

# 数显数字字符图像特征提取算法的研究与实现

张庆丰, 岑豫皖, 杜培明

(安徽工业大学, 安徽 马鞍山 243002)

**摘 要:** 由于数显数字字符有其自身特点, 相对于其它类型字符识别存在着新的难点, 针对此类数显数字字符采用将细化后的字符图像看作是一幅连通图, 选择闭合曲线作为其整体特征对十个数字字符进行初次分类, 将笔画端点所处字符图像中四个子区域的位置作为主要的细节特征, 对字符进行识别。测试结果表明该算法是可行、有效的。

**关键词:** 字符分割; 数学形态学; 特征提取; 字符识别

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)11-0039-03

## Study and Realization for Numeral Instrument Image Feature Extraction Method

ZHANG Qing-feng, CEN Yu-wan, DU Pei-ming

(Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China)

**Abstract:** A thinned image is viewed as a graph. In the procession of image recognition of numeral instrument, the author of the paper selects closed curves as integrate features of those character images, makes the sub region where the end of last drawing of numbers locate of the character images as the major specific features, and then recognizes the character of numeral instrument. The experiment results shows that the proposed approach is practical and effective.

**Key words:** character segmentation; mathematical morphology; feature extraction; character recognition

### 0 引 言

仪表的数显数字字符与印刷体数字、手写数字等类型字符有着明显的区别, 它有自身的特点, 例如它是由七个发光数码管组成, 相邻各段首尾端之间存在着缝隙, 而且大多数字符是向右倾斜。此外在某些现场污染较为恶劣的环境中采集的图像中存在着污物和反光等干扰, 这些因素都使得对它识别增加了许多不同于其他类型字符识别的新困难。

文中介绍了针对这类字符的特征提取算法, 利用数学形态学方法进行处理, 再利用闭合曲线特征和字符笔画的端点所处字符图像中四个子区域的位置作为字符细节特征进行识别。

### 1 数显字符图像的预处理

这里所涉及的数显字符图像主要是从企业现场采集的仪表图像通过前期定位工作后得到的字符串区

域, 因此对字符串区域图像的预处理工作由以下 3 步组成:

(1) 对数码管显示的字符彩色图像进行灰度化, 把彩色图像变为 256 色的灰度图。

(2) 由于图像往往是从较为恶劣的环境中采集得来的, 图像中存在着大量颗粒噪声, 这是由于长期灰尘在水汽和振动中聚积形成的。同时图像中还存在着高斯噪声, 针对这一问题单纯的使用中值滤波或均值滤波难以同时去除这种混合噪声, 这里采用了一种改进的均值滤波算法 Modified Trimmed Mean (MTM)<sup>[1]</sup>, 该方法较之传统的平滑算法效果更加明显。

(3) 二值化图像。由于现场的环境的复杂, 往往图像上存在着阴影、光照步均匀以及各处的对比度不同等情况, 所以在对图像二值化时采用水线阈值算法<sup>[2]</sup>, 这是一种特殊的自适应迭代阈值分割算法。

### 2 字符串分割

为了后续的识别, 还需将字符串分割。字符分割是指从背景中将单个有意义的字符提取出来。字符分割方法很多, 文中采用水平、垂直分割的方法, 分割原理基于字符间存在一个灰度值为 255 的区域这一特

收稿日期: 2007-01-29

基金项目: 安徽省高等学校自然基金项目(2005KJ075)

作者简介: 张庆丰(1974-), 男, 安徽马鞍山人, 硕士, 讲师, 从事计算机数字图像处理与模式识别的研究; 岑豫皖, 教授, 研究方向为远程故障检测、数字图像处理。

征,通过在水平、垂直方向的投影找出各个字符的坐标。字符分割时字符“1”和小数点是比较特殊的。“1”的宽度很窄,字符分割处理时遇到此情况还需要对它与其他字符宽度进行判断,确定后,把其他字符的宽度给它,为的是后续有效的字符特征提取。小数点识别的工作在预处理之后字符串分割之前进行,利用先验知识,通过阈值判断定位,文中重点介绍数显数字字符特征提取算法。

