

利用端点方向修复数字笔划的一种方法

刘鸿雁** 李琦 杨东伟

(鞍山钢铁学院 辽宁鞍山 114002)

【摘要】针对图像识别中数字笔划断裂而造成特征提取困难的情况，提出一种利用耦合端点修复笔划断裂的方法。以机动车牌照图像为例，从图像预处理、端点抽取、耦合端点判别、笔划修复等步骤分步进行了论述，给出了仿真实验结果，并对修复前后的数字图像进行了比较。

关键词 字符识别；特征提取；耦合端点；笔划修复

中图分类号 TP391.41

字符识别是模式识别技术在光学字符识别(OCR)领域中的一个重要分支，近年来，因其在商业、邮政、办公自动化等方面的广泛应用而日益受到人们的重视。字符识别分为字母(中文、英文、日文等)识别和数字识别^[1]。其中数字识别方法除统计、句法结构、神经网络外^[2]，通常还利用阿拉伯数字(0~9)本身具有数目较少、笔划比较规整的优点，采用边沿检测与特征提取相结合的方法^[3]。特征提取法的实现过程是先按照汉字的横、竖、撇、捺四种基本笔划，将每个数字分解为由基本笔划组成的结构模型，建立一个小型数字知识库^[4,5]，然后根据待识别数字的特征对知识库进行匹配，便可得到识别结果。

特征提取法适用于黑白图像，对于彩色原始图像，常采用阈值法将其转化为黑白图像后再进行处理^[6]。但若阈值选取不当，则很可能产生笔划断裂、融合现象，此时需要进行笔划修复。本文在黑白图像的基础上，以机动车牌照图像中的数字为例，讨论了一种利用端点方向修复断裂数字笔划的方法。

1 实现过程

利用端点方向修复断裂笔划主要分为图像预处理，端点抽取和笔划修复三个步骤。

1.1 图像预处理

预处理的主要目的是去除图像中的噪声信号。在机动车牌照原始彩色图像到黑白图像的转化中，图像上的泥点等形成的噪声信号将被滤掉^[7]。而牌照自身的左右、上下边框仍然将保留在黑白图像上，如果不加以处理，将随着字符分割过程被带到每一个字符的数字图像中，给后期的特征提取带来困难。通过对图像的观察与分析可知，这些噪声出现在图像上下、左右的前几行(列)上，呈现很长的白条状(这里数字图像是黑底白字，大小 $m \times n$)，而且与数字在上下、左右方向有一定的间隔。本文利用下面的两个计算式分别统计前 a 行、 $m-a$ 行、 b 列、 $n-b$ 列“1”的个数

$$\begin{aligned} \text{sum}_i &= \sum_{j=1}^n x_{i,j} \\ \text{sum}_j &= \sum_{i=1}^m x_{i,j} \end{aligned}$$

式中 前 i 行为 $i=1,2,\dots,a$ ，后 i 行为 $i=m-a, m-a+1,\dots,m$ ；前 j 列为 $j=1,2,\dots,b$ ，后 j 列为 $j=n-b, n-b+1,\dots,n$ 。如果 $\text{sum}_i > a$ ，同时 $\text{sum}_i < b$ （一般 $a < 5$ ， $b < 10$ ），则可以认为前 i 行存在噪声，将前 i 行全部清“0”，列的处理方法与行的处理方法相同。噪声处理后，图像尺寸变小，缩短了图像识别的时间。

1.2 端点的抽取

经过预处理后，可以得到一幅较清晰的图像。在笔划修复之前，要抽取端点。设 C 为被判断点， $p(k)$ 是 C 的 8 邻域中的任意点， $p(k)$ 的分布图如图 1 所示，其中 $p(8)=p(0)$ 。端点判断条件定义如下：按式(1)计算 C 点的 pn 值，计算 pn 的示意图如图 2 所示，图中的 * 为笔划上的点

$$pn = \sum_{k=0}^7 |p(k+1) - p(k)| \tag{1}$$

根据式(1)的计算结果

$$\begin{cases} \text{当 } pn = 2, \text{ 且 } \sum_{k=0}^7 p(k) = 4, \text{ 则 } C \text{ 为端点} \\ \text{当 } pn \neq 2, \text{ 或 } \sum_{k=0}^7 p(k) > 4, \text{ 则 } C \text{ 为一般点} \end{cases}$$

