

УДК 004.352.243

А.П. Преображенский, А.А. Мозговой  
**НОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ РУКОПИСНЫХ СЛОВ ПЕРЕД  
РАСПОЗНАВАНИЕМ**

*Воронежский институт высоких технологий*

*Рассматривается вопрос предварительной обработки изображений рукописных слов перед их распознаванием. Сложность этапа заключается в особенности изображения рукописных слов по сравнению с печатным текстом, выраженной в наличии верхних и нижних графических элементов. Важным критерием качества выполняемых преобразований является отсутствие дополнительных искажений. Предлагается алгоритм нормализации с компенсацией поворота изображения слова при написании.*

**Ключевые слова:** оптическое распознавание, нормирование, рукописный текст.

Нормирование изображений слов – масштабирование до заданного размера по вертикали – является обязательным этапом перед их распознаванием. В отличие от печатных слов, нормирование рукописных слов дополнительно осложняется особенностью в написании, заключающейся в наличии верхних (буквы «б», «в», иногда - «д») и нижних (буквы «д», «з», «р», «у», «ф») графических элементов (эта особенность характерна не только для русского языка, но и, например, для английского [1] и испанского [2]). Этот факт необходимо непременно учитывать, так как перечисленные буквы без своих верхних и нижних элементов становятся идентичными другим буквам, что полностью меняет смысл написанного.

Также изображения рукописных слов подвержены искажениям в значительно большей степени, чем изображения слов печатных, например, при их развороте. В случае с напечатанным текстом поворот слов возможен только для всего печатного листа [3], который можно определить с использованием оператора Собеля [4], [5]. В случае с рукописным текстом возможны варианты разворота разных слов одного текста на разные углы [6]. Даже незначительный разворот изображений, показанный на рисунке 1, может негативно отразиться на результатах нормирования изображений слов, что в дальнейшем может привести к ошибкам распознавания.



Рисунок 1 – Образец разворота слов рукописного текста

Для определения угла наклона слова в целях последующей коррекции применяется так называемая «slope коррекция», с

использованием горизонтального профиля проекции (рисунок 2), как например, в работе [7].



Рисунок 2 – Поворот изображения слова на угол  $\alpha$ .

При этом после определения угла наклона слова  $\alpha$ , найденного по формуле (1), предлагается поворот изображения вокруг своей оси на компенсирующий угол минус  $\alpha$ . Такой подход основан на предположении, что искажение внесено именно разворотом изображения слова вокруг своей оси. Однако это не является правильным, подобный подход слишком упрощает ситуацию.

$$\hat{\alpha} = \arg \max \sqrt{\sum_{i=1}^{rows} \frac{(HPP_{\alpha} - HPP_{\alpha}(i))^2}{rows}}, \quad (1)$$

$$\text{где } HPP_{\alpha}(i) = \sum_{j=1}^{cols} I_{\alpha}(i, j),$$

$I_{\alpha}$  – изображение,

$rows, cols$  – высота, ширина изображения.

К повороту слов в тексте приводят как искажения при сканировании, приводящие к развороту всех слов вокруг оси, так и особенности в написании, когда слова как-бы «сползают» с горизонтальной (базовой) линии. На рисунке 1 показан именно второй случай.

Попытки развернуть изображения таких слов вокруг своей оси приводят к появлению дополнительных искажений, выражающихся в изменении угла наклона букв слова, как показано на рисунке 3.

Такие искажения могут негативно сказаться на эффективности определения угла наклона слов [8], а также последующего распознавания, например, при применении методов распознавания слов, основанных на анализе углов наклона элементов изображений, как в работах [9, 10, 11, 12, 13], когда элементы изображения ранжируются в зависимости от угла поворота извлечённых из изображения слова векторов [14].

Возникающие искажения возможно устранить дополнительным выравниванием слов по вертикали [15], однако это приведёт к

значительному росту вычислительной сложности алгоритмов предварительной обработки.