### 3 数学形态学处理

数学形态学<sup>[3]</sup>是分析几何形状和结构的数学方法,是建立在集合代数基础上,用集合论方法定量描述几何结构的科学,它的应用几乎覆盖了图像处理的各个领域,包括抑制噪声、特征提取、边缘检测、图像分割、文字识别、图像编码压缩等图像处理问题。其基本思想是利用一个称为结构元素的探针来收集图像的信息。当探针在图像中不断移动时,不仅可根据图像各个部分间的相互关系来了解图像的结构特征,而且利用数学形态学基本运算还可以构造出许多非常有效的图像处理与分析方法,其最基本的形态学运算符是腐蚀、膨胀、开和闭。

为有效地提取出字符特征,文中采用了数学形态学中的膨胀和细化两种算法来进行处理。

#### 3.1 字符图像膨胀

膨胀运算在数学形态学中的作用是把图像周围的背景点合并到物体中。如果两个物体间距比较近,那么膨胀运算会使这两个物体连通在一起。定义<sup>[4]</sup>:

$$A \oplus B = \{z \mid (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (1)$$

其中:设  $A$  和  $B$  是  $z^2$  中的集合, $A$  被  $B$  膨胀。由于数显字符由七段组成,各段首尾端之间都可能存在间隙,本算法对字符二值图像从全方向进行膨胀,快速有效地使相邻段连通在一起。

#### 3.2 字符图像细化

求一图像骨架的过程被称为对图像细化的过程,其定义<sup>[4]</sup>为:

$$A \otimes B = A - (A \otimes B) = A \cap (A \otimes B)^c \quad (2)$$

其中: $A \otimes B$  表示集合  $A$  使用结构元素  $B$  进行细化。

为了突出字符的形状特征,使用细化算法保留字符的骨架,减少字符冗余信息量,这样使得字符的特征被有效地提取。

### 4 字符特征提取

字符识别的一个关键的问题就是如何提取字符的特征,这是得到高性能识别系统的关键。在目前的研

究与应用领域中特征提取的方法很多,但各有优缺点,笔者在充分考虑数显字符特点的基础上利用文献[5]提出的闭合曲线快速检测字符进行初次分类,然后把字符区域平均分为四个子区域(如图1所示),再利用字符笔画的端点所处字符图像子区域位置作为字符细节特征进行识别。



图1 字符四个子区域示意图

#### 4.1 点特征的提取

设图像前景像素点的值为1,背景像素点的值为0,则用下列公式<sup>[6]</sup>可确定字符细化图中顶点的类型。

如图2所示, $n_i$ 为像素  $M$  周围8邻域中的像素值, $z$ 为相邻两元素值之差的绝对值之和,用下列各式逐个计算细化图中与各前景像素  $M$  对应的  $z$  值:

$$z = \sum_{i=0}^7 |n_{i+1} - n_i| \quad (3)$$

其中, $n_8 = n_0$ 时, $z = 2$ , $M$ 是端点; $z = 6$ , $M$ 是三叉点; $z = 8$ , $M$ 是四叉点。

$n_3$	$n_2$	$n_1$
$n_4$	$M$	$n_0$
$n_5$	$n_6$	$n_7$

图2 前景像素  $M$  的8邻域

#### 4.2 闭合曲线的检测

由于数字字符本身是由笔画连接或交叉而成,因此细化后得到的图像可以看作是一幅连通图。利用文献[7]给出两条定理:

$$\text{定理1 (Euler 定理)} \quad \sum_{v \in V(G)} d(v) = 2\epsilon \quad (4)$$

定理2 设  $G$  是连通图,则  $G$  中有闭合曲线的充要条件是  $\epsilon \geq v$ ,且当  $\epsilon = v$  时, $G$  中有且只有一条闭合曲线,当  $\epsilon > v$  时, $G$  中必有多条闭合曲线。

