

УДК 655.024:655.027:655.3.027.3:680.3:778.18

**МЕТОД ОЦИФРОВКИ ОБЪЕМНЫХ ДОКУМЕНТОВ
С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ФОТОАППАРАТА
С ПОСЛЕДУЮЩИМ УЛУЧШЕНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**© Н. Е. Кулишова, к.т.н., доцент, Е. О. Зингерман,
магистрант, Харьковский национальный университет
радиоэлектроники, Харьков, Украина**

**Розглянуто задачу швидкого введення об'ємних видань
за допомогою цифрової камери. Запропоновано метод по-
дальшого покращення зображень для компенсації геомет-
ричних викривлень та шумів.**

**The problem of capacious issues fast capture using digital
camera was considered. The method of following image
improving for geometrical distortions and noise compen-
sation was suggested.**

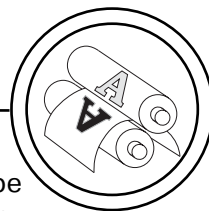
Постановка проблемы

На практике нередки случаи, когда нужно в течение короткого времени оцифровать объемную книгу, или подшивку газет большого формата, или комплект карт. Но при этом возникают затруднения: либо сканер недоступен, либо он не позволяет работать с документами большого формата. При вводе книг главная проблема — плотный контакт с поверхностью сканера, который нельзя обеспечить, если книга имеет твердый толстый корешок [1, 2].

Сейчас цифровые фотокамеры, включая и те, что встроены в мобильные телефоны, смартфоны, ноутбуки, планшетные компьютеры, позволяют получать высококачественные снимки за считанные секунды. Этого достаточно для получения цифровой копии документа для его дальнейшей обработки и повышения качества с помощью программных средств. При оциф-

ровке объемных документов с помощью цифровой фотокамеры возникают геометрические искажения страниц на снимках (что характерно и для использования планшетного сканера), шум и помехи, цветовые артефакты и недостаточная контрастность изображения. Поэтому, учитывая значительный выигрыш во времени, необходимо разработать простой и эффективный метод улучшения документов, оцифрованных с помощью цифровых фотокамер для устранения перечисленных недостатков.

Современные модели смартфонов оснащаются производительными процессорами и встроенным графическим ядром. Также неотъемлемыми атрибутами смартфона являются сенсорный экран с высоким разрешением и диагональю 3,2–4,3 дюйма, фотокамера с разрешением от 3,2 до 12 Мпикс, большой объем встроенной либо внешней па-



мяти, а также наличие адаптеров Wi-Fi и 3G для выхода в сеть и публикации контента. Самыми популярными операционными системами для смартфонов являются Google Android, iOS и Symbian.

Планшетные компьютеры являются логическим развитием смартфонов и нетбуков и как бы объединяют в себе два этих устройства. «Классический» планшетный компьютер представляет собой цельную конструкцию с сенсорным экраном размером от 7 до 10 дюймов, камерой разрешением 5 Мпикс на тыльной стороне устройства. Работают данные аппараты под управлением таких же операционных систем, что и смартфоны, и оснащаются такими же комплектующими.

Таким образом, смартфоны и планшетные компьютеры обладают достаточной вычислительной мощностью для реализации методов обработки изображений, и в то же время, они компактны и портативны, что позволяет их использовать для оцифровки документов разного формата, в условиях, когда сканеры, соединенные с рабочими станциями, оказываются недоступными.

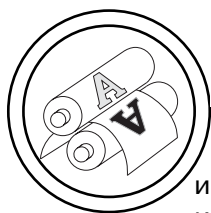
Графические приложения для обработки изображений в основном существуют только в версиях для систем на базе ОС Windows и процессоров на архитектуре x86, что существенно ограничивает сферу их применения при столь активном развитии портативных производительных устройств. Среди таких приложений можно вы-

делить BookRestorer, Adobe Photoshop и OCR ABBY FineReader 10.

BookRestorer представляет собой мощный программный пакет по автоматизации обработки и реставрации отсканированных образов, в который интегрированы: менеджер страниц книги, графический редактор и набор подключаемых модулей, специализирующийся на обработке отсканированных страниц книг. Такой способ позволяет максимально эффективно задействовать доступные вычислительные ресурсы и требует лишь периодического присутствия оператора. Однако, необходима проверка результатов оператором в ручном режиме.

