

一种新的货运列车车号分割算法

牛智慧,赵歆波,葛莉

(西北工业大学 计算机学院,陕西 西安 710129)

摘要:在对现有的货运列车车号分割算法及相关字符分割算法对比研究的基础上,文中提出并实现了一种新的货运列车车号分割算法。根据上下轮廓特征初步确定车号字符串图像的候选分割位置,然后根据字符尺寸比例和数字的弧特征,对断裂字符进行合并和对粘连字符进行再分割。该方法巧妙地避免了传统的投影分析分割法中处理粘连字符的难题,也避免了噪声对连通域的影响。与传统方法相比,具有较好的鲁棒性,达到了较高的精度和运行效率,为整个车号识别系统的精确性和稳定性提供了保障。

关键词:车号分割;轮廓特征;弧特征;粘连字符

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)08-0018-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.08.005

A New License Plate Segmentation Algorithm of Freight Train

NIU Zhi-hui, ZHAO Xin-bo, GE Li

(College of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Through the comparative research of the existing segmentation algorithms of license plate and the related segmentation algorithms, a new segmentation algorithm of license plate of the freight train is proposed and implemented. According to the upper and lower contours of the license plate numbers, the algorithm yields a list of candidate segmentation locations, then merges the break characters and re-segments the touching characters depending on the character size ratio and arc features of numbers. This method neatly avoids the nightmare of segmentation of the touching characters in the traditional projection analysis, and also avoids the impact of noise on the connected fields. Compared with traditional methods, this method has better robustness, achieving a higher accuracy and efficiency and providing a guarantee of accuracy and stability of license plate recognition system.

Key words: license plate segmentation; contours feature; arc features; touching characters

0 引言

车号字符分割是车号识别系统^[1-2]中的关键技术,车号字符分割的正确与否将直接决定后面识别结果的正确率。针对字符分割问题,国内外的研究者们做出了许多努力^[3];Fujisawa 等人^[4]提出用连通域再结合先验知识的方法来分割字符;Fenrich 和 Krishnamoorthy^[5]引入了投影分析法;Chen 和 Wang^[6]结合背景和前景分析,利用图像骨架化等方法对字符进行了分割。虽然上述这些方法针对不同的字符类型有各自的优势,但是由于货运列车车号字符不同于一般印刷字符以及手写字符,这些方法往往不能很好地对列车车号字符进行分割,所以有必要根据货运列车车号的特点,对现有的分割方法进行改进或者提出能适应现有货运列车车号分割的新方法。

文中提出并实现了一种新的货运列车车号分割算法,根据上下轮廓特征初步确定车号字符串图像的候选分割位置,然后根据字符尺寸比例和数字的弧特征,对断裂字符进行合并和对粘连字符进行再分割。

1 货运列车车号分割的原理与方法

针对货运列车车号,由于喷号的方法使得同一字符中间存在间断,而两个字符之间又可能有粘连,如图1所示。车号分割中的难点就在于对粘连字符的分割以及对断裂字符的合并。



图1 车号图像

收稿日期:2013-10-23

修回日期:2014-01-24

网络出版时间:2014-05-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61171156);西北工业大学研究生创业种子基金(Z2013138)

作者简介:牛智慧(1989-),男,山西长治人,硕士研究生,研究方向为数字图像处理;赵歆波,博士,教授,研究方向为数字图像处理、视线跟踪。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140524.2150.047.html>

传统的车号分割算法通常先对车号区域图像进行二值化操作,之后分割算法针对二值图像进行分割。连通域标记^[7-8]常常用于字符分割,这种策略追求精确,但是对噪声特别敏感,一个多余的噪声点都可能导致分割的失败。投影分析法^[9]通过统计二值图像每一列前景色像素的个数,通过搜寻和分析极大值和极小值的变化趋势,以此来进行字符分割,这种策略对噪声相对鲁棒,但是却又不够精确。另外,图像骨架化等方法^[10-11]由于计算复杂度过高,很难满足车号识别系统的实时性要求,故不在考虑范围之内。近年来,也有很多算法尝试结合不同的策略来改善分割结果:Chang等^[12]首先提取连通分支,然后用一组操作(删除、合并和分裂)来决定该轮廓是否满足车号字符的结构性约束;高庆吉等^[13]在投影分析法的基础上运用变基准线区域分割法,再结合弧特征对车号字符进行分割。