其中:设  $V(G)$  为图  $G$  中顶点的集合, $v$  为  $G$  中顶点的个数, $\epsilon$  为  $G$  中边的条数, $d(v)$  为顶点  $v$  的度数,如果以端点、三叉点和四叉点做为连通图的顶点,那么显然,其顶点度数分别与它们的连通分量数相同,即分别为1,3和4。

图像中是否存在闭合曲线的检测方法如下:

a. 在细化图中抽取端点、三叉点和四叉点,分别记录其个数  $n_1$ ,  $n_2$  和  $n_3$ ;

b. 用 Euler 公式计算出图中的边数  $\epsilon = (n_1 + 3n_2 + 4n_3)/2$ ,顶点数  $v = n_1 + n_2 + n_3$ ;

c. 若  $\epsilon > v$ ,则图中有2条以上闭合曲线存在,若  $\epsilon$

$=v$ , 则图中有且只有 1 条有闭合曲线, 若  $\epsilon < v$ , 则图中没有闭合曲线存在。

## 5 实验结果

在 WindowsXP 操作系统和 Visual C++ .NET 编程开发环境下编程对采集的 1600 个数显数字字符进行识别实验。第一步对字符串区域图像进行预处理; 第二步首先利用数学形态学膨胀算子对字符图像从全方向上进行处理, 目的是使字符相邻各段首尾端连通形成连通图, 其后对字符图像进行细化处理, 提取出字符的“骨骼”, 为提取字符特征做好准备; 第三步进行字符识别。首先利用闭合曲线的数目对十个数字字符进行初次分类, 2 条闭合曲线的字符为“8”, 1 条闭合曲线的字

符为“0”、“6”和“9”, 0 条闭合曲线的字符为“1”、“2”、“3”、“4”、“5”和“7”。然后利用三叉点和各个字符笔画端点所处字符图像四个子区域位置的区别来实现字符识别。扫描图像从左向右, 从上向下。图 3 为字符识别流程图。

实验结果为识别率达到 97.5%, 如图 4 所示。误识别的原因主要是现场的污染严重, 噪声处理困难, 造成细化后的字符笔画出现断笔或毛刺, 这方面在以后的研究过程中有待进一步完善。