Рисунок 3 – Коррекция искажений поворотом изображения вокруг своей оси

В данной статье автором предлагается алгоритм, компенсирующий рассматриваемые искажения путём сдвига вертикальных элементов изображения на расстояние *Shift*, определяемое углом наклона изображения  $\alpha$  и расстоянием элемента слова  $i$  от базовой (начальной) точки по формуле (2).

$$Shift = i \times tg(\alpha). \quad (2)$$

Принцип работы алгоритма коррекции продемонстрирован на рисунке 4. При необходимости разворота изображения в другую сторону, меняется знак переменной *Shift* на отрицательный.

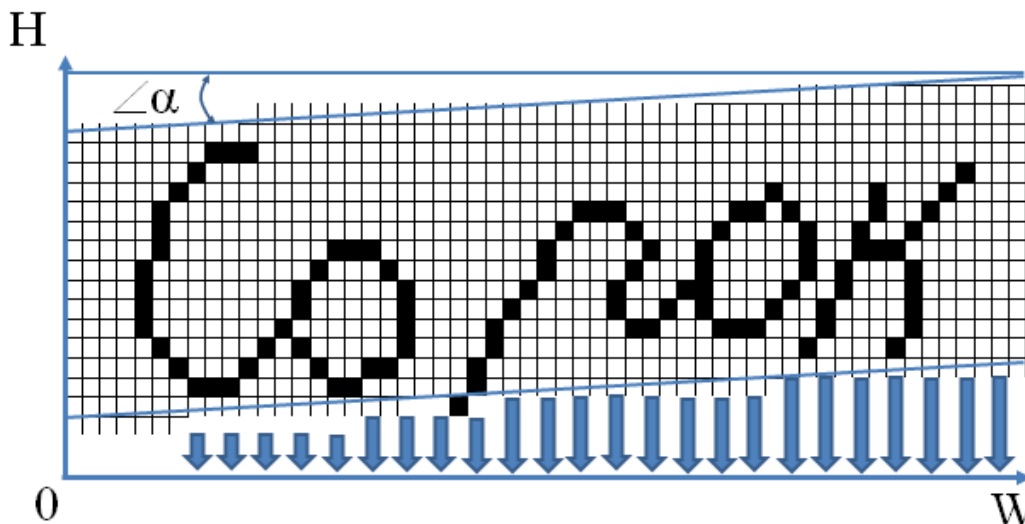


Рисунок 4 – Принцип работы алгоритма коррекции

После оцифровки изображения слова находится угол его наклона от базовой линии  $\alpha$  по формуле (1). Затем вертикальные строки матрицы точек изображения последовательно сдвигаются на округлённое до целого числа расстояние *Shift*, получаемое по формуле (2).

Данное преобразование выполняется за один проход, не требует сложных вычислений и поэтому обладает высокой скоростью выполнения.

Схема алгоритма нормирования с встроенной процедурой коррекции показана на рисунке 5.