因为字符图像中粘连和断裂的存在,传统车牌识别系统中用到的投影分析等方法往往很难对列车车号字符进行合理地分割。文中提出并实现了一种新的货运列车车号分割算法。由于适应了货运列车车号字符图像的特点,该方法较传统方法有更好的鲁棒性,为整个车号识别系统的精确性和稳定性提供了保障。

2 预处理

预处理指对得到的列车车号区域图片进行处理,得到字符区域的外接矩形图像^[13]。即尽可能去掉图像中车号字符之外的别的噪声的干扰,使其只包含车号,以此作为该模块的输入。

将上一步得到的车号字符图像的高度归一化(比如高度归一化为28像素)。不同的待分割图像经过这样的归一化之后,待分割字符的宽度范围基本一致(数字1除外),笔画宽度范围也可以确定(作为数字1的宽度)。

对归一化之后的图像再做一些简单的预处理:去掉孤立的噪声点;对图像进行边缘平滑,去掉单像素的肿块和凹槽,以便于后续提取轮廓特征。

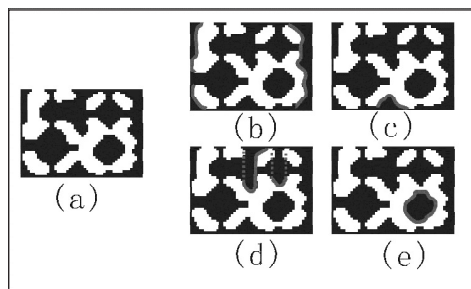
3 根据字符轮廓进行分割

字符轮廓上的任意一点都归属于图2所示的一个区域类型^[14]:开区域、峰区域、谷区域或者洞区域。

根据轮廓曲率的变化,可以找到轮廓上一些标志性的轮廓点。这些点可能属于开区域、峰区域、谷区域或者洞区域。由于列车车号的字体相对于手写字体较为规范,所以这里只需要用到两类轮廓点:峰区域的最高轮廓点和谷区域的最低轮廓点。

为了方便处理,将某些特殊的点也归类为以上两

类轮廓点。对于从二值图像上边界的每一点竖直向下到数字体区域的深度,该深度的极大值处就可以认为是谷区域的最低点;同理,对于从二值图像下边界的每一点竖直向上到数字体区域的深度,该深度的极大值处就可以认为是峰区域的最高点。这样一扩展,有些原本属于开区域或者图像上下边界上的点都可以当作这两类轮廓点。这样一来,就可以避开曲率等复杂运算,而用数字上下边界到数字体区域的深度变化来计算所需的轮廓点。



(a)原图;(b)开区域;(c)峰区域;(d)谷区域;(e)洞区域

图2 区域类型

3.1 预分割

如果有一对点 A 和 B ,它们分别属于峰区域的最高轮廓点和谷区域的最低轮廓点,并且它们的横坐标之差的绝对值不超过阈值 t ,即满足式(1):

$$A \in P \wedge B \in V \wedge |x(A) - x(B)| \leq t \quad (1)$$

那么它们横坐标的均值处作为一个预分割位置seg,见式(2):

$$\text{seg} = \frac{x(A) + x(B)}{2} \quad (2)$$

3.2 再分割

根据前面步骤的预分割处理,得到了一系列候选分割区间 P_1, P_2, \dots, P_N 。

如果子区间 P_i 的长度大于单字符宽度上限,即 $c_i > \text{DGTWINMAX}$,这说明字符出现粘连,需要进行再分割。

既然用峰区域的最高轮廓点和谷区域的最低轮廓点形成的一对点不能将该区间分割开,那么采用其中单个点来对其进行分割。文中优先采用峰区域的最高轮廓点,即以峰区域的最高轮廓点的横坐标直接作为预分割位置。