Adobe Photoshop позволяет как загружать готовые изображения из любых источников, редактировать их, так и создавать новые. Инструменты программы позволяют легко выполнить ретуширование, изменение яркости, контрастности, корректировку цвета и другие операции над изображением. Adobe Photoshop — профессиональный пакет для обработки изображений, а значит, что он достаточно дорогостоящ, установочный файл имеет размер, исчисляемый сотнями мегабайт и установлен он может быть на стационарных компьютерах либо ноутбуках.

FineReader ABBY 10 является системой оптического распознавания текста, имеет опцию поддержки распознавания фотографий с камер мобильных телефонов и базовые инструменты исправления типичных недостатков снимков — шумов



и размытия, трапециевидных искажений. В то же время эта версия программы имеет ряд существенных ограничений. В ней отсутствуют: поддержка формата pdf, профессиональные инструменты и опции для улучшения результата распознавания.

Цель работы

Целью данного исследования является разработка метода улучшения документов, введенных в компьютеризированную систему с помощью цифровой фотокамеры портативного устройства.

Результаты проведенных исследований

Специфика работы с цифровыми изображениями, полученными путем сканирования или пересъемки физических оригиналов, состоит в том, что к дефектам, присутствующим на физическом носителе и в визуальной информации, размещенной на нем, могут добавляться новые или многократно усиливаться уже присутствующие. В случае применения фотокамеры, возможно наличие на изображении таких дефектов как размытость, цифровой шум матрицы, неполный захват изображения либо захват излишней области вокруг него, пере- или недоэкспонирование и т.д. [3].

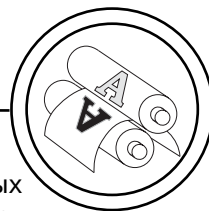
При регистрации изображений с помощью ПЗС-датчиков на полученных копиях могут возникать искажения (дисторсии). Они чаще всего проявляются в виде геометрических искажений следующих видов [4]: искажения в форме трапеции, параллелограмма, клина и в

форме волны. Искажение в форме трапеции или параллелограмма зависит от того, на каком участке, в центре страницы или по ее краям, возникает изгиб. В местах сгибов книги при слишком плотно сшитом переплете возникает искажение строк в форме клина. Искажение строк в форме волны связано с различными формами деформации самой бумаги (например, из-за хранения книг в условиях повышенной влажности и других причин). Процент страниц с геометрическими искажениями различной степени достаточно высок. В зависимости от состояния книги он варьируется от 5 до 100 % страниц.

Неоднородность ПЗС-матрицы может вызывать засветку отдельных пикселей. У элементов может оказаться различная чувствительность, так что при одинаковой освещенности различные ячейки будут генерировать различный выходной сигнал. Цифровой шум в фотосенсоре может возникать по следующим причинам [5].

Дефекты потенциального барьера вызывают утечку заряда, сгенерированного за время экспозиции — это так называемый чёрный дефект. Такие дефекты видны на светлом фоне в виде тёмных точек.

Темновой ток является вредным следствием термоэлектронной эмиссии и «туннельного» эффекта в сенсоре. Такие дефекты видны на темном фоне в виде светлых точек — это так называемый белый дефект. На темновой ток оказывает влияние температура элементов камеры, электромагнитные на-



водки, как внешние, так и внутренние, от самой камеры. При увеличении температуры на 6–8 градусов значение темнового тока удваивается.

Возникновение цифрового шума возможно также вследствие стохастической природы взаимодействия фотонов света с атомами материала фотодиодов сенсора.

Для компенсации рассмотренных искажений предлагаемый метод обработки изображений включает следующие операции:

— Преобразование RGB-to-Gray — данный шаг связан с тем, что при пересъемке издания сенсор фиксирует цвет, искажая его и присваивая неверные значения.

— Применение алгоритма ретинекс [6] — он позволяет имитировать эффект цветопостоянства в зрительной системе человека.

— Бинаризация изображения и удаление мелких шумов — операция производится для обнаружения элементов цифрового шума. При удалении шумов с изображения задается размер связанной области, которую можно считать шумом [7].

