

一种基于数学形态学的手写汉字方向特征提取方法

金连文, 徐睿, 高学, 尹俊勋

(华南理工大学电子与信息工程学院, 广州 510640)

摘要: 提出了一种新的基于数学形态学的手写体汉字方向特征提取的方法。该方法首先提出了一种利用数学形态学对手写汉字做笔画宽度归一化的方法, 然后应用数学形态学的方向模板提取汉字在横、竖、撇、捺4个方向上的模式图像, 最后, 将弹性网格作用在4幅方向模式图像中, 统计每个网格中的黑像素分布密度, 得到汉字的特征。使用简单的距离分类器对120套3775个汉字手写体汉字进行识别实验, 识别率达到85.47%。

关键词: 方向特征提取; 数学形态学; 汉字手写体识别

Directional Feature Extraction Approach for HCCR Based on Mathematical Morphology

JIN Lianwen, XU Rui, GAO Xue, YIN Junxun

(College of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640)

【Abstract】 The paper proposes a novel directional feature extraction approach for HCCR(handwritten Chinese character recognition), which is named morphology-based directional feature extraction. Firstly, the stroke width of a handwritten Chinese character is normalized by applying mathematical morphology. Then, elastic meshes are constructed on the normalized characters. Next, the characters are decomposed on the horizontal, vertical, left slant and right slant orientation by application of appropriate mathematical morphology templates. Finally, the characters directional features are attained by calculating the pixels distribution in each mesh. Experiment results show that the new approach is very useful and the recognition rate for 3755 classes HCCs is 85.47%.

【Key words】 Directional feature extraction; Mathematical morphology; HCCR

汉字识别是一个非常具有挑战力的领域。特征提取是汉字识别中一个很重要的研究问题^[1-5]。近几年, 人们发现利用汉字的特征在汉字识别中非常有效。这主要是因为任何一个汉字都可以分成横、竖、撇、捺4个基本笔画, 所以基于此4个方向上的模式特征能够有效地表达一个汉字的信息。手写体汉字的特征提取的一般步骤是^[3]: 首先, 对汉字进行归一化, 包括手写体汉字的大小归一化和笔画宽度的归一化; 接着, 在归一化后的汉字图像上画网格。画网格的方法很多, 有弹性网格和均匀网格, 一般弹性网格更有利于手写体汉字的特征提取^[3]; 然后对归一化的汉字做方向分解, 把汉字图像分解成横、竖、撇、捺4个方向上的4幅图像; 最后, 将所画的网格分别作用于方向分解所得的4幅图像中, 分别计算各网格中黑像素的分布密度, 这样就得到了手写体汉字的特征。

对汉字进行方向特征提取的方法很多^[2-5], 本文提出了一种基于数学形态学的新的特征提取的方法: 首先, 利用数学形态学对手写体汉字做笔画宽度归一化, 接着, 在归一化的汉字图像上画弹性网格, 然后, 应用数学形态学的方向模板提取汉字在横、竖、撇、捺4个方向上的模式图像, 最后, 将弹性网格作用在4幅方向模式图像中, 计算每个网格中的黑像素分布密度, 得到汉字的特征。图1给出了该算法的框图。

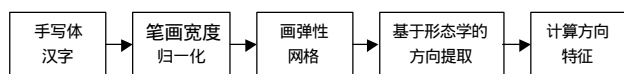


图1 基于数学形态学的方向特征提取的方框图

试验中采用简单的欧式距离分离器, 用“863”手写体汉字数据(3755个汉字)中的100套样本训练, 20套样本测试, 识别正确率达85.47%。

1 基于数学形态学的方向分解

1.1 数学形态学简介^[6]

数学形态学(Mathematical Morphology)是一种应用于图像处理 and 模式识别领域的新方法, 是生物学的一个分支, 常用来处理动物和植物的形状和结构。随着其逻辑基础的不断发展, 其应用范围已不再局限在传统的微生物和材料科学的领域, 开始向边缘学科和工业技术方面发展。

作为一门综合了多学科的交叉学科的科学, 数学形态学的理论基础颇为艰深, 但是其理论概念却比较简单。其核心运算是膨胀(Dilation)和腐蚀(Erosion), 其余各种形态学运算都是基于这两个运算而来的。在形态学运算中, 模板的选取是非常重要的, 其形状、尺寸的选择是能否有效提取信息的关键。

· 腐蚀(Erosion)

$$E = B \otimes S = \{x, y | S_{xy} \subseteq B\} \quad (1)$$

其中E为腐蚀后的图像, B为原始图像, S为模板。

· 膨胀(Dilation)

$$D = B \oplus S = \{x, y | S_{xy} \cap B \neq \emptyset\} \quad (2)$$

其中E为腐蚀后的图像, B为原始图像, S为模板。

1.2 基于数学形态学的方向分解

模板的选取在数学形态学中非常重要。同一形态学运算在选用不同形状的模板的情况下对同一幅图像的作用是不一

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69802007); 广东省自然科学基金资助项目(011611、020828)

作者简介: 金连文(1968-), 男, 博士、副教授, 主研方向为模式识别和图像处理; 徐睿, 硕士生; 高学, 博士; 尹俊勋, 教授
收稿日期: 2002-11-17 E-mail: eelwj@scut.edu.cn

样的。在对图像进行方向分解时，应用形态学中的腐蚀运算，通过选择不同的模板，对图像做侧重于不同方向的腐蚀，就得到了不同方向的分解图像。比如说，如果要提取横分量即水平方向分量，需要找到这样一个模板，对于腐蚀运算，它对竖、撇、捺方向敏感而对横方向比较迟钝。这样对一幅图像应用该模板做腐蚀运算就能分解出水平分量。