按照汉字书写规范的要求，牌照图像中数字的横、竖基本符合 Freeman 编码中 $0^\circ, 180^\circ, 90^\circ, 270^\circ$ 四个方向的要求，但是撇、捺的书写规范并不完全符合另外四个方向的要求。在分析了所有数字的多幅图像之后，一方面对每幅数字图像进行了图像拉伸，使其大小由原来的长方形变成正方形；另一方面对 Freeman 编码的每一个方向进行了扩展，每一个方向都有三种情况，图 3、4 分别给出 $0^\circ, 45^\circ$ 两个方向常出现的几种情况，其余方向的定义相似。

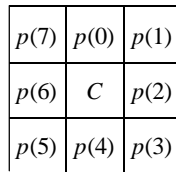


图 1 C 点 $p(k)$ 分布示意图

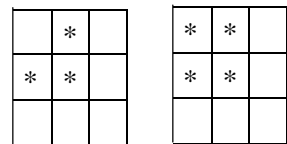


图 2 pn 的计算示意图

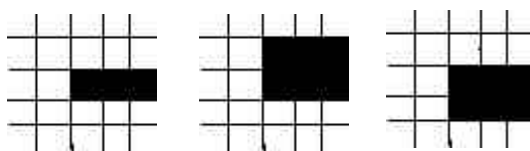


图 3 0° 方向的情况

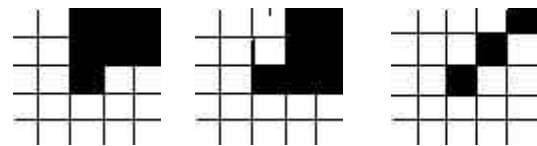


图 4 45° 方向的情况

通过对牌照数字图像的观察可知，当笔划出现断裂时，它的断裂两端可以认为是两个特殊的端点，称其为耦合端点。对于一般的端点，沿着其方向搜索，在一定范围内不会遇到另外为“1”的点，而对于耦合端点，由于它们成对出现，方向互补，距离较近，因此从一点出发沿着该点方向必然会遇到各自的耦合端点，利用此原理，可完成笔划修复。

1.3 笔划修复

根据式(1)，计算图像中所有点的 pn 值，判断出图像中的端点，并对全部端点进行以下处理：

1) 设置初始记数 $num=0$ ，修复标志 $flag=0$ ，沿着其中一个端点 $x_{i,j}$ 的方向 dir 搜索(以 $dir=45^\circ$ 为例)。值得注意的是：根据上述方向的定义， 45° 方向有三种定义，可以选择沿着其中一个方向进行修复笔划，在实际处理中，可对三个方向同时处理；

2) 如果 $x_{i+1,j+1} = 0$ ，则 $x_{i+1,j+1} = 1$ ，转向 3)，否则说明 $x_{i,j}$ 与它的耦合端点 $x_{i+1,j-1}$ 连接上，标志 $flag=1$ ，转到 4)；

3) 累计搜索次数 $num=num+1$ ，如果 $num < num_{max}$ (这里 $num_{max}=4$)，则 $i=i+1, j=j-1$ ，返回 2)，否则进行下一步；

4) 如果 $flag=1$, 说明 $x_{i,j}$ 是耦合端点, 同时已经找到它的耦合端点 $x_{i+num,j-num}$, 修复成功, 沿着 $dir=45^\circ$, 将搜索路径上的其余点置1, 保存到原来的图像中, 否则说明 $x_{i,j}$ 是一般端点, 在该点位置没有发生笔划断裂情况, 上述处理结果不保存到原来图像中;

5) 用另一个端点 $x_{p,q}$ ($p \neq i, q \neq j$, and $p \neq i+num, q \neq j-num$)作为新的初始点, 返回1)。

2 仿真实验结果

在Matlab5.1的环境下, 用文中提出的方法对200幅不同断裂位置的数字图像进行修复, 断裂笔划的修复率见表1。数字1、7的图像质量较好, 断裂程度轻微, 2、3、4、5、6、9局部位置容易发生断裂, 这两类图像的修复率较令人满意, 而8、0由于断裂间隔大, 修复率不理想。图5、6分别是数字2笔划修复前后图, 图7是数字8的图像, 由于断裂大, 无法利用端点方法修复, 此时需要与模板匹配法结合, 最终得到识别结果。