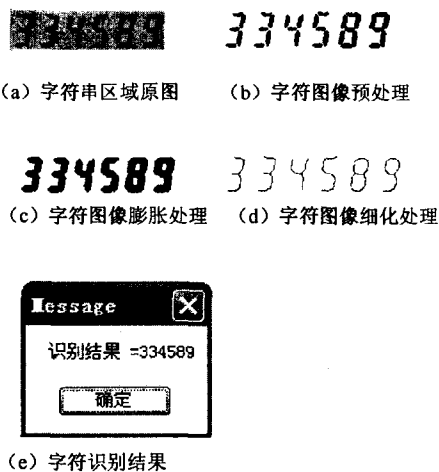


图 4 字符识别实验结果

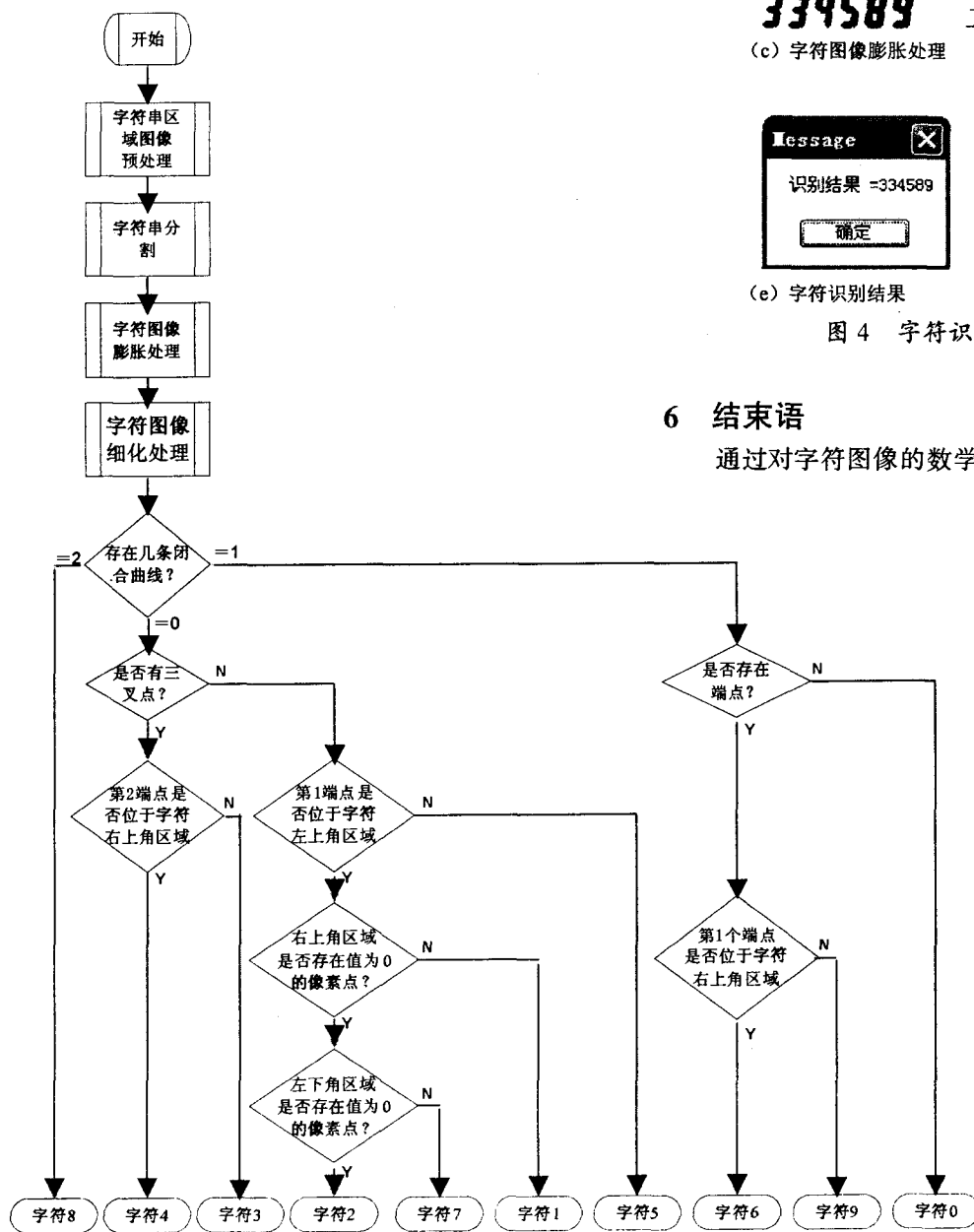


图 3 字符识别流程图

## 6 结束语

通过对字符图像的数学形态学处理, 把字符图像

转变成连通图, 应用闭合曲线对数显数字字符进行初次分类, 然后再用笔画端点所处字符图像子区域的位置作为字符细节特征对字符进行最终识别, 这样处理使得计算数据量大幅减小, 识别速度快。而且使用字符图像中的闭合曲线和字符笔画端点所处字符图像四个子区域位置来作为字符特征在数显数字字符识别中的应用对其他印刷体字符、集装箱号、身份证号码的识别以及带钢表面缺陷

(下转第 45 页)

为时间段,纵坐标为网络流量。与实际流量数据进行比较,可以看出整个预测流量在变化趋势、变化快慢和分散程度上都较好地反映了网络实际流量。因此,小波分析对自相似网络流量的预测性能是比较好的。近年来也不断有学者结合小波技术对网络流量进行建模预测,都取得了不错的预测效果<sup>[8,9]</sup>。

#### 4 结束语

网络流量的自相似性决定了网络的行为特征,只有基于网络重要特征—自相似的建模才能准确描述网络实际情况。文中对主要的自相似网络模型预测方法进行了分析和总结,并应用多分形小波模型对网络流量进行了验证和预测,表明实际网络流量确实具有自相似性。

