

一种手写体汉字特征提取新方法—— 小波变换及弹性网格技术的应用

金连文 彭秀兰 尹俊勋

(华南理工大学电子与通信工程系, 广州 510641)

摘要 利用小波分析方法将汉字图象分解为横、撇、竖、捺 4 个方向的分量, 然后结合弹性网格技术, 提出了进行手写体汉字特征提取的一种新方法, 实验结果显示此方法是行之有效的。

关键词 小波变换, 手写体汉字识别, 特征提取, 弹性网格

1 引言

特征提取是手写体汉字识别的一个研究难点, 选择良好的特征是一个手写体汉字识系统的关键之一, 尽管在这一领域中已提出了许多特征提取的方法^[1~5], 但大多数方法都有其局限性^[1], 寻求良好的特征提取方法仍然是汉字识别研究中亟待解决的一个难题。

我们知道, 汉字的基本笔划是“横、撇、竖、捺”4 种, 最近的研究表明将汉字进行“横、撇、竖、捺”四方方向的分解后十分有助于提取有效的特征^[3,4], 遗憾的是直接提取汉字的“横、撇、竖、捺”4 种笔划分量并不容易, 因此, 如何进行汉字四方方向的分解是一个关键的问题。在文献^[5]中, 作者提出了一种基于子波变换的汉字笔划提取方法, 能将横、撇、竖、捺等 4 种基本笔划有效地提取出来。在本文中, 我们将利用文献^[5]的方法进行汉字四方方向的分解, 然后结合弹性网格技术来进行手写体汉字的特征提取。

网格技术是对模式子区域的特征描述, 有许多网格特征的提取方法已提出并成功地应用于手写体字符识别中^[3,6,7]。根据构造方法的不同可以将网格划分为固定网格、弹性网格、全局网格、局部网格等等^[3]。将汉字进行四方方向分解后, 我们构造了一系列

的弹性网格来作用于分解之后的各汉字分量上, 然后统计各分量在网格内象素点的概率分布作为特征。我们称这种特征提取方法为弹性网格子波分解特征提取法。其框图如图 1 所示。

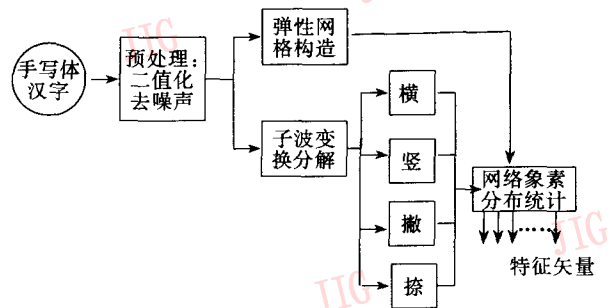


图1 弹性网格子波分解特征的提取框图

2 基于子波分析的汉字四方向分解^[5]

二维图象信号按行、列分开进行 1 级小波变换后, 得到一个低频分量和 3 个不同频率的高频分量。通过对各分量的统计分析, 从图象本身来看, 低频分量保持了图象的主要轮廓, 而高频分量则表示图象的细节部分。如图 2 所示, LL、LH、HL、HH 分别代表图象经过小波变换后的行列低频的分量、行低频列高频、行高频列低频、行列高频分量。

* 本文得到广东省自然科学基金(No. 960278)及华南理工大学自然科学基金(No. E1-131-182)

收稿日期: 1997-08-06; 收到修改稿日期: 1997-11-03

LL	HL
LH	HH

图 2 小波变换后不同频率的各分量

小波变换后的图象按 4 个不同块来分别处理：由于 HL 块是行高频列低频分量，因此该块比较明显地表达出竖方向的细节信息，而对横方向的细节信息不敏感，故可以用笔划跟踪的方法从 HL 分量中提取汉字的竖方向分量，跟踪时从顶部扫描到底部。当扫描到一个绝对值大于门限值且没有被跟踪过的点 p 时，开始一个竖方向笔划段的跟踪。跟踪算法采取 3×3 窗口，如图 3(a)， p 点为当前点，跟踪点为 $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ 。判断 n_1, n_2, n_3 中是否存在绝对值大于门限值的点。若有，则标志 p 点已被跟踪，同时取绝对值最大的点作为该笔段的下接点，将 p 点下移到该点；若无，则判断 n_4, n_5, n_6 中是否存在绝对值大于门限值的点，如有则取绝对值最大的点为该笔段的下接点，将 p 点下移到该点；否则结束该笔划段的跟踪。重复以上步骤，直到该笔划段跟踪完毕。同理，LH 块可以明显地看出横方向的图象细节信息，可用来提取横方向笔划。如图 3(b)， p 点为当前点，则跟踪点为 $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ 。HH 块在横竖方向都为高频分量，因此对于对角线信息很敏感，对于汉字图象来说，就是撇笔划方向和捺笔划方向。可从 HH 块中提取撇、捺笔划，跟踪点分别如图 3(c)、(d) 所示。

