/>. [Accessed: 13 October 2023]. (In Russ)

Padas Olga A. A bachelor, a programmer at Smart Engines Service LLC, Moscow, Russia. Research interests are image processing, computer vision. E-mail: o.padas@smartengines.com

Kunina Irina A. Ph.D in Technical Science, a researcher in the vision systems laboratory at the Institute for Information Transmission Problems, Moscow, Russia, a programmer at Smart Engines Service LLC, Moscow, Russia. Research interests are image analysis, computer vision, camera calibration. E-mail: i.kunina@smartengines.com