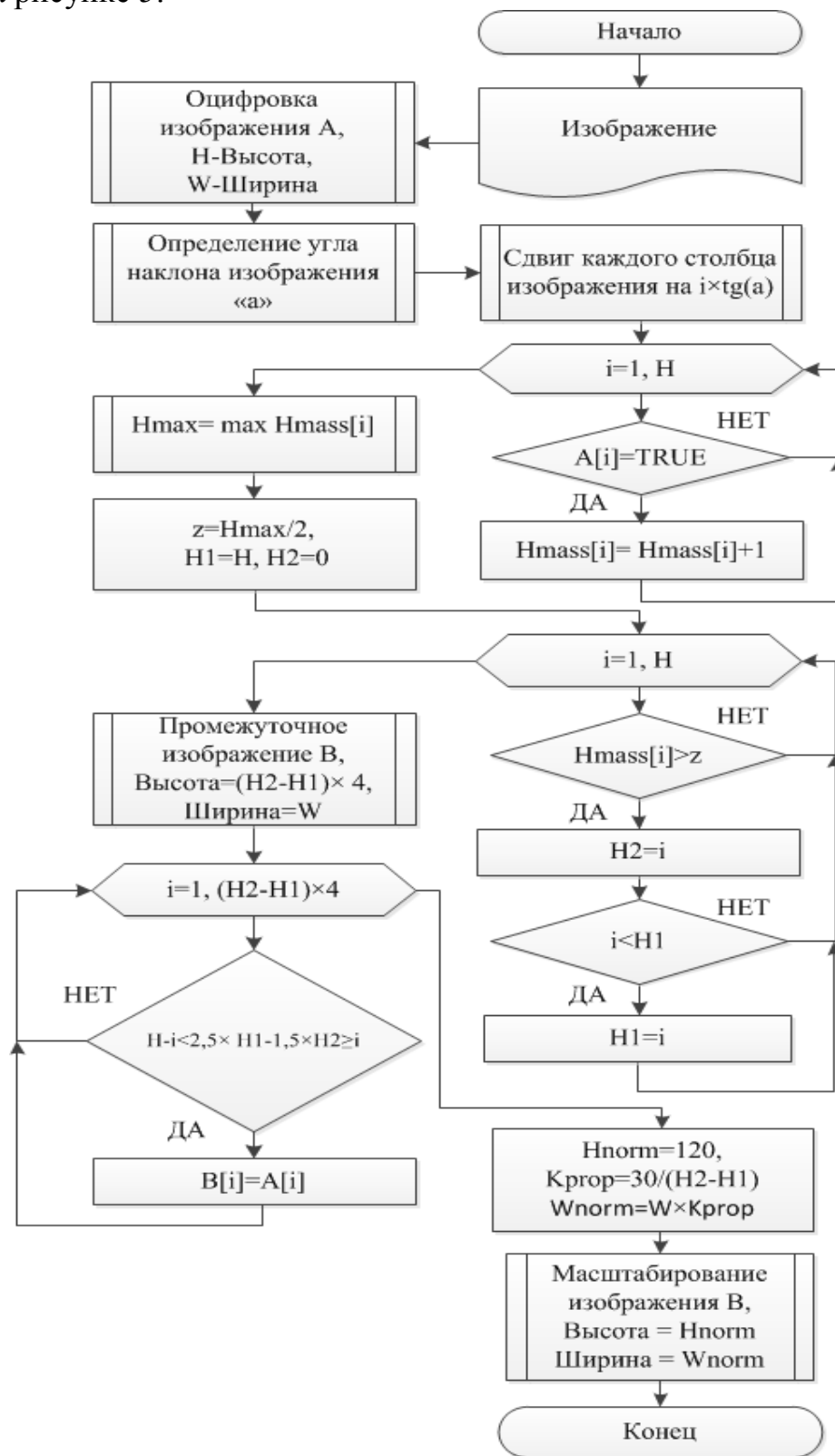


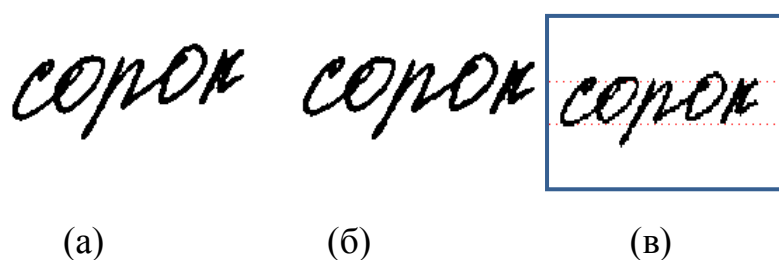
Рисунок 5 – Схема алгоритма нормирования

Сначала изображение оцифровывается и выполняется коррекция угла его наклона. Затем находятся верхняя и нижняя границы центральной части слова  $H1$  и  $H2$ .

Отсекающим фактором нижних и верхних элементов слова от центральной части является снижение плотности горизонтальных элементов более чем в два раза от максимальной.

