

3. *Машков В.А.* Самоконтроль и Самодиагностирование модульных систем по принципу блуждающего диагностического ядра / В.А. Машков, О.В. Барабаш // Электронное моделирование. – Киев: НАН Украины, 1995, –Том 19, № 1. – С.41–49.
4. *Fujiwara H.* On the diagnosability of systems with self-testing units / H. Azaki, H. Fujiwara // In. Dig. Yth Int. Symp. Fault-tolerant Computing. FTCS. Madison WI June. – 1979.
5. *Коваленко А.Е., Гула В.В.* Отказоустойчивые микропроцессорные системы / А.Е. Коваленко, В.В. Гула // – К.: Техніка, 1986. – 150 с.
6. *Russel I.* System fault diagnosability without repair / I. Russel, C. Kime // – IEEE Trans., 1975, vol. C 24, 11, p.1078-1089.
7. *Kime C.* An abstract model for digital system fault diagnosis. – IEEE Trans., 1980, vol. C 288, p.754–767.

*Поступила 7.03.2013р.*

УДК 004.9

О.В.Тимченко<sup>1,2</sup>, І.О.Кульчицька<sup>2</sup>

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ГЕОМЕТРИЧНИХ СПОТВОРЕНЬ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ**

**Анотація.** Тексти отримані за допомогою цифрових фотокамер погано підходять для розпізнавання і не дуже зручні для читання, оскільки найменші спотворення рядків тексту призводять до сильного погіршення якості розпізнавання. Ці зображення потребують попередньої геометричної корекції спотворень. У даній статті описано та проаналізовано існуючі методи виправлення геометричних спотворень.

**Abstract.** Texts are got by digital photocameras badly befit for recognition and not very much comfortable for reading, as the least distortions of lines of text result in the strong worsening of quality of recognition. These images need previous geometrical correction of distortions. The existent methods of correction of geometrical distortions are described in this article and analysed.

### **Вступ**

Процес переведення паперових документів в електронний (цифровий) вигляд може бути виконаний за допомогою цифрових фотокамер, які працюють значно швидше сканерів, та оптичного розпізнавання символів (Optical Character Recognition – OCR) – конвертації зображень символів і букв

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup> Українська академія друкарства

в текст, який можна редагувати на комп'ютері [3]. На вхід система OCR отримує цифрове растрове зображення документа, на виході повинна сформувати текст, який міститься у зображенні.

Проте якість отриманих з фото зображень не завжди є високою, тоді виникають проблеми при розпізнаванні документів. На якість документів може впливати дуже багато факторів. В даній роботі розглядаються лише геометричні спотворення зображень.

Геометричні спотворення при фотографуванні можуть з'явитися по декількох незалежних причинах [10]. Це може бути «ефект бочки», перспективні спотворення, а також викликані нерівністю вихідного документа – наприклад, вигином в центрі книги. Ці спотворення можуть комбінуватися між собою в будь-якому поєднанні. В цьому випадку вже неможливо точно описати і передбачити модель спотворення сфотографованого документа.

### **Аналіз існуючих методів компенсації геометричних спотворень**

Існує декілька підходів для компенсації геометричних спотворень на зображенні тексту. Алгоритми роботи більшості з методів влаштовані таким чином:

- 1) Виділення на зображенні окремих слів або рядків тексту.
- 2) Побудова функції спотворення вертикальних границь тексту.
- 3) Побудова функції спотворення рядків тексту.
- 4) Розпрямлення зображення.

Для виділення на зображенні рядків або слів тексту зазвичай використовується наступна процедура. Зображення розмивається з допомогою фільтра нижніх частот. Чим більше розмивається зображення, тим більш далекі чорні об'єкти на зображенні зливаються один з одним. Передбачається, що для більшості документів відстань між рядками тексту менша, ніж між сусідніми словами в одному рядку. А відстань між двома словами в одному рядку менша, ніж відстань між двома сусідніми буквами в межах одного слова. Відповідно, в залежності від ступеня розмиття зображення можна домогтися того, що або всі літери всередині кожного слова на зображенні зіллються в один об'єкт [5, 7], або всі слова всередині одного рядка тексту зіллються в один об'єкт [4].

