

数字图像处理在道路交通数据 采集中的应用研究

李 宁¹ 陈 彬²

(1 上海师范大学机械与电子工程学院, 上海市桂林路 100 号, 201418)

(2 奈维特科技有限公司, 上海市漕溪北路 88 号, 200030)

摘 要: 主要研究数字图像处理技术在 MDCS 中对于交通标志信息自动识别的应用, 通过多级图像提取和多种特征识别和匹配算法, 提高交通标志识别的准确率, 从而大大提高交通标志数据的采集和更新周期。

关键词: 移动数据采集系统; 影像特征提取; RGB 模型; C[#] 图像处理

中图法分类号: TP751; TP237.3

国内外不少导航地图供应商和研究机构已开始着手研究新的移动数据采集系统(mobile data capturing system, MDCS), 用于快速、高效、准确地进行导航电子地图采集。Gillison 设计的移动制图系统(mobile mapping system, MMS)^[1], 综合应用 GPS、INS 以及激光测距技术对道路中心线、网络拓扑、道路属性、交通标志等进行采集; 上海畅想电脑有限公司自主开发了用于导航电子地图成品外业检测的系统; 武汉大学、国防科技大学等也都在研究类似的移动数据采集系统或后处理系统。本文的研究主要侧重在禁令标志和指示标志的自动识别方面。

1 交通标志影像特点分析

道路交通标志主要包括警告、禁令、指示、指路和旅游等标志, 其中禁令标志是道路网络的禁止交通策略(prohibited maneuvers)数据的直接依据。通过对禁令标志和限制交通标志的自动提取, 可以自动生成相关的禁止交通策略和限制交通策略数据, 从而可大大地提高交通策略数据的采集速度和准确性。

通过对禁令标志模板的分析可以发现, 其主要特性包括: 主要由红色、白色和黑色色块构成, 少数标志包含蓝色色块; 轮廓主要为圆圈, 个别为三角形、八边形, 但都是完全封闭的图形; 禁令轮廓为红色, 解除禁令轮廓为黑色; 部

分标志之间具有左右对称性(如禁止左转弯和禁止右转弯)。而指示标志模板的主要特点包括:

主要由蓝色、白色色块构成, 少数标志包括黑色、红色色块; 轮廓主要为圆圈和矩形; 轮廓颜色为蓝色; 部分标志之间具有左右对称性(如向左转弯和向右转弯)。

而实际获取的交通标志影像存在如下一些特点: 处于杂乱的背景图像之中, 其中部分背景可能也具有较规则的特征, 如广告牌等; 一幅图片中可能有多个交通标志同时存在; 存在多个交通标志的情况下, 有些标志之间距离非常接近或几乎连在一起; 受光照和污物的影响, 很多标志存在偏色的现象, 几乎都不是模板标志所具有的纯红色、蓝色、白色或黑色, 但基本的色调还是与模板一致; 受拍摄角度和距离的影响, 标志存在几何变形和大小不定的特点; 受车速的影响, 部分影像可能模糊; 受树木、建筑物、车辆、行人等的影响, 部分交通标志可能被遮挡。

2 交通标志影像特征提取

由于禁令标志和指示标志都具有非常明显的颜色特性, 因此, 颜色提取可以作为交通标志特征提取的重要手段。

文献[2, 3]均提出了颜色 RGB 模型的处理方法, 即采用颜色分量差的方法来提取单色(红、蓝、黄等)。本文实验发现, 这些方法对于红色像素和

蓝色像素具有较好的识别效果,但同时非红色(红色分量较大的其他颜色)或非蓝色(蓝色分量较大的其他颜色)也会误认为是红色或蓝色像素。更为重要的是,分量差容忍的设定对于不同光照的图片效果差别较大,尤其是对于白色和黑色的区分比较困难,因为在光照较好(顺光)的情况下,灰色较深的部分实际可能是属于黑色,而在光照较差(逆光)的情况下,灰色又实际可能是白色像素,如图1所示。

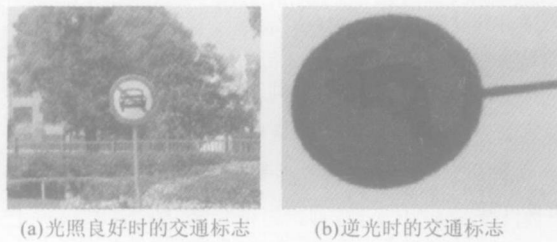


图1 相同的分量阈值在不同的图像中的处理问题
Fig. 1 Same Color Dispersion Tolerance in Different Cases

为了提取图1(a)中红色禁止标志中的黑色部分(实际拍摄的图像中为深灰色),需要设定一定的分量阈值,但是同样的分量阈值在图1(b)中则可能将红色圆圈中的灰色部分提取为黑色。

此外,当多个标志存在于一幅图像中且相距很近的情况下,拍摄的图片很可能出现相互连接的情况,上述方法也比较难单独提取出来;而多个标志存在于一块蓝色板上的情况,则更难提取出其中单独的交通标志。

另外,各种相关研究文献中对于交通标志的颜色特性都进行了分析,但是对于图像的分割和提取却讨论不多。本文采用扫描连通算法对各独立区域分别进行了提取,然后再提取位于连通区域内的图像,从而将各连通区域单独提取为一个独立的对象,同时对各区域进行进一步分析,去除不可能包含交通标志的区域,剩下的区域则是可用于特征匹配的备选区域。

本文通过反复实验,总结出下列有效提取交通标志特征的步骤,并利用C#语言进行了实际的软件开发。

1) 影像获取。通常通过车载CCD进行拍摄,限于条件,本文通过DC在模拟汽车运行的情况下进行了部分图像的拍摄。为了减少图片空间和各种分析运算量,拍摄的图片分辨率为640像素×480像素,采用JPEG压缩格式进行存储。

2) 图像文件读写操作。C#语言提供了丰富的图片操作对象和方法,可以直接读取BMP、

JPEG等常见图像存储格式,同时可以方便地对像素进行提取和赋值。

3) 图像颜色归一化,即将RGB真彩色图像中丰富多彩的颜色统一提取为红色、蓝色、黑色和白色,归一化后,图像中只存在单纯的红色、蓝色和黑色分量,其他颜色和白色均不再写入归一化图像中。归一化的实现方法是采用基本的RGB分量差分方法,但是考虑图像整体亮度因素来动态设定分量阈值,而不是采用固定阈值,这种方法可以有效地避免单一分量阈值很难适应各种图像的问题,对于前面提到的红色、蓝色误提取以及黑白不分现象,可以有效消除。

4) 特征提取。前面提到的禁令标志和指示标志分别包含于连通的红色区域和蓝色区域内部,为了有效地避免多个禁令标志存于一块蓝色标志,导致无法区分的情况,程序编制时进行有选择性的提取,即单独提取红色特征和蓝色特征。此外,基于禁令标志和蓝色标志的颜色特征,在对各特征进行提取时,可以考虑将图像归一化误差进行弥补。如前面提到的可能将黑色像素(实际图片中可能偏蓝)提取为蓝色像素的情况,在提取红色禁令标志区域时,可将内部的蓝色全部转换为黑色,这种方法在实际的应用中具有很好的效果,唯一的问题是将禁止停车中的蓝色部分也转换为了黑色。但是该标志的红色特征非常明显,在匹配时,可以优先根据红色直方图进行识别,因此效果不会受到影响。

5) 噪声消除。本文利用简单的扫描比较算法很容易去除特征边界之外的噪声,而对于特征之内的噪声,可以采用8邻域连通性算法来消除孤立的像素^[4,6]。

6) 粘连特征分割。为了将多个标志连在一起的情况进行区分,需对提取后的特征再进行边缘跟踪,以分割相互连在一起的特征。文献[4,5]介绍了多种特征分割的方法,根据对实际相连特征的分析,本文采用4连通边缘跟踪算法进行分割,起到了较好的效果。

图2是采用C#语言根据上述算法思想编制的软件进行特征提取的示例。

3 交通标志影像特征匹配

通过特征提取以后,接下来就对提取的特征进行识别,识别的基本方法是模板匹配法。由于禁令标志和指示标志大都具有非常明显的几何特征,因此,在特征提取比较准确的情况下,特征匹

配的准确率非常高。



图 2 交通标志特征提取示例

Fig. 2 Traffic Signs Feature Extraction

最简单有效的匹配方法是直方图最小二乘匹配法。需要注意的是,部分具有相互对称特性的标志(如禁止左转和禁止右转)具有相同的直方图,因此,仅用直方图还不能完全准确地识别出标志。本文采用分别比较水平直方图和垂直直方图的方法,可以有效地识别出具有左右或上下对称特点的交通标志。其步骤如下: 分别计算模板和特征的水平/垂直颜色直方图,对于禁令标志,主要计算红色、黑色像素的直方图;而对于指示标志,则只需计算蓝色直方图。采用最小二乘匹配法将计算的特征直方图与标准模板的直方图进行匹配,并设定一定的中误差容限,匹配中误差最小且小于给定容限的特征,则是识别出来的交通标志特征。

图 3 所示为模板和待匹配特征的水平蓝色直方图和垂直直方图。其中,待匹配特征(黑色加粗实曲线)为图 2(d)中的蓝色标志。从水平直方图曲线可以初步看出,其与深灰色虚线/点虚线(对应向左/向右转弯模板)很接近,但由于模板和待匹配特征的图像大小不一致,因此,曲线的位置还不是吻合,通过标准化图像大小操作后(黑色

加粗虚线)可以发现,该曲线与深灰色虚线/点虚线曲线更为接近。图 3(a)中深灰色虚线和点虚线模板几乎重合,这是由于两者具有几乎相同的水平直方图分布。从图 3(b)可以明显区分出二者,因此,基本可以确定待匹配特征与深灰色虚线曲线吻合,而实际进行最小二乘匹配计算的误差结果(表 1 所示)也表明,待匹配标志为向右转弯标志(图 3(a)中深灰色虚线曲线)。

表 1 最小二乘匹配误差数据

Tab. 1 Least-Square Match Error Values

模板	误差
直行车道. bmp	14.469
立交直行和左转弯行驶. bmp	12.161
最大限速 50 公里. bmp	7.599
直行和右转弯车道. bmp	12.775
直行和向左转弯. bmp	10.375
立交直行和右转弯行驶. bmp	11.732
分向行驶车道. bmp	15.973
直行和向右转弯. bmp	9.488
环岛行驶. bmp	9.333
干路先行. bmp	17.564
人行横道. bmp	15.519
公交专用车道. bmp	14.035
向左向右单行道. bmp	15.040
向左和向右转弯. bmp	12.158
会车先行. bmp	8.812
直行单行道. bmp	13.802
步行. bmp	9.193
向左转弯. bmp	5.714
靠左侧道路行驶. bmp	7.503
右转弯道. bmp	10.679
向右转弯. bmp	3.709
鸣喇叭. bmp	9.877

用同样的方法对其他标志进行了提取。从实验的情况来看,采用上述匹配方法效果比较理想。表 2 是两个红色标志提取的误差数据,从最小误差可以看出,提取的标志 1 是一个禁止机动车行驶的标志(图 2(d)中的红色特征),而标志 2(图 1(b)较暗特征)则为禁止向右转弯标志。

从上述过程可以看出,模板和待匹配特征大小的标准化可以减少不必要的重复计算,提高匹配效率。上述匹配可以完全由软件自动完成,从而实现交通标志的自动提取和识别。

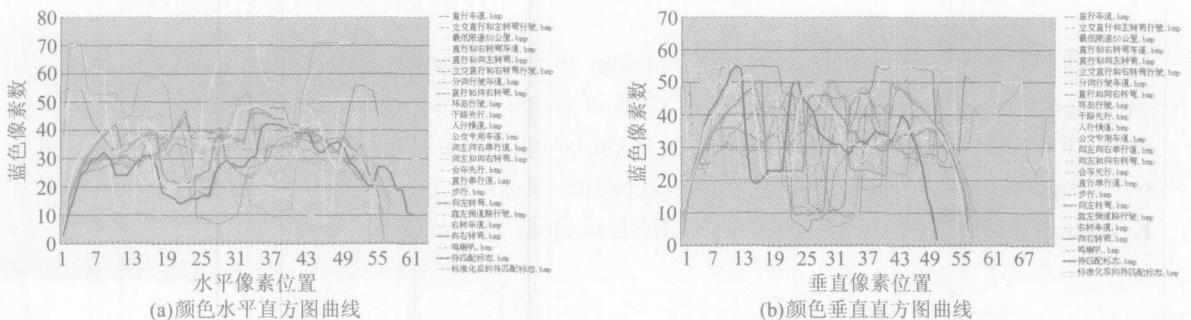


图 3 交通标志特征匹配示例

Fig. 3 Sign Match Sample

表2 两个禁令标志匹配误差

Tab. 2 Two Prohibited Signs Match Error Values

模板名称	标志1 误差	标志2 误差
禁止通行. bmp	6. 028	4. 833
禁止向左转弯. bmp	4. 056	2. 509
禁止超车. bmp	5. 045	4. 355
限制轴重. bmp	4. 648	4. 241
禁止后三轮摩托车通行. bmp	3. 602	4. 499
禁止手扶拖拉机通行. bmp	3. 538	4. 104
禁止拖拉机通行. bmp	3. 217	4. 066
禁止掉头. bmp	4. 130	3. 889
最高限速. bmp	4. 755	3. 858
禁止某两种车通行. bmp	3. 670	4. 189
禁止摩托车通行. bmp	3. 298	4. 185
禁止鸣喇叭. bmp	3. 353	4. 303
限制高度. bmp	5. 532	4. 457
限制宽度. bmp	5. 569	4. 362
禁止停车. bmp	3. 411	3. 463
禁止载货汽车通行. bmp	3. 066	4. 311
禁止大客车通行. bmp	4. 019	4. 113
限制质量. bmp	4. 880	3. 685
会车让行. bmp	5. 260	4. 694
禁止机动车通行. bmp	2. 685	3. 722
禁止汽车拖挂车通行. bmp	3. 713	4. 469
停车让行. bmp	9. 878	10. 442
禁止驶入. bmp	12. 453	13. 370
禁止向右转弯. bmp	3. 861	2. 981

4 结 语

交通标志的识别关键在于标志特征的自动提取,特征的提取主要基于交通标志特定的颜色进行。而现实情况中获取的图像存在着各种各样的问题,需要通过实验和分析采取有效的提取方法。本文结合 RGB 颜色差量和各色块最高值、最低值来进行动态分量域值的设定,有效地解决了提取方法受影像色度等方面的影响,在实际的系统应用中具有良好的效果。

在 MDCS 系统中,交通标志的识别还必须与

GPS 轨迹和时间结合,以准确定位当前标志所在的道路,从而为道路网络交通策略数据的自动生成提供依据。

双目视觉(立体摄影测量)技术的应用研究也在进行中,利用该技术可以自动地计算建筑物的高度,从而解决大量的建筑物高度数据采集难的问题,为将来的三维导航提供数据基础。

参 考 文 献

- [1] Gillon P Y. Enhanced Navigation System for Road Telematics [C]. Swiss Transport Research Conference, Swiss, 2003
- [2] 朱金好, 罗晓萍. 基于决策树型 SVM 的交通标志图像识别[J]. 长沙理工大学学报, 2004, 11(2): 13-17
- [3] 黄志勇. 基于 RGB 视觉模型的交通标志分割[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(10): 147-148
- [4] 杨淑莹. VC++ 图像处理程序设计(2版)[M]. 北京: 北方交通大学出版社, 2003
- [5] 孟国强. 基于车牌识别系统字符的特征提取方法研究[J]. 河南科学, 2003, 21(6): 778-780
- [6] 陆宗骥. C/C++ 图像处理编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [7] 王永明. 基于 Hu 不变矩扩展的交通标志识别[J]. 曲靖师范学院学报, 2004(6): 66-68
- [8] 薛明东. 一种新的图像特征提取算法[J]. 计算机应用, 2004, 24: 141-143
- [9] 林明星. 基于差分码的图像特征提取方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(增刊): 465-466

第一作者简介: 李宁, 讲师, 硕士生。研究方向为信号与信息处理、计算机工程。

E-mail: Leenae@126.com

Application of Digital Image Processing in Traffic Data Capturing

LI Ning¹ CHEN Bin²

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering, Shanghai Normal University, 100 Guilin Road, Shanghai 201418, China)

(2 Naviart Ltd., 88 North Caoxi Road, Shanghai 200030, China)

Abstract: How to use the digital image technology to auto-recognize traffic signs in MDCS (mobile data capturing system) is discussed. With kinds of image process to extract their feature and match them, the veracity of recognizing traffic signs can be improved. Therefore, increasing efficiency of traffic sign surveying and updating the period of surveying can be achieved.

Key words: MDCS; feature extraction; RGB moded; C# image process

About the first author: LI Ning, lecturer, postgraduate, majors in signal and information processing, computer engineering.

E-mail: Leenae@126.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net