Далее строится промежуточное изображение с учётом свободного места для верхних и нижних элементов слов и затем масштабируется до заданной высоты (автором использовалась величина в 120 пикселей).

Результат работы алгоритма нормирования с процедурой коррекции показан на Рисунке 6.



(а)

(б)

(в)

- а) исходное изображение
- б) скорректированное изображение
- в) нормированное изображение

Рисунок 6 – Результат коррекция исходного изображения и последующего нормирования

Таким образом, предлагаемый алгоритм нормирования изображений рукописных слов позволяет выполнять нормирование рукописных слов с учётом особенностей написания верхних и нижних элементов слов, характерных для русского языка, а также устраняет искажения слов, проявляющиеся в виде «сползания» слов с горизонтальной базовой линии без изменения первоначального угла наклона букв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Papandreou, V. Gatos Slant estimation and core-region detection for handwritten Latin words // Pattern Recognition Letters 35 (2014) С. 16–22.
2. А.Н. Toselli, Integrated Handwriting Recognition and Interpretation using Finite-State Models [Text] // IJPRAI, vol. 18, no. 4, 2004, P. 519–539.
3. М.П. Кривенко, Предварительная обработка при распознавании текстов по изображению низкого качества // Информатика и её применения, 2012. Т. 6. Вып. 4. С. 49-56.
4. P. Slavik, Equivalence of different methods for slant and skew corrections in word recognition applications // IEEE Trans. PAMI, 2001, P. 323-326.

5. J. Russell, R. Cohn Оператор Собеля // Книга по требованию, 2013, 106с.
6. E. Kavallieratou, N. Fakotakis, G. Kokkinakis Slant estimation algorithm for OCR systems // Pattern Recognition 34 (2001) С. 2515-2522.
7. M. Pastor, A. Toselli, E. Vidal Projection profile based algorithm for slant removal // Image Analysis and Recognition, Springer, 2004, С. 183–190.
8. Papandreou, B. Gatos Word Slant Estimation using Non-Horizontal Character Parts and Core-Region information // 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems, 2012.
9. А.А. Мозговой Преобразование Хафа в задачах автоматического распознавания рукописного текста // Вестник Воронежского института высоких технологий 2012. №9. С. 62-64.
10. J. Pradeep, E. Srinivasan, S. Himavathi Diagonal based feature extraction for handwritten alphabets recognition system using neural network // International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT), Vol 3, No 1, Feb 2011, P. 27-38.
11. V.P. Agnihotri Offline Handwritten Devanagari Script Recognition // Information Technology and Computer Science, 2012, vol. 8, P. 37-42.
12. P. Singh, S. Budhiraja Feature Extraction and Classification Techniques in O.C.R. Systems for Handwritten Gurmukhi Script – A Survey // International Journal of Engineering Research and Applications Vol. 1, Issue 4, 2012, P. 1736-1739.
13. S. Saha, N. Paul, S.K. Das, S. Kundu Optical Character Recognition using 40-point Feature Extraction and Artificial Neural Network // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 3, Issue 4, April 2013, P. 495-502.
14. Р.А. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений // Морфологическая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006.
15. Mrinaljit, M.K. Ghose A Survey on selected slant estimation and removal techniques // Volume-1, Issue-3, 8th August-2013.

A.P. Preobrazhensky A.A. Mozgovoy

## **NORMALIZATION OF HANDWRITTEN WORD IMAGES BEFORE RECOGNITION**

*Voronezh Institute of High Technologies*

*In the paper we are considering pre-treatment the handwritten words images before being recognition. The difficulty lies in the phase image features of handwritten words , compared with a printed text , as expressed in the presence of the upper and lower graphic elements. An important criterion is the quality of reforms carried out by the absence of additional distortions. We are offering an algorithm for normalization image of the word with image rotation compensation.*

**Keywords:** optical recognition, normalization, handwriting.