4 根据数字弧特征对断裂字符进行合并

在车号喷涂字体中,除了1、4、7之外,别的数字字符的上轮廓或者下轮廓都有左右对应的弧特征,利用这种弧特征可以方便地将因竖槽而断裂的字符合并。

本节在文献[10]中提及的“弧特征”概念的基础上,对其计算和应用方法进行了改进,大量的实验证明改进后的算法有更好的效果和更高的效率。

以数字 8 为例。如图 3(a) 所示, 设该区域的上边界为 u , 下边界为 d , 宽度为 c , $\text{sum_}u$ 为上部弧特征判决数, $\text{sum_}d$ 为下部弧特征判决数。

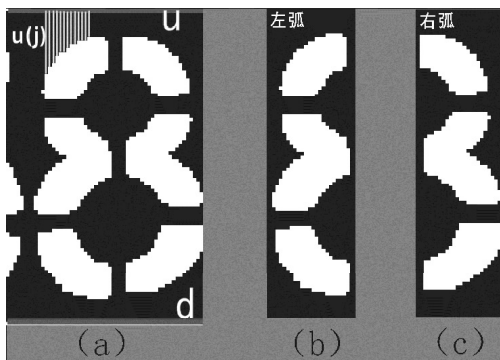


图 3 数字弧特征分析

下面以上部弧特征判决数为例, 来说明其计算方法。

先将上部弧特征判决数 $\text{sum_}u$ 初始化为 0。从图像第一列开始, 循环进行如下操作:

如果 $u(j) - u(j+1) < 0$, 则 $\text{sum_}u$ 减少 1;

如果 $u(j) - u(j+1) > 0$, 则 $\text{sum_}u$ 增加 1;

如果 $u(j) - u(j+1) = 0$, 则 $\text{sum_}u$ 维持原值。

以上各式中, $u(j)$ 是从数字上边界 u 开始, 向下到数字体区域的深度。

同理可以计算出下部弧特征判决数 $\text{sum_}d$ 。

无论是 $\text{sum_}u$ 还是 $\text{sum_}d$, 若弧特征判决数大于零, 说明上边界 u (或下边界 d) 与数字区域之间的非数字区域呈逐渐减少的趋势, 则称其具有左弧特征, 如图 3(b) 所示。反之, 若弧特征判决数小于零, 说明上边界 u (或下边界 d) 与数字区域之间的非数字区域呈逐渐增加的趋势, 则称其具有右弧特征, 如图 3(c) 所示。

4.1 断裂字符的合并

弧特征的用处主要是对断裂的字符进行合并, 若两个子区间 P_j 和 P_{j+1} 满足式(3)~式(5)的条件, 则认为这两个子区间可以合并:

$$c_j < \text{DGTWIDMIN} \quad (3)$$

$$c_{j+1} < \text{DGTWIDMIN} \quad (4)$$

$$\text{sum_}u_j + \text{sum_}d_j > \text{sum_}u_{j+1} + \text{sum_}d_{j+1} \quad (5)$$

其中, c_j 和 c_{j+1} 分别为区间 P_j 和 P_{j+1} 的宽度; DGTWIDMIN 为单数字宽度下限 (数字 1 除外); $\text{sum_}u_j$ 和 $\text{sum_}d_j$ 分别为区间 P_j 图像的上部弧特征判决数和下部弧特征判决数。

以上各式判决规则说明如果两个子区间的宽度都小于单个数字宽度的下限, 两个区间上部或下部弧特征吻合, 即第一个子区间图像有左弧特征, 第二个子区间图像有右弧特征, 那么这两个子区间就可以合并为一个数字。