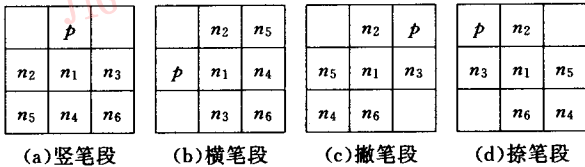


图 3 4 种笔段提取时跟踪点

图 4 给出了小波变换进行汉字方向分解的几个



(a)为原始汉字图象,(b)为细化后的汉字,(c)为提取到的横方向分量,(d)~(f)分别为竖、撇、捺分量

图 4 汉字子波分解的示例

示例。从图中我们看到一个汉字经过小波分解后，基本上将其 4 种笔划反应了出来。

3 弹性网格技术^[3]

网格是一组假想的网线对汉字图象的区域划分，如图 5 所示，图中水平和垂直方向分别用 7 条网线对汉字进行划分，从而将该汉字图象分为 $8 \times 8 = 64$ 个小区，每一个区域称为一个网格。由于图中网线是在垂直方向和水平方向均匀分布的，这样所得到的网格我们称之为固定网格。

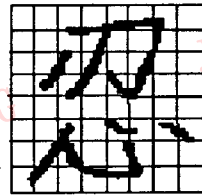
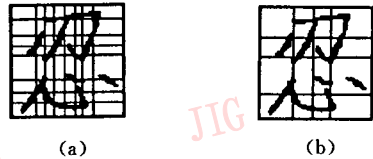


图 5 8×8 的固定网格

如果根据汉字图象的笔划分布用非均匀的网线划分汉字得到的网格，就是非均匀网格，我们又称之为弹性网格。通常，弹性网线是根据汉字图象在水平、垂直 2 个方向上的直方图投影来确定的，对直方图的均匀等分实际上就是对汉字图象的非均匀等分。如图 6 所示。

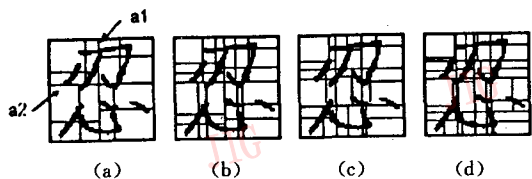


(a)水平、垂直方向 7 条非均匀网线两两相交，将汉字图象划分为 $8 \times 8 = 64$ 个面积不同的弹性网格；(b)为 44 的弹性网格

图 6

采用非均匀网线一般能容忍的不同书写风格所引起的笔划位置不稳定、局部字形变形等，在手写体汉字识别中一般采用弹性网格效果会较好。

上面谈到的都是从汉字整体上来考虑而确定的网格，我们统称其为全局网格。如果先对一个汉字图象构造全局网格将汉字划分为子图象 $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n$ ，然后再对每个子图象 Ω_i 进行一次网格划分，这样得到的网格称为局部网格。图 7 给出了几种局部弹性网格的构造示意图。我们在实验中发现局部网格一般比全局网格的性能好^[3]，因此在本文的实验中我们采用了局部网格来进行汉字的区域划分。



(a), a1, a2 2 条网线先将汉字划分为 4 个区域, 然后在每个区域中用 2 条网线又将其进一步划分为 4 个子区域, 这样总共得到 16 个网格区域, 称之为 4×4 局部弹性网格。(b)49 网格;(c)94 网格;(d)164 网格;

图 7

对手写体汉字进行弹性网格的划分实际上是对汉字图象进行的一种非线性变换, 不同书写风格的汉字根据其汉字笔划分布所进行的变换是不同的, 而这种非线性变换试图将同类型的不同书写风格的汉字图象变换到相同概率分布的网格上, 从而能有效地将手写体汉字的共同的特征反映出来。

4 弹性网格子波分解特性的提取

我们用 $f(x, y)$ 来表示一个汉字二值图象, 有:

$$f(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{点}(x, y) \text{ 为黑像素点} \\ 0, & \text{点}(x, y) \text{ 为白像素点} \end{cases} \quad (1)$$

在汉字未分解之前, 首先对汉字图象按照上一节所述的方法进行网格构造, 假设得到的网格为 $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n$, 然后将汉字进行四方向分解后, 我们用 $f_H(x, y)$ 表示分解后“横”方向的汉字子图象, 则横方向的第 i 个网格内的特性由下列各式给出:

$$m_H^i = \frac{\iint_{\Omega_i} f_H(x, y) dx dy}{\iint f(x, y) dx dy} \quad (2)$$

式中, $i=1, 2, \dots, n, n$ 为网格的数目, 其它几个方

向的特征同理定义。“横、竖、撇、捺”四方向的特征组合在一起, 构成一个汉字完整的特征矢量。

5 识别实验

实验数据为国标一级字库 25、26 区的 188 个汉字, 每个汉字我们收集了 50 个不同的手写样本, 其中 40 样本用于训练一个最小距离 Bayes 分类器^[8], 其余 10 样本用于测试。图 8 给出了部分手写体汉字样本。