Описаний метод дуже чутливий до вибору ступеня розмиття зображення і, якщо цей вибір зроблений неточно, він може давати неправильні результати. Тому іноді використовуються й інші механізми виділення рядків. Рядки тексту можуть виділятися з допомогою ітеративної процедури, коли визначаються деякі початкові наближення для рядків, а потім до рядків починають послідовно додаватися близькі чорні об'єкти і близькі рядки тексту починають склеюватися між собою.

Для більшості алгоритмів достатньо знайти не рядок тексту, а якусь характерну лінію, що проходить через весь рядок тексту. В якості такої лінії

можуть виступати як середня лінія рядка [4], так і базова лінія рядка [6] – лінія, по якій написаний текст в рядку.

Якщо говорити про спотворення вертикальних границь тексту, то тут існує декілька підходів. В першому передбачається, що вертикальні межі тексту взагалі не спотворені [5]. В іншому – що вертикальні прямі лінії на зображенні залишаються прямими, але можуть йти не під прямим кутом до напрямку рядків [4, 6, 7]. Тоді для визначення кута нахилу вертикальних ліній використовується ліва і права межа тексту або інформація про кут нахилу вертикальних об'єктів на зображенні. В третьому підході апроксимуються вертикальні спотворення тексту [9]. Тут використовується поняття скелету багатокутної фігури. Будується зовнішній скелет для міжрядкових інтервалів, після чого проводиться фільтрація скелета, потім будується патч Безье. За допомогою отриманого патча ітераційним методом проводиться випрямлення рядків.

Дуже важливу роль при розв'язанні задачі розпізнавання відіграє вибір класу функцій, що описують можливе спотворення зображення (функції деформації). Для побудови функції деформації рядків тексту зазвичай використовуються деякі наперед відомі моделі спотворення зображення. В залежності від початкової моделі метод побудови функції спотворення може істотно відрізнятись.

Якщо на документі передбачаються лише перспективні спотворення (як при фотографуванні плоского документа під кутом), то в такому випадку для визначення спотворення рядків достатньо знайти точку перетину для всіх рядків на зображенні [7]. Для знаходження точки перетину рядків тексту можна взяти лінійну апроксимацію кожного слова на зображенні і знайти в якій точці перетинаються продовження всіх отриманих відрізків.

Якщо на зображенні існують тільки циліндричні спотворення (як при скануванні товстої книги поблизу місця згину книги), то загальну функцію спотворення документа можна отримати, взявши викривлення двох рядків тексту (наприклад, першої та останньої) і побудувавши лінійну апроксимацію між ними [4].

Досить ефективним є метод робастного наближення форми кривих ліній тексту [1]. У даному підході здійснюється пошук пов'язаних компонент, потім для кожного символу знаходиться локальна лінія, на якій лежить рядок, що містить даний символ. Для кожного знайденого символу обчислюється відстань між рядками, потім відстань усереднюється і вважається постійною для всього тексту. Використовуючи знайдену середню відстань між рядками і відстань між рядками на зображенні, будується поверхня на основі якої виконується корекція зображення тексту. Перевагою даного методу є те, що його можна застосовувати для корекції як геометричних так і перспективних спотворень. Недолік – висока обчислювальна складність.

Методи, які ґрунтуються на конкретних моделях спотворення документа не можуть застосовуватись в тих випадках, коли реальне спотворення відбулося за іншою моделлю, або коли на зображенні має місце комбінація з

декількох різних типів спотворення. Тому існують і більш універсальні класи функцій деформації і методи їх побудови. Наприклад, можуть використовуватися дані про кути нахилу окремих слів. На їх основі для зображення будується векторне поле, апроксимується загальне спотворення сторінки [2, 6]. Метод глобальної оптимізації форми поверхні [2] для опису поверхні тексту використовує полігональну модель. Спочатку будуються векторні поля – напрямком тексту, напрямком розташування рядків, нормалі до поверхні і враховуються параметри камери. Потім будується функціонал, який враховує обмеження на ортогональність введених полів у кожній точці поверхні і на гладкість результуючої поверхні. Цей функціонал ітераційно оптимізується. Потім кожна грань полігональної моделі поверхні незалежно відображається на скоригованому зображенні, після чого результати склеюються з урахуванням умови неперервності отриманої плоскої поверхні тексту. Недоліками таких методів є важкість у використанні (багато ручних параметрів і вибір оптимальних значень цих параметрів не завжди є тривіальним), низька продуктивність порівняно з іншими методами.

Інший клас методів полягає у використанні локальних алгоритмів: коли кожне слово окремо повертається відповідно до кута нахилу, а потім зображення вирівнюється по вертикалі так, щоб слова з одного рядка були на одній висоті [5]. Однак, такий метод занадто чутливий до локальних помилок у визначенні кута нахилу окремих слів.

### ***Висновки***

Задача виправлення геометричних спотворень, наявних у растровому зображенні тексту, полягає в побудові нового бінарного зображення, в якому рядки тексту будуть горизонтальними і всі початкові символи вирівняні по вертикалі. Математична задача полягає у пошуку відповідного перетворення двовимірного простору сторінки в себе, що забезпечує виконання цих умов.

Всі методи, аналіз яких проведено в статті, мають свої недоліки і переваги. Більшість з них самі по собі не є універсальними і мають спеціалізовану область застосування. Як правило, кожен метод, що вирішує поставлену задачу, знаходить компроміс між ефективністю та універсальністю. Тому необхідно врахувати особливості кожного з описаних методів і розробити алгоритм, який би вирішував поставлену задачу компенсації геометричних спотворень на достатньому рівні.

1. *Adrian Ulges, Christoph H. Lampert, Thomas M. Breuel. Document Image Dewarping using Robust Estimation of Curled Text Lines // Proc. ICDAR-2005, 2005, pp.1001- 1005*
2. *Adrian Ulges, Christoph H. Lampert, Thomas M. Breuel. Unwarping Images of Curved Documents Using Global Shape Optimization // Proc. International workshop on Camera-based Document Analysis and Recognition, 2005, pp.25-29*
3. *Arms, William Y., "Digital libraries", Cambridge, Massachusetts, USA, MIT Press, 2000 <http://www.cs.cornell.edu/wya/diglib/>*
4. *Bin Fu, Minghui Wu, Rongfeng Li, Wenxin Li, Zhuoqun Xu, Chunxu Yang, "A model-*

based book dewarping method using text line detection", Proceedings of the Second International Workshop on Camera-Based Document Analysis and Recognition (CBDAR-2007), 2007, Curitiba, Brazil, pp. 63-70.

5. *B. Gatos, I. Pratikakis, K. Ntirogiannis*, "Segmentation based recovery of arbitrarily warped document images", Proceedings of the 9-th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR-2007), 2007, Curitiba, Brazil, pp. 989-993.

6. *D. C. Schneider, M. Block, R. Rojas*, "Robust document warping with interpolated vector fields", Proceedings of the 9-th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR-2007), 2007, Curitiba, Brazil, pp. 113-117.

7. *Xu-Cheng Yin, Jun Sun, Satoshi Naoi*, "Perspective rectification for mobile phone camera-based documents using a hybrid approach to vanishing point detection", Proceedings of the Second International Workshop on Camera-Based Document Analysis and Recognition (CBDAR-2007), 2007, Curitiba, Brazil, pp. 37-44.

8. *Левенитейн В. И.* Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // Доклады Академий Наук СССР, –1965. 163.4:845-848

9. *Масалович А.А.* Использование патча Безье для аппроксимации искажения изображений текстовых документов / Антон Масалович, Леонид Местецкий // Proc. Graphicon-2007. – 2007. – ст. 171-174

10. *Масалович А.А.* Численные методы детектирования и исправления геометрических искажений в изображениях текстовых документов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Антон Андреевич Масалович // Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова. – 2010

*Поступила 21.03.2013г.*

УДК 621.372

О.А. Наконечная, г. Черкассы

## **ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУР АДАПТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ**

**Abstract.** In this paper consider some of the specific structure for signal restoration of primary transducers (sensors).

**Введение.** Рассмотрим моделирующую структуру для решения задачи восстановления сигналов первичных преобразователей (датчиков) [1]. Структура и задействованные модели ориентированы на реализацию в среде Matlab-Simulink.

Общая структура измерительной системы с восстановлением сигналов может иметь вид, представленный на рис. 1. Она состоит из измерительного преобразователя (ИП), АЦП, фильтра НЧ (ФНЧ), корректирующего устройства (КУ), блока идентификации (БИ), регистрирующего устройства (РУ), устройства управления (УУ).