— Морфологическое расширение — данный шаг необходим для обнаружения связанных строк текста и иллюстраций, присутствующих на изображении. Производится данный поиск с помощью структурных элементов — линии и диска. Радиус диска определяет высоту строки, а длина линии позволяет объединять отдельные слова и предлоги в предложении в связанные строки текста.

— Выделение связанных объектов — изображение преобразуется в ряд связанных объектов. Выделение строк производится по начальным и конечным координатам по горизонтали для каждой отдельной строки.

— Фильтрация объектов по геометрическим признакам — она необходима для определения строк, которые должны подвергнуться последующей обработке. В качестве геометрических признаков выступают площадь и соотношение высоты к длине. Минимальная площадь должна быть меньше площади самой короткой строки, максимальная — меньше самой маленькой картинке в тексте либо меньше самой длинной строки, если иллюстрации отсутствуют. Также в алгоритме учитывается соотношение высоты строки к длине. С помощью этого параметра можно отбрасывать мелкие фрагменты строк, в случае если они разваливаются на несколько объектов [8].

— Аппроксимация полиномами — изображение индексируется, и каждому оставшемуся объекту присваивается свой номер. Впоследствии данные объекты (строки) заменяются полиномами.

— Расчет поправок, интерполяция и сглаживание изображения — на основе бинарного изображения, аппроксимированного полиномами, производится расчет поправок относительно вертикальной оси. На этой стадии задается степень полинома сглаживания, чем выше будет значение, тем меньшее количество артефактов возникнет

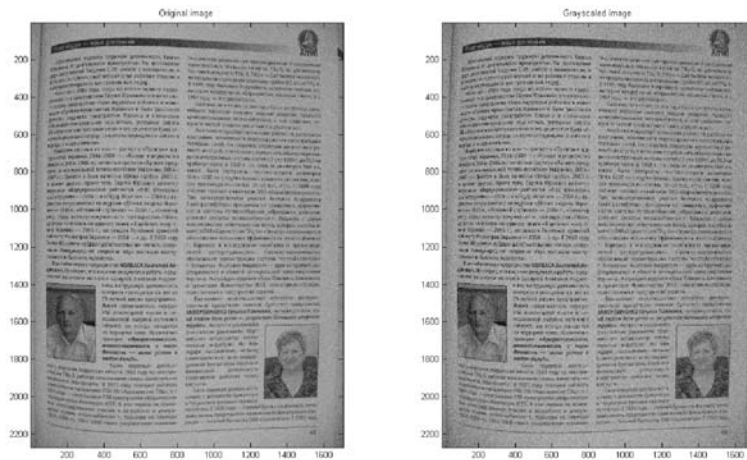
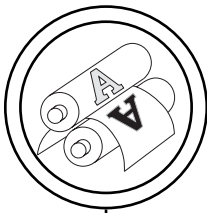


Рис. 1. Преобразование исходного цветного изображения в оттенки серого

при построении матрицы сдвига. После построения матрицы сдвига вычисляются новые координаты для каждой отдельной точки и интерполируются значения из них в новые узловые точки. Данное действие необходимо, так как смещение может быть дробным, а изображение приводится к целочисленной сетке.

В практической части исследования подвергнуто оцифровке книжное издание с прямым корешком, формата 60×90/8, напечатанное на мелованной матовой бумаге, плотностью 80 г/м², толщина блока — 2 см.

Для ввода документа использована камера Canon 450D с 12 Мпикс матрицей и стандартным объективом со стабилизатором