4.2 数字“1”的特殊处理

根据前面步骤的预分割和合并处理, 得到了一系列候选分割区间 P_1, P_2, \dots, P_N 。

由于数字 1 的宽度小于其他数字, 有必要进行单独处理: 如果区间 P_i 与相邻的候选分割区间 P_{i-1} 和 P_{i+1} 都不满足左右弧合并条件, 并且 P_i 的宽度 c_i 满足式(6) (其中 STKWIDMIN 为最小笔画宽度)。

$$\text{STKWIDMIN} \leq c_i < \text{DGTWIDMIN} \quad (6)$$

该式说明该子区间图像宽度小于一般的单数字宽度下限, 而大于等于笔画宽度下限。可初步断定该子区间图像为数字 1。

5 实验及分析

文中选取了 12 列国铁及自备货运列车的二值化图像进行了字符分割实验, 共 445 列车厢, 共 3 115 个 (445 * 7) 车号字符。这里以车号区域为整体进行分割正确率的统计, 即车号区域中但凡有一个或以上字符分割错误, 则整个区域标记为错误。在图 4 中分别对三种方法的正确率进行了比较, 图 5 中对三种方法的运行时间进行了比较, 最后, 三种方法的分割结果总结在表 1 中。

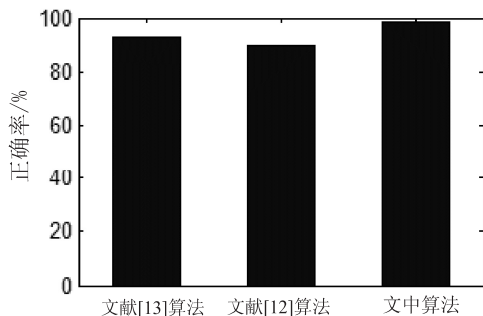


图 4 不同算法的正确率比较

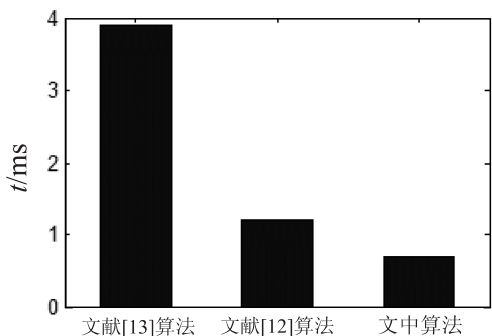


图 5 不同算法的运行效率比较

实验结果说明, 根据文中提出的车号字符上下轮廓特征、字符尺寸比例和改进的数字弧特征等分割策略的数字串分割方法, 分割正确率较传统方法大大提高, 极大地保障了整个车号识别系统的正确识别率。其中, 16 个车号区域分割错误, 错误率仅为 1.8%, 这

是由于这些车号区域里有的字符严重变形或缺失,识别程序已无法将其正确识别,自然无法将其正确分割。另外,由于针对了列车车号字符的特点,在运行效率方面也较传统方法更高,保障了整个车号识别系统的实时性。该方法的有效性可以在相关的图像分割问题中推广。

表 1 不同算法的分割实验结果

分割方法	完全分割 正确的区域	分割正 确率/%	平均每个区域图 片分割耗时/ms
文献[13]算法	414	93.0	3.9
文献[12]算法	399	89.7	1.2
文中采用的方法	437	98.2	0.7

6 结束语

文中提出并实现了一种新的货运列车车号分割算法,通过实验表明该方法较传统方法有更好的鲁棒性,为整个车号识别系统的精确性和稳定性提供了保障。

参考文献:

[1] 耿青云,孙泳江,高明星,等. TMIS 中央系统整体架构概述[J]. 铁路计算机应用,2005,14(7):39-41.

[2] 唐光宇,谭懿滨,梁配义. 图像识别技术在货物列车车号识别中的应用[J]. 铁道运营技术,1999,5(1):11-13.

[3] Ribas F C, Oliveira L S, Britto Jr A S, et al. Handwritten digit segmentation; a comparative study[J]. International Journal on Document Analysis and Recognition,2013,16(2):127-137.

[4] Fujisawa H, Nakano Y, Kurino K. Segmentation methods for character recognition: from segmentation to document structure analysis[J]. Proc of the IEEE,1992,80(7):1079-1092.

[5] Fenrich R, Krishnamoorthy S. Segmenting diverse quality hand

-written digit strings in near real-time[C]//Proceedings of 5th USPS advanced technology conference. [s. l.]:[s. n.], 1990:523-537.

[6] Chen Yikai, Wang Jhing-Fa. Segmentation of single-or multiple-touching handwritten numeral string using background and foreground analysis[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2000,22(11):1304-1317.