表1 数字修复率

数字	修复率/(%)	数字	修复率/(%)	数字	修复率/(%)	数字	修复率/(%)
0	91.0	1	99.0	2	96.5	3	95
4	95.5	5	95.0	6	96.5	7	98
8	89.0	9	96.5				

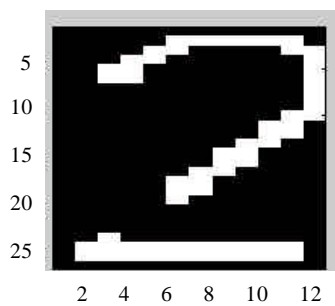


图5 数字2的原始图

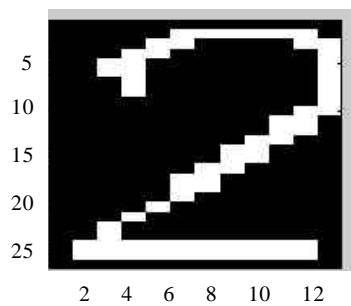


图6 数字2的修复图

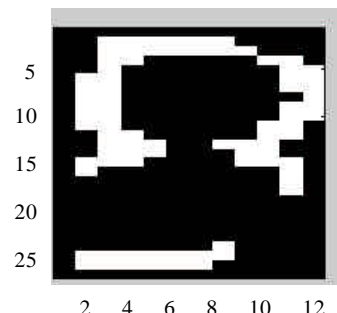


图7 数字8的断裂图

3 结束语

本文讨论了一种利用端点方向修复笔划断裂的方法, 简单、快速。边框噪声的处理缩小了图像尺寸, 减少了图像处理时间。通过对数字图像方向常常出现的几种情况分析, 扩展了Freeman编码方向, 利用端点方向搜索耦合端点修复断裂的笔划。对于断裂较大的笔划, 结合模板匹配法对其进行修复处理。该方法与特征提取法有效地结合使用, 能够更好地提高数字图像识别率。

参考文献

- 1 Kirmura, Shridhar M. Handwritten numerical recognition based on multiple algorithms. Pattern Recognition, 1991, 24: 969~983
- 2 Hussain Basit, Kabuka M R. A novel feather recognition neural net-work and its application to character recognition. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine. Intell, 1994, (16):98~106
- 3 Zhao Zhiqin, Wang Jianguo, Huang Shunji. Research on edge detection of SAR image. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2000, 29(3):225~228[赵志钦, 王建国, 黄顺吉. SAR图像的边沿检测方法研究. 电子科技大学学报, 2000, 29(3):225~228]

4. Mahmoud Sabri A. Arable character recognition using Fourier descriptors and character contour encoding. *Pattern Recognition* 1994, (27): 815~824
- 5 薛炳如, 杨静宇, 胡钟山,等. 小类别数手写汉字识别. *计算机研究与发展*, 2000, 37(4): 483~492
- 6 张新明, 沈兰荪, 沈波 基于特征距离的阈值法及其在眼科图像分割中的应用. *中国图象图形学报*, 2001, 6(2): 157~161
- 7 Yu Bokang, Yu Mei. Adaptive vector filters for impulse noise remoral in color image. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China*, 2000, 29(2):131~135[郁伯康, 郁梅. 彩色图像脉冲噪声的自适应矢量滤波. *电子科技大学学报*. 2000, 29(2): 131~135]

A Method of Repairing Figure Strokes Based On End-point Direction

Liu Hongyan Li Qi Yang Dongwei

(Anshan Institute of Iron and Steel Technology, Liaoning Anshan 114002)

Abstract To deal with the feature extraction difficulty caused by figure stroke break or stroke fusion in image recognition, a method based on coupling end-point direction is put forward to repair the broken stroke. The following steps of image pretreatment, end-point extraction, distinguishing coupling end-point and repairing figure are illustrated taking the number plate image recognition as an application. And the results of simulation experiments are given, before-repaired and after-repaired figures are compared.

Key words figure recognition; feature extraction; coupling end-point; stroke repairing