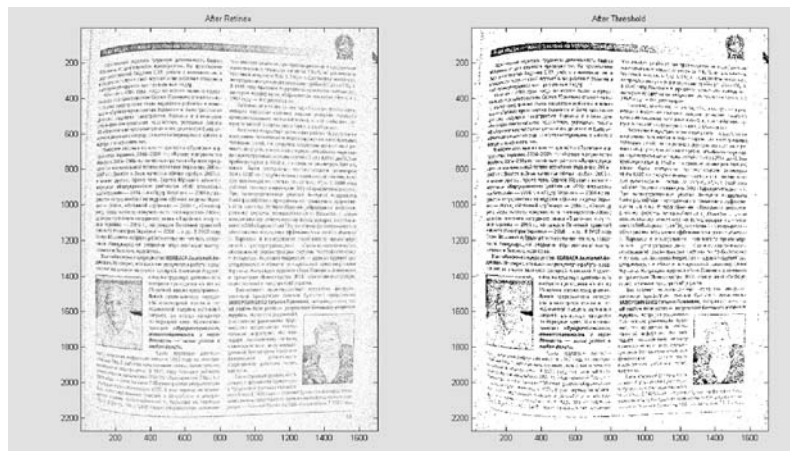


Рис. 2. Результат применения алгоритма ретинекс и бинаризации изображения

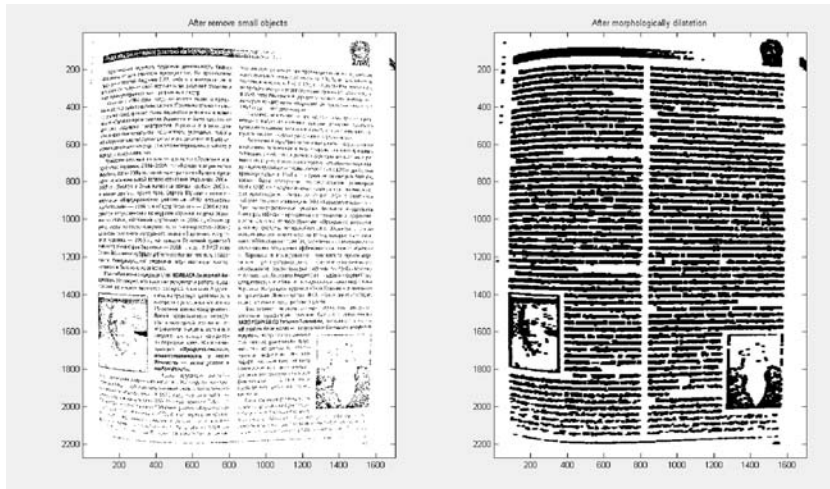
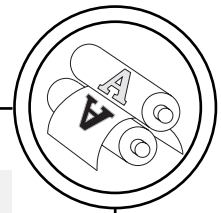


Рис. 3. Изображение после удаления мелких шумов и морфологического расширения

изображения. Съемка произведена в режиме «Приоритет диафрагмы». Значение диафрагмы равно 4, параметры выдержки, ISO и баланса белого выбирались автоматически. В качестве места съемки выбрано помещение с искусственным освещени-

ем двумя энергоэффективными лампами Philips мощностью 125W (источник света, расположенный непосредственно над местом съемки) и 75W (дальний источник света). Одним из условий эксперимента было сохранение товарного вида изда-

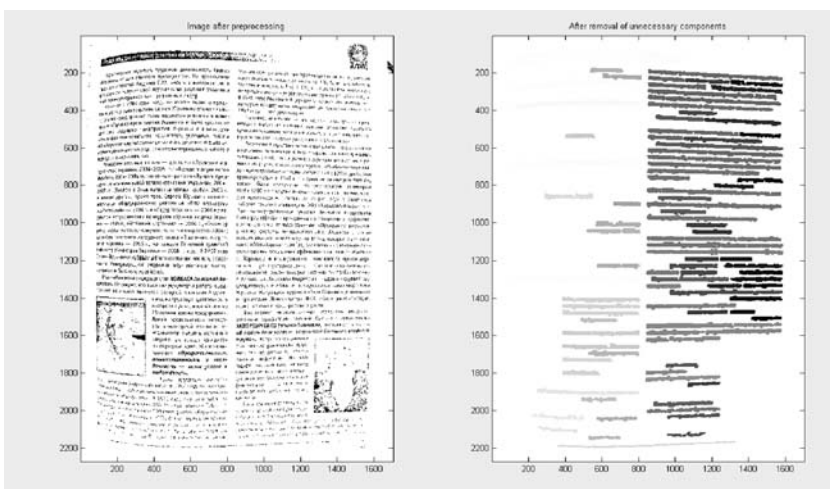


Рис. 4. Выделение цветом связанных объектов и фильтрация по геометрическим признакам