图2给出了方向分解的基本5×5模板。(a)是提取横分量的模板，(b)是提取竖分量的模板，(c)是提取撇分量的模板，(d)是提取捺分量的模板。

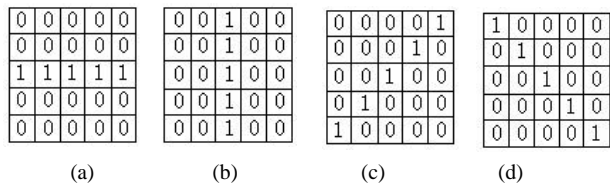


图2 5×5方向分解模板

此外，我们还构造了7×7的方向分解模板。7×7模板同5×5模板大体相似。然而其效果没有5×5模板好(见后文中的表2)。

2 基于数学形态学的笔画宽度归一化

由于人的书写习惯以及所用笔的不同，使得手写体汉字的笔画宽度往往不同。笔画宽度的不同给特征提取和识别带来不少困难。这一点在基于数学形态学的方向特征提取中最为明显。在运用数学形态学进行方向特征提取时，模板的大小是一定的，一定大小的模板只对一定宽度的笔画特别有效，而对其他宽度的笔画效果不佳，甚至完全无效。因此在进行形态学的方向特征提取时，必须对笔画的宽度进行归一化。为解决这一问题，我们提出了一种笔画粗细归一化的方法，如图3所示，该方法的基本思想是：先将汉字图像细化，提取出汉字图像的骨架，然后用形态学中的膨胀的方法将骨架膨胀，从而使汉字的笔画宽度相等。这里的膨胀算法所采用的模板是3×3的，其形状如图4所示。通过这样的算法，就可使得汉字图像的笔画宽度基本相等(见图5)。



图3 笔画宽度归一化算法方框图

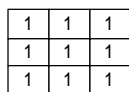


图4 笔画归一化算法中膨胀模板

3 试验结果

图5给出了方向分解的结果。(a)是原始的汉字图像，(b)是经过细化后的汉字骨架，(c)是膨胀后的图像，即笔画宽度归一化后的结果，(d)、(e)、(f)、(g)列分别是横、竖、撇、捺4个方向的分解结果，(h)列是横、竖、撇、捺4个方向的分解结果叠加形成的汉字重构图像。我们看到，通过笔画粗细归一化后，手写体汉字的笔画粗细明显变得均匀了。

表1给出了归一化的比较结果。试验中所用的网格是弹性网格^[3]，分类器是欧式距离分类器，用“863”数据中的1000个汉字中的100套样本进行训练，用20套样本进行测试。从表1可以看出笔画宽度归一化的作用是非常明显的。在应用6×6网格时，通过归一化，识别率提高了32.87%。在应用8×8网格时，通过归一化，识别率提高了24.6%。可见笔画宽度归一化是基于数学形态学的方向特征提取的关键。



图5 归一化及方向分解结果

表1 笔画宽度归一化的比较

网格维数	笔划宽度归一化	识别率
6×6	无	58.61%
	有	91.48%
8×8	无	67.39%
	有	91.99%

表2 5×5和7×7模板比较

网格维数	模板大小	特征维数	识别字数	识别率
6×6	5×5	144	1000	91.48%
	7×7	144	1000	89.43%
8×8	5×5	256	1000	91.99%
	7×7	256	1000	90.00%
	5×5	256	3755	85.47%
	7×7	256	3755	82.44%

表2是关于5×5和7×7模板的比较。可见5×5模板比7×7模板更能有效地提取汉字的方向特征。这主要是因为归一化中运用的膨胀模板是3×3的模板，它将笔画的宽度归一化成宽度为3，这样的笔画宽度对于7×7模板来说太小了，它腐蚀掉了过多的信息，所以5×5的模板的效果较好。我们使用5×5的模板，应用简单的欧式距离分类器，对120套3755类汉字进行了识别实验，识别率为85.47%，显示了本方法的有效性。

4 结论

本文提出了一种基于数学形态学的新的手写体汉字方向特征提取的方法。利用数学形态学可以对手写体汉字进行合理的方向分解；此外，我们还给出了一种手写体汉字笔画粗细归一化的方法，实验结果表明，本文提出的方法是行之有效的。

参考文献

- 1 吴佑寿 丁晓青. 汉字识别 原理方法与实现. 北京: 高等教育出版社, 1992
- 2 Kato N, Suzuki M, Aso H, et al. A Handwritten Character Recognition System Using Directional Element Feature and Asymmetric Mahalanobis Distance. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(3)
- 3 Jin Lianwen, Wei Gang. Handwritten Chinese Character Recognition with Directional Decomposition Cellular Features. Journal of Circuits, Systems, and Computers, 1998, 8(4): 517-524
- 4 Gao Xue, Jin Lianwen, Yin Junxun, et al. A New Stroke-based Directional Feature Extraction Approach for Handwritten Chinese Character Recognition. Proceedings of Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition, 2001: 635-639
- 5 Jin Lianwen, Yin Junxun, Gao Xue, et al. Study of Several Directional Feature Extraction Methods with Local Elastic Meshing Technology for HCCR. Computer Science and Technology in New Century, Hangzhou, China, 2001: 232-236
- 6 Castman K R. Digital Image Processing. Prentice Hall, Inc., 1996