[7] 孔 斌. 快速连通域分析算法及其实现[J]. 模式识别与人工智能,2003,16(1):110-115.

[8] 徐正光,鲍东来,张利欣. 基于递归的二值图像连通域像素标记算法[J]. 计算机工程,2006,32(24):186-188.

[9] 迟晓君,孟庆春. 基于投影特征值的车牌字符分割算法[J]. 计算机应用研究,2006,23(7):256-257.

[10] 张云刚,张长水. 利用 Hough 变换和先验知识的车牌字符分割算法[J]. 计算机学报,2004,27(1):130-135.

[11] Lu Z, Chi Z, Siu W, et al. A background-thinning-based approach for separating and recognizing connected handwritten digit strings[J]. Pattern Recognition,1999,32(6):921-933.

[12] Chang S, Chen L, Chung Y, et al. Automatic license plate recognition[J]. IEEE Trans on Intelligent Transportation System, 2004,5(1):42-53.

[13] 高庆吉,王晓华. 对粘连和缺损数字串分割的研究[J]. 模式识别与人工智能,2000,13(1):99-102.

[14] Strathy N W, Suen C Y, Krzyzak A. Segmentation of handwritten digits using contour features[C]//Proc of the second international conference on document analysis and recognition. Tsukuba Science City:IEEE,1993:577-580.

[15] Cheriet M, Huang Y S, Suen C Y. Background region-based algorithm for the segmentation of connected digits[C]//Proc of 11th international conference on pattern recognition. The Hague:IEEE,1992:619-622.

(上接第 17 页)

管控模型分析[J]. 混凝土,2011(3):90-92.

[2] 李党强,李明杰. 关于混凝土企业发展的几点思考[J]. 商品混凝土,2013(5):117-118.

[3] Dikaiakos M D, Katsaros D, Mehra P, et al. Cloud computing: distributed internet computing for IT and scientific research[J]. IEEE Internet Computing,2009,13(5):10-13.

[4] Vaquero L M, Rodero-Merino L, Caceres J, et al. A break in the clouds: towards a cloud definition[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review,2009,9(1):50-55.

[5] Vouk M A. Cloud computing-issues, research and implementations[J]. Journal of Computing and Information Technology, 2008(4):235-246.

[6] 张建成,宋丽华,鹿全礼,等. 云计算方案分析研究[J]. 计算机技术与发展,2012,22(1):165-167.

[7] 张亚明,刘海鸥. 云计算研究综述-基于技术与商业价值双

重视角[J]. 中国科技论坛,2010(8):126-133.

[8] 饶 威,丁坚勇,路庆凯. 智能电网云计算平台构建[J]. 华东电力,2011,39(9):1493-1496.

[9] 张 霖,罗永亮,陶 飞,等. 制造云构建关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(11):2510-2520.

[10] 沈 军,樊 宁. 电信 IDC 云计算应用与安全风险分析[J]. 信息安全与通信保密,2012(11):95-97.

[11] 谢世清. 论云计算及其在金融领域中的应用[J]. 金融与经济,2010(11):9-11.

[12] 张怀南,杨 成. 我国云计算教育应用的研究综述[J]. 中国远程教育,2013(1):20-26.

[13] 李 悦,孙 超,吴 杰. 浅谈基于云计算技术的医疗信息化[J]. 电脑知识与技术,2012,8(3):504-505.

[14] 贺 瑶,王文庆,薛 飞. 基于云计算的海量数据挖掘研究[J]. 计算机技术与发展,2013,23(2):69-72.

一种新的货运列车车号分割算法

作者：[牛智慧](#)，[赵歆波](#)，[葛莉](#)，[NIU Zhi-hui](#)，[ZHAO Xin-bo](#)，[GE Li](#)
作者单位：[西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安, 710129](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2014(8)

引用本文格式：[牛智慧](#), [赵歆波](#), [葛莉](#), [NIU Zhi-hui](#), [ZHAO Xin-bo](#), [GE Li](#) 一种新的货运列车车号分割算法[期刊论文]
]-[计算机技术与发展](#) 2014(8)