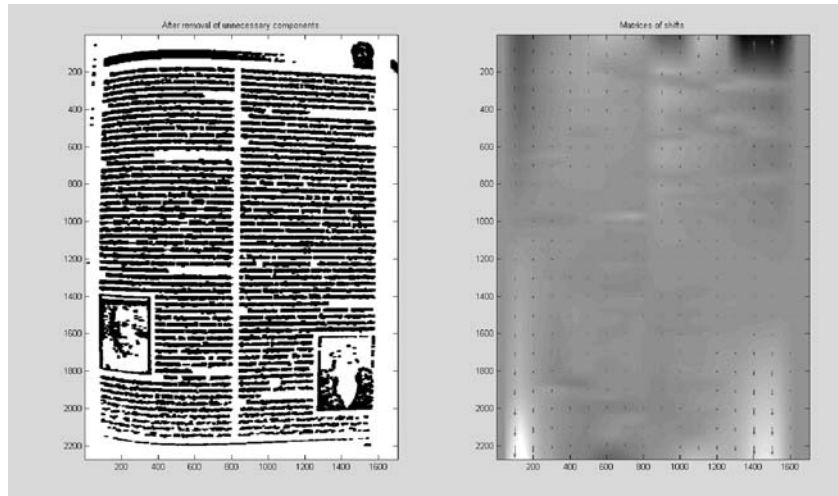


Рис. 5. Аппроксимация полиномами и матрица сдвига

ния, таким образом, исключались заломы корешка, загибы страниц и другие подобные манипуляции.

Для реализации комплексного алгоритма коррекции изображения использован пакет MatLab [9], который является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования,

включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования.

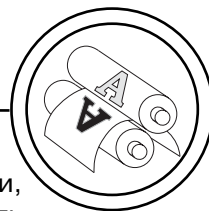
Результаты пошагового выполнения предложенного метода коррекции показаны на рисунках 1–6.

Выводы

В данной работе предложен метод оцифровки документов, содержащих как однородную текстовую информацию, так и изображения и таблицы, вписанные в текст, с помощью цифровой фотокамеры. Метод включает алгоритм улучшения изображения, полученного с помощью цифровой фотокамеры, и позволяет полностью устранить геометрические искажения и существенно устранить шум.



Рис. 6. Итоговое изображение



При этом стали видны деформированные края изображения. Избавиться от таких проблем можно, исключая из исходного изображения фон и дополняя алгоритм операцией сглаживания шума.

Данный алгоритм коррекции, после доработки может быть положен в основу пользовательского мультиплатформенного приложения для повышения качества снимков с подобного рода информацией.

1. Кулеш А. Б. Перспективы планшетных сканеров [Текст] / А. Б. Кулеш // Бестселлеры IT рынка. — 2008. — № 7. — С. 57—59.
2. Варламов А. Д. Исследование и классификация дефектов архивных документов / А. Д. Варламов, С. С. Садыков // Технологии информационного общества — Интернет и современное общество: Труды VII Всеросс. Конференции. — СПб. : Изд-во Филологического ф-та СПбГУ, 2004. — С. 119—121.
3. Cormac H. Document capture using a digital camera / H. Cormac — Microsoft Research, 2001. — P. 1 — 25.
4. Зейналов Р. Н. Восстановление формы страницы текста для коррекции геометрических искажений [Текст] / Р. Н. Зейналов, А. О. Велижев, А. С. Конушин. — М. : МГУ, 2009. — С. 1—7.
5. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М. : Техносфера, 2005. — 1072 с.
6. Funt B. Retinex in Matlab / B. Funt, F. Ciurea, J. McCann // Proceedings of the IS&T/SID Eighth Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications, 2000. — Pp. 112—121.
7. Buades A. A review of image denoising algorithms, with a new one / A. Buades, B. Coll, J. M. Morel // SIAM Multiscale Modeling and Simulation, 2005, vol. 4. — P. 490—530.
8. Breuel T. M. Robust least square baseline finding using a branch and bound algorithm / T. M. Breuel // Proc. of SPIE/IS&T 2002 Document Recognition & Retrieval IX Conf. (DR&RIX), Jan. 2002. — Pp. 20—27.
9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MatLab / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. — М. : Техносфера, 2005. — 616 с.

Рецензент — А. В. Григор'єв,
к.т.н., доцент, ХНУРЕ

Надійшла до редакції 24.03.11