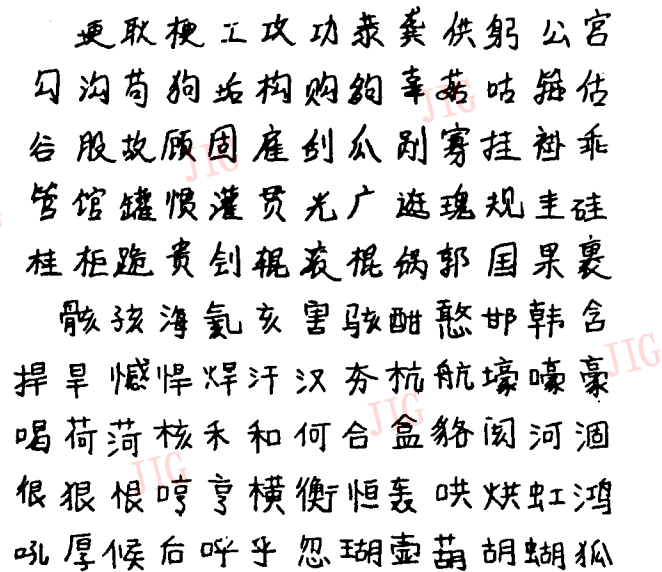


图 8 国标 25 区、26 区的部分手写体汉字样本

我们使用了 4×9 的局部弹性网格来进行汉字的特征提取, 特征维数为 144, 对 25、26 区汉字的进行实验的识别结果如表 1 所示:

表 1 对国标一级字库 25、26 区的识别结果

分解策略	识别率		候选 4 字识别率		候选 8 字识别率	
	训练样本	测试样本	训练样本	测试样本	训练样本	测试样本
子波分解	95.84%	94.63%	98.91%	98.83%	99.36%	99.15%
不进行分解	59.66%	54.20%	80.46%	77.29%	87.38%	85.11%

从表 1 我们看到, 不进行分解提取的特征识别率是很低的, 而进行分解后识别率改进十分大, 说明对汉字进行分解能更有效地提取特征, 也说明利用子波变换来进行汉字的分解是比较合理的。从表中还看到候选 8 字时, 得到了较高的识别率, 显示出该特征提取方法也可以用来对手写体汉字进行较好的预分类处理。

6 结 论

本文提出了一种基于汉字小波分解和弹性网格技术的手写体汉字特征提取的新方法, 实验结果表明该方法是十分有效的。

参考文献

- 1 Shunji Mori, Suen C Y, Kazuhiko Yamamoto. Historical Review of OCR Research and development. *Proceedings of the IEEE*, 1992, 80(7): 1029~1058.
- 2 Trier I D, Jain A K, Taxt T. Feature extraction methods for character recognition - a survey. *Pattern Recognition*, 1996, 29(4): 641~662.
- 3 金连文. 手写体汉字识别的研究[博士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 1996.
- 4 Li Tze Fen, Yu hiaw Shian. Handprinted Chinese Character Recognition Using The Probability Distribution Feature. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 1994, 8, (5): 1241~1258.
- 5 张青, 尹俊勋. 小波变换在手写体汉字识别中的应用. *电路与系统学报*, 1996, (3): 63~67.
- 6 Tang Y Y, Tu L T, Li T, et al. Chinese Character Recognition with Stroke Features and Tree-structured Neural Network. *Computer Processing of Chinese and Oriental Languages*, 1994, 8(2): 17~36.
- 7 Mitsuru Ohkura, Yasuhiro Shimada, Mitsuru Shiono, et al. On Discrimination of Handwritten Similar Kanji Characters. in *Proceedings of Third International Conference on Document Analysis and Recognition*, Canada, 1993, 589~592.
- 8 李金宗. 模式识别导论. 北京: 高等教育出版社, 1994.



金连文 1968年生, 1991年毕业于中国科技大学无线电系获学士学位, 1996于华南理工大学电子与通信工程系获博士学位, 现为华南理工大学电子与通信工程系讲师, 主要研究领域有: 模式识别, 中文信息处理、图象处理等。

彭秀兰 华南理工大学电子与通信工程系硕士研究生。

尹俊勋 华南理工大学电子与通信工程系教授, 主要研究方向有通信理论、信号处理、模式识别等。

A New Feature Extraction Approach to Handwritten Chinese Character Based on Wavelet Transform and Elastic Meshing Techniques

Jin Lianwen, Peng Xiulan, Yin Junxun

(Dept. of EE & Comm. Eng., South China Univ. of Tech., Guangzhou 510641)

Abstract In this paper, we propose a new feature extraction method for handwritten Chinese character recognition. A Chinese character image is decomposed into four directional sub-images based on the analysis of its wavelet transform. With elastic meshing technique, features are extracted from the four sub-images respectively. Experimental results show that the proposed approach is very effective.

Keywords Wavelet transform, Handwritten Chinese character recognition, Feature extraction, Elastic meshes