网络流量行为随着时间和地域的不同会呈现出很大的变化,因此想提供一种针对网络流量的通用化预测模型是很困难的。今后的流量预测会考虑实际网络流量存在的长、短相关性,根据不同网络分量的特点分别选用合适的方法进行预测,然后合成得到网络预测流量。

近几年,有研究人员也将自相似流量和混沌理论、模糊理论和神经网络理论结合起来研究网络的行为特性,这些新理论的引入都将对流量预测产生重要的影响。

(上接第 38 页)

部分仍有待提高。另外对搜索的结果可以进行优化、分类,双管齐下,能最大限度地提高引擎效率,体现个性化服务的特点。

#### 参考文献:

- [1] 陈笑辉,范晓红. 搜索引擎的分类体系及性能评价[J]. 中国信息导报,1999(7):18-20.
- [2] 朱俊卿. 搜索引擎 google 研究[J]. 现代图书情报技术,2001

(上接第 41 页)

的识别都有着很好的借鉴作用。

#### 参考文献:

- [1] Lee Y H, Kassam S A. Generalized median filtering and related nonlinear filtering techniques[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, Signal Processing, 1985, 33(3):672-683.
- [2] 胡小峰,赵 辉. Visual C++ + MATLAB 图像处理与识别实用案例精选[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [3] 求是科技. Visual C++ + 数字图像处理典型算法及实现

#### 参考文献:

- [1] Leland W E, Taqqu M S, Willinger W, et al. On the Self-similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version)[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1994, 2(1):1-15.
- [2] Paxson V, Floyd S. Wide-area traffic: the failure of Poisson modeling[J]. IEEE/ACM Transaction on Networking, 1995, 3(3):226-244.
- [3] Crovella M, Bestavros A. Self-similarity in World Wide Web traffic: evidence and possible causes[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1997, 5(6):160-169.
- [4] 赵佳宁,李忠诚. 基于模拟的网络流量自相似现象分析[J]. 计算机科学,2001,28(11):57-61.
- [5] Willinger W, Taqqu M S, Sherman R, et al. Self-similarity through high-variability: statistical analysis Ethernet LAN traffic at the source level[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1997, 5(1):71-86.
- [6] Norros I. On the Use of Fractional Brownian Motion in the Theory of Connectionless Traffic[J]. IEEE JSAC, 1995, 13(6):953-962.
- [7] Riedi R H, Crouse M S, Ribeiro V J. A multiscale wavelet model with application to network traffic[J]. IEEE Trans. on Info. Theory, 1999, 45(3):992-1018.
- [8] 李 捷,刘瑞新,刘先省,等. 一种基于混合模型的实时网络流量预测算法[J]. 计算机研究与发展,2006,43(5):806-812.
- [9] 洪 飞,吴志美. 基于小波的多尺度网络流量预测模型[J]. 计算机学报,2006,29(1):166-170.

(4):34-36.

- [3] 武助宇. 中文搜索引擎的发展现状、问题与对策[D]. 湘潭:湘潭大学,2002.
- [4] 王开铸. 自然语言理解[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1996.
- [5] 姚天顺. 自然语言理解,一种让机器懂得人类语言的研究[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [6] 袁占亭,张爱民,张秋余. 基于概念的 Web 信息检索[J]. 计算机工程与应用,2003(36):173-175.

[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.

- [4] Gonzalez R C, Woods R M. Digital Image Processing[M]. 2nd ed. 北京:电子工业出版社,2002.
- [5] Liu Ji-lin, Song Hong-tao, Ding Li-ya. Vehicle License Plate Recognition System with High Performance[J]. 自动化学报,2003,29(3):457-465.
- [6] 夏 勇,田 捷,邓 翔. 一种高效的自适应指纹图像压缩算法[J]. 计算机学报,1999,22(5):525-528.
- [7] 王树禾. 图论